21-22 ТРАВНЯ
2026

Матеріали XXI МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

«ТЕХНІЧНИЙ ПРОГРЕС В АПК»



Факультет мехатроніки та інжинірингу
Державний біотехнологічний університет
ХАРКІВ, Україна

https://biotechuniv.edu.ua

Міністерство освіти і науки України
Державний біотехнологічний університет
Факультет мехатроніки та інжинірингу

МАТЕРІАЛИ
XXI МІЖНАРОДНОЇ
НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
«ТЕХНІЧНИЙ ПРОГРЕС В АПК»

21-22 травня 2026 року

Харків – 2026

Організаційний комітет:

Голова оргкомітету:

Михайлов Валерій Михайлович *– проректор з наукової роботи ДБТУ, д.т.н., професор.*

Члени міжнародного оргкомітету:

Sergiyenko Oleg *– head of Applied Physics department of Engineering Institute of Baja California Autonomous University, Mexico, Ph.D., Dr.;*
Andrzej Marczuk *– Professor, dr hab. inż, Head of the Department of Agricultural, Forestry and Transport Machines; Vice-Rector for Human Resources at the University of Life Sciences in Lublin;*
Miroslav Prístavka *– Prof.h.c. Ing., PhD, Institute of Design and Engineering Technologies, Faculty of Engineering, Slovak University of Agriculture in Nitra;*
Paweł Kiełbasa *– Professor, dr hab. inż., Head of the Department of Machine Operation, Ergonomics and Production Processes, University of Agriculture in Krakow, Poland;*
Dariusz Andrejko *– Professor, dr hab. Inż., Dean of the Faculty of Production Engineering at the University of Life Sciences in Lublin;*
Pavlo Sirenko *– Researcher at the Department of Individual and Team Sports Games, Rīga Stradiņš University (Riga, Latvia), Expert (Health Science), Latvian Science Council, Ph.D.*

Члени оргкомітету:

Серік Максим Леонідович *– перший заступник голови оргкомітету, проректор з науково-педагогічної роботи ДБТУ, к.т.н., доцент;* ***Бредихін Вадим Вікторович*** *– заступник голови оргкомітету, декан ФМІ ДБТУ, д.т.н., доцент;* ***Антощенков Роман Вікторович*** *– заступник голови оргкомітету, голова науково-технічної ради ФМІ ДБТУ, завідувач кафедри тракторів та автомобілів ДБТУ, д.т.н., професор;* ***Адамчук Валерій Васильович*** *– директор Інституту механіки та автоматики агропромислового виробництва Національної академії аграрних наук України, головний учений секретар НААН України, академік НААН України, д.т.н., професор;* ***Шевченко Володимир Іванович*** *– завідувач відділу ДУ «НМЦ «Агроосвіта»;* ***Надиктo Володимир Трохимович*** *– професор кафедри експлуатації та технічного сервісу машин Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного, член-кореспондент НААН України, д.т.н., професор;* ***Клисак Геннадій Олександрович*** *– директор ТОВ НВЦ «Консіма», м. Дніпро;* ***Колеснік Олексій Петрович*** *– директор ТОВ «Харків трактор інжиніринг», м. Харків;* ***Зубко Владислав Миколайович*** *– професор кафедри агроінженерії Сумського національного аграрного університету, д.т.н., професор;* ***Власовець Віталій Михайлович*** *– завідувач кафедри машинобудування Львівського національного університету природокористування, д.т.н., професор;* ***Калінін Євген Іванович*** *– завідувач кафедри тракторів і автомобілів Національного університету біоресурсів і природокористування України, д.т.н., професор;* ***Автухов Анатолій Кузьмич*** *– завідувач кафедри сервісної інженерії машинобудуванні д.т.н., професор; та технології матеріалів в імені О. І. Сідашенка ДБТУ,* ***Артьомов Микола Прокопович*** *– професор кафедри агроінженерії ДБТУ, д.т.н., професор;* ***Богомолов Олексій Васильович*** *– завідувач кафедри обладнання та інжинірингу переробних і харчових виробництв ДБТУ, д.т.н., професор;* ***Пак Андрій Олегович*** *– завідувач кафедри фізики та математики ДБТУ, д.т.н., професор;* ***Галич Іван Васильович*** *– заступник декана ФМІ, завідувач кафедри агроінженерії ДБТУ, к.т.н., доцент;* ***Марченко Михайло Валентинович*** *– заступник декана ФМІ, завідувач кафедри надійності та міцності машин і споруд імені В. Я. Аніловича ДБТУ, к.т.н., доцент;* ***Філімонов Юрій Леонідович*** *– завідувач кафедри глобальної економіки ДБТУ, к.е.н. доцент;* ***Шевченко Ігор Олександрович*** *– доцент кафедри тракторів та автомобілів ДБТУ, к.т.н., доцент;* ***Кириченко Роман Васильович*** *– доцент кафедри агроінженерії ДБТУ, к.т.н., доцент;* ***Антощенков Віктор Миколайович*** *– доцент кафедри тракторів та автомобілів ДБТУ, к.т.н., доцент;* ***Никифоров Антон Олексійович*** *– ст. викладач кафедри тракторів та автомобілів, к.т.н., доцент;* ***Міненко Софія Іванівна*** *– голова ради молодих вчених ДБТУ, доктор філософії з менеджменту, доцент.*

Технічний прогрес в АПК: матеріали XXI міжнародної науково-практичної конференції, 21-22 травня 2026 року / Державний біотехнологічний університет. Харків, 2026. 590 с.

Матеріали тез доповідей публікуються в авторському варіанті без редагування.

© Державний біотехнологічний університет
© Факультет мехатроніки та інжинірингу, 2026

ЗМІСТ

СЕКЦІЯ 1. ТРАКТОРНА ЕНЕРГЕТИКА, АВТОМОБІЛЬНИЙ ТРАНСПОРТ, АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ ТА ТЕПЛОЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ..24

ПЕРСПЕКТИВИ ТА БАР'ЄРИ ВПРОВАДЖЕННЯ БІОГАЗОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА РІВНІ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД УКРАЇНИ 25
Скляр О.Г. к.т.н., професор, Скляр Р.В. к.т.н., доцент.....25

КОМПЛЕКСНА УТИЛІЗАЦІЯ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ ЯК ЧИННИК ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ АГРАРНОГО СЕКТОРУ 29
Скляр О.Г. к.т.н., професор, Скляр Р.В. к.т.н., доцент, Болтянський Б.В. к.т.н., доцент.....29

АНАЛІЗ ЗМІННИХ ПАРАМЕТРІВ МТА ПРИ ВИКОНАННІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ 33
Геращенко М. М., магістр, Антощенков В. М. к.т.н., доц. 33

АНАЛІЗ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОЩАДЛИВОГО ВИКОРИСТАННЯ ПАЛИВА 34
Нечаєв Д. О., Геращенко М. М., магістр, Антощенков В. М. к.т.н., доц. 34

АДАПТИВНА СИНХРОНІЗАЦІЯ ТЯГОВО-ШВИДКІСНИХ РЕЖИМІВ КОЛІСНОГО ТРАКТОРА З АГРЕГАТОВАНОЮ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЮ МАШИНОЮ У ЗМІННИХ ПОЛЬОВИХ УМОВАХ.....36
Пирву М.В., аспірант, Шевченко І. О., к.т.н., доцент, Макаренко М. Г. доцент 36

ПІДВИЩЕННЯ ТЯГОВО-ЗЧІПНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОЛІСНОГО ТРАКТОРА КЛАСУ 1,4 ЗА РАХУНОК ВСТАНОВЛЕННЯ ДОДАТКОВОГО ВЕДУЧОГО МОСТУ.....41
Поляшенко С.О. к.т.н., доцент, Вовк І.О., Доля М.І., здобувачі ВО 41

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ПРИВОДУ ДОДАТКОВОГО ВЕДУЧОГО МОСТУ ТРАКТОРА ТА ПРИЧЕПА.....43
Поляшенко С.О. к.т.н., доцент, Вовк І.О., Доля М.І., здобувачі ВО 43

ПІДВИЩЕННЯ ПОЗДОВЖНЬО-ПОПЕРЕЧНОЇ СТІЙКОСТІ МОБІЛЬНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ЗАСОБІВ ЗА РАХУНОК ВСТАНОВЛЕННЯ МІЖКОЛІСНОГО СТАБІЛІЗАТОРА ХОДОВОЇ СИСТЕМИ.....45
Поляшенко С.О. к.т.н., доцент, Мартишко С.В., Скоморохін В.І., здобувачі ВО 45

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ КОЛІСНОГО ТРАКТОРА КЛАСУ 1,4 НА ТРАНСПОРТНИХ РОБОТАХ ЗА РАХУНОК ЗМЕНШЕННЯ ТЯГОВОГО ОПОРУ ПРИЧЕПА 47
Поляшенко С.О. к.т.н., доцент, Доля М.І., Вовк І.О., здобувачі ВО 47

ПІДВИЩЕННЯ ТЯГОВО-ЗЧІПНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОЛІСНОГО ТРАКТОРА КЛАСУ 1,4 ШЛЯХОМ ВСТАНОВЛЕННЯ В ТРАНСМІСІЮ ТРАКТОРА ПРУЖНОДЕМПФІЮЧОГО МЕХАНІЗМУ 49
Поляшенко С.О. к.т.н., доцент, Скоморохін В.І., Мартишко С.В., здобувачі ВО 49

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОЛІСНОГО ЕНЕРГЕТИЧНОГО ЗАСОБУ У ПЕРІОД ПРОВЕДЕННЯ РАННЬОВЕСНЯНИХ ПОЛЬОВИХ РОБІТ 51
Поляшенко С.О. к.т.н., доцент, Голод К.О., здобувач ВО.....51

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ГЕЛІОВОДОНАГРІВАЧА У ТВАРИННИЦЬКОМУ ПРИМІЩЕННІ 53
Поляшенко С.О. к.т.н., доцент, Шевченко А.І., здобувач ВО.....53

ТЕПЛОТЕХНІЧНІ АСПЕКТИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПРОМИСЛОВОГО КОТЛА ALTEP MEGA PELLET 800 КВТ 55
Українець А. Д. студент, Єсіпов О.В к.т.н 55

АНАЛІЗ ПОТЕНЦІАЛУ МІСКАНТУСА ЯК ВІДНОВЛЮВАЛЬНОГО ДЖЕРЕЛА БІОМАСИ ДЛЯ ЕНЕРГЕТИКИ 57
Українець А. Д. студент, Єсіпов О.В к.т.м.....57

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ АВТОСЕРВІСНОГО ПІДПРИЄМСТВА 60
Єсіпов О.В., к.т.н., доцент, Майхровський А.В., здобувач вищої освіти 60

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ АВТОСЕРВІСНИХ ПІДПРИЄМСТВ. МОДУЛЬНА АВТОМИЙКА «ПРОЕКТ МОДЕРНІЗАЦІЇ» 62
Єсіпов О.В., к.т.н., доцент, Коваленко А.М., здобувач вищої освіти.....62

АКТУАЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ВИДІВ ПАЛИВА..64
Єсіпов О.В., к.т.н., доцент, Слуцький І.К., здобувач вищої освіти 64

ГЕОТЕРМАЛЬНА ЕНЕРГЕТИКА.....66
Єсіпов О.В., к.т.н., доцент, Кошара В.С., здобувач вищої освіти.....66

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ АВТОСЕРВІСНИХ ПІДПРИЄМСТВ (СТАНЦІЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ AUTODRIVE PRO) 67
Єсіпов О.В., к.т.н., доцент, Гаранжа С.В., здобувач вищої освіти 67

БУФЕРНА ЄМНІСТЬ - ЯК СКЛАДОВА СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ...69
Єсіпов О.В., к.т.н., доцент, Слуцький І.К., здобувач вищої освіти 69

КОТЕЛ SMART AGRO НА ТЮКАХ КУКУРУДЗИ 71
Накрапленний О., студент, к.т.н., доцент Єсіпов О.В.....71

ВІДХОДИ КУКУРУДЗИ ЯК ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНЕ ДЖЕРЕЛО ЕНЕРГІЇ .72
Накрапленний О., студент, Єсіпов О.В. к.т.н., доцент.....72

ЕФЕКТИВНІСТЬ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ У СВИНАРНИКАХ ТА ЇХ ВПЛИВ НА МІКРОКЛІМАТ ПРИМІЩЕНЬ 73
Ісагулов І.Д. студент, Єсіпов О. В. к.т.н.....73

ЕКОНОМІЧНО-ТЕХНІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ВЕРБИ 75
Ісагулов І.Д. студент ,Єсіпов О. В. к.т.н.....75

ТЕХНІЧНІ ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО МОДЕРНІЗАЦІЇ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ ПОВНОПРИВІДНОГО ЛЕГКОВОГО АВТОМОБІЛЯ 77
Шушляпін С.В. канд. техн. наук, доцент; Тюпа І.В. студент.....77

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ФОРСУВАННЯ БЕНЗИНОВОГО ДВИГУНА ЗА ЧАСТОТОЮ ОБЕРТАННЯ КОЛІНЧАСТОГО ВАЛА 79
Шушляпін С.В. канд. техн. наук, доцент; Христоєв А.В. студент 79

ПРОГНОЗУВАННЯ ПОВНОЇ МАСИ ТА МАКСИМАЛЬНОЇ ШВИДКОСТІ ТРАКТОРІВ, ЯКІ ВХОДЯТЬ ДО МОДЕЛЬНИХ РЯДІВ 82
Краснокутський В.М. докторант, к.т.н., доцент, Подригало М.А. д.т.н., професор .82

РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ТРАНСПОРТНОГО РЕЖИМУ РОБОТИ АЕРОДРОМНОГО БАГАТОЦІЛЬОВОГО КОНДИЦІОНЕРА АМК-24/56-131 85
Долінський М.П. аспірант 85

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ГІБРИДНИХ ТРАНСМІСІЙ У КОЛІСНИХ РОБОТИЗОВАНИХ ПЛАТФОРМАХ ДЛЯ АГРАРНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ 87
Череватенко Р. В. аспірант, Пелипенко Є. С. к.т.н., доц. 87

ДО ПИТАННЯ УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ СИНХРОНІЗАТОРА КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ ВАНТАЖНОГО АВТОМОБІЛЯ 89
Шушляпін С.В. канд. техн. наук, доцент; Сорочинський А.В. студент 89

ПЕРСПЕКТИВИ МОДЕРНІЗАЦІЇ БЕНЗИНОВИХ V-ПОДІБНИХ ДВИГУНІВ .92
Шушляпін С.В. канд. техн. наук, доцент; Гаранжа С.В. студент 92

ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ МТА ЗА УМОВ ПАРАЛЕЛЬНОГО ВОДІННЯ НА ОСНОВІ ОПТИМІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОХОДІВ 94
Щербінський І. О., аспірант, Макаренко М. Г., доцент 94

ТРАНСПОРТУВАННЯ ПРОДУКТІВ ПЕРЕРОБКИ МОЛОКА. ВИМОГИ ДО ЗАСОБІВ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ПРОДУКТІВ МОЛОКА 98
Сиромятніков П.С., доцент, Мартинюк А.В., студент 98

ЕНЕРГОРЕСУРСИ ТА ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ТВАРИННИЦЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ 101
Сиромятников Ю.М., канд. техн. наук, Сиромятніков П.С., доцент, Машталь В.В., студент 101

CLASSIFICATION OF SPECIALIZED VEHICLES 105
Kozlov Yu.Yu. junior research fellow 105
Shevchenko I.O., Ph.D. in Engineering, Associate Professor, Goncharenko O.O. 105

ANALYSIS OF FACTORS REDISTRIBUTING VERTICAL LOADS ON THE PROPULSION UNITS OF A POWER VEHICLE 106
Myasushka M.S. research fellow 106
Shtefan D.V. master 106

CALCULATIONS OF BRAKING PROPERTIES OF SPECIALIZED VEHICLES 107
Kozlov Yu.Yu. junior research fellow 107
Telychko A.Y. mater 107

JUSTIFICATION OF TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL SUPPORT FOR THE HARVESTING PROCESS 108
Lebedeva I.A. senior research fellow 108
Huzevatyi E.Y. master 108

THE STATE AND PROSPECTS OF USING FREIGHT TRANSPORT IN AGRICULTURE 109
Myasushka M.S. research fellow 109
Vashechko S.S. master 109

ВДОСКОНАЛЕННЯ РЕСОРНОЇ ПІДВІСКИ КОМЕРЦІЙНОГО АВТОМОБІЛЯ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ПЛАВНОСТІ ХОДУ 110
Макаренко М. Г., доцент, Бондаренко П. М., здобувач вищої освіти 110

МОДЕРНІЗАЦІЯ АВТОМОБІЛЯ MAN TGM З РОЗРОБКОЮ АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПІДВІСКОЮ 113
Макаренко М. Г., доцент, Майхровський А. В., здобувач вищої освіти 113

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА СТІЙКОСТІ ГАЛЬМУВАННЯ КОМЕРЦІЙНОГО АВТОМОБІЛЯ ШЛЯХОМ УДОСКОНАЛЕННЯ АЛГОРИТМУ ЕЛЕКТРОННОГО РОЗПОДІЛУ ГАЛЬМІВНОГО ЗУСИЛЛЯ В СИСТЕМІ ABS 117
Макаренко М. Г., доцент, Дорофєєв О. В., здобувач вищої освіти 117

ПІДВИЩЕННЯ ПЛАВНОСТІ ХОДУ АВТОМОБІЛЯ КРАЗ H23.2R ШЛЯХОМ УДОСКОНАЛЕННЯ БАЛАНСИРНОЇ ПІДВІСКИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ПНЕВМОГІДРАВЛІЧНОЇ СИСТЕМИ З ЕЛЕКТРОННИМ КЕРУВАННЯМ ... 120
Макаренко М. Г., доцент, Харін Р. О., здобувач вищої освіти 120

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ РУЛЬОВОГО МЕХАНІЗМУ З ГІДРОПІДСИЛЮВАЧЕМ КОМЕРЦІЙНОГО АВТОМОБІЛЯ ШЛЯХОМ ЕЛЕКТРОННО-КЕРОВАНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ПІДСИЛЮВАЛЬНОЇ ДІЇ ЗАЛЕЖНО ВІД РЕЖИМУ РУХУ 124
Макаренко М. Г., доцент, Коваленко А. М., здобувач вищої освіти 124

ІСТОРІЧНИЙ ШЛЯХ ДО МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ В РОСЛИННИЦТВІ 129
Анікєєв О.І. доцент, канд. техн наук, Ільїна Н.О., ст. викладач, Радченко Є.С. магістрант. 129

РЕЗУЛЬТАТИ ВІБРОСЕПАРАЦІЇ НАСІННЄВОГО МАТЕРІАЛУ РІПАКУ 131
Козаченко О.В., д.т.н., професор, Рибалка А.М., магістрант 131

АНАЛІЗ МАШИН ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ РОСЛИННИХ РЕШТОК 134
Безпалий О.Г. магістрант 134

ВПЛИВ ФРАКЦІЙНОГО СКЛАДУ КОМПОНЕНТІВ В СУМІШІ НА ЯКІСТЬ ПРОЦЕСУ ВІБРОСЕПАРАЦІЇ 136
Козаченко О.В., доктор технічних наук, професор, Піх Є.О., аспірант 136

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ТА РЕЖИМУ ВІБРАЦІЇ ЖИВИЛЬНИКА НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВІБРОСЕПАРАТОРА 140
Козаченко О.В., д.т.н., професор, Ярошенко Д.В., магістрант 140

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ОБЧІСУВАННЯ РОСЛИН ДВОБАРАБАННИМ ОБЧІСУВАЛЬНИМ ПРИСТРОЄМ 142
Козаченко О.В., д.т.н., проф., Рішко Є. І., магістрант 142

РЕЗУЛЬТАТИ РОЗДІЛЕННЯ НАСІННЄВОЇ СУМІШІ СОНЯШНИКУ В ВЕРТИКАЛЬНО РОЗМІЩЕНОМУ РОБОЧОМУ КАНАЛІ ВІБРОПНЕВМАТИЧНОГО СЕПАРАТОРА.....144
Сіняєва О.В., ст.викл., Крекот М.М., Козій О.Б., к.т.н., доценти, Гаць А.В., Дмитрук Е.М., Охмат О.С., здобувачі ВО.....144

АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ РОБОТ ВІБРОПНЕВМАТИЧНОГО СЕПАРАТОРА ОБЛАДНАНОГО ЖАЛЮЗІЙНИМ РОЗПОДІЛЬНИКОМ ПОВІТРЯНОГО ПОТОКУ.....146
Бакум М.В., Крекот М.М., к.т.н., доценти, Сіняєва О.В.,ст.викл., Михайлов А.Д., Козій О.Б., к.т.н., доценти, Гавриленко О.В., Шлик А.С., Дмитрук Е.М. здобувачі ВО 146

ВІБРОПНЕВМАТИЧНИЙ СЕПАРАТОР З ЖАЛЮЗІЙНИМ РОЗПОДІЛЬНИКОМ.....148
Сіняєва О.В., ст.викл. Бакум М.В., Михайлов А.Д., Крекот М.М., к.т.н., доценти, Франчук Я.О., Конюшенко В.В., Чуніхін В.І. здобувачі ВО.....148

АНАЛІЗ СПОСОБІВ ПНЕВМАТИЧНОГО СЕПАРУВАННЯ ЗЕРНА 150
Крекот М.М., к.т.н., доцент, Сіняєва О.В., ст.викл., Козій О.Б., к.т.н., доцент, Білоус О.В., Конюшенко В.В., Ковалевський В.М. здобувачі ВО.....150

МОДЕРНІЗАЦІЯ ВІБРОФРИКЦІЙНОГО СЕПАРАТОРА ШЛЯХОМ СТВОРЕННЯ ВІДОБРАЖУВАЛЬНОЇ РОБОЧОЇ ПОВЕРХНІ З КРИВОЛІНІЙНИМ ПРОФІЛЕМ 151
Михайлов А.Д. к.т.н., доц., Бакум М.В. к.т.н., доц., Крекот М.М. к.т.н., доц. Демченко Д.В., Лозовий К.Є. здобувачі ВО 151

ВИКОРИСТАННЯ ВІБРАЦІЙНОГО СЕПАРАТОРА ДЛЯ ВІДБОРУ ЯКІСНОГО НАСІННЯ БІЛОКАЧАННОЇ КАПУСТИ.....154
Михайлов А.Д., Крекот М.М., к.т.н., доц., Краснов Б.В., Зінченко Д.В., здобувачі ВО 154

ОЧИЩЕННЯ НАСІННЯ БІЛОКАЧАННОЇ КАПУСТИ ВІД ДОМІШОК, ВИКОРИСТОВУЮЧИ ВІДМІННОСТІ У ЇХНІЙ ПРУЖНОСТІ, ШОРСТКОСТІ ПОВЕРХНІ ТА ФОРМІ 156
Михайлов А.Д., Бакум М.В., к.т.н., доц., Шестов К.Г., Земляніков А.Д., здобувачі ВО 156

ПРОЦЕС ВІДОКРЕМЛЕННЯ ЗАСМІЧУВАЧІВ ВІД НАСІННЯ КАПУСТИ БІЛОКАЧАННОЇ ЗА ДОПОМОГОЮ ВІБРАЦІЙНОЇ НАСІННЄОЧИСНОЇ МАШИНИ.....158
Михайлов А.Д., к.т.н., доц., Сіняєва О.В., ст. викладач., Шестов К.Г., Стадник Д.В., здобувачі ВО.....158

ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ РОЗМІРІВ ОТВОРІВ РЕШІТ ДЛЯ РОЗДІЛЕННЯ ЗЕРНОВИХ СУМІШЕЙ 161
Бакум М.В., к.т.н., доцент, Михайлов А.Д., к.т.н., доцент, Козій О.Б., к.т.н., доцент, Крекот М.М., к.т.н., доцент, Сіняєва О.В. ст.викл., Гаць А.В., здобувач ВО.....161

DESIGN OF A MULCH STRAW PICKUP FOR POTATO GROWING TECHNOLOGY ON THE FIELD SURFACE 163
Roman Kyrychenko, Ph.D., Assoc. Prof., Mykola Bakum, Oleksandr Lubchenko, PhD student, Oleksandra Kyrychenko, Head of the educational and methodological laboratory 163

RESULTS OF FIELD RESEARCH ON COULTERS FOR SOWING GRAIN CROPS USING MINI-TILL TECHNOLOGY 166
Roman Kyrychenko, Ph.D., Assoc. Prof., Yevgeny Lubchenko, PhD student, Volodymyr Taran, Andriy Kolpachenko, applicants 166

ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ ПРИ ВИРОЩУВАННІ ЗЕРНОВИХ . 168
Гримайло В.В. здобувач ВО, Горовий М.В. старший викладач, Калнагуз О.М. к.т.н. доцент, Саржанов Б.О. PhD. доцент 168

ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ ПРИ ВИРОЩУВАННІ СОЇ 170
Шаповал В.О. здобувач ВО, Калнагуз О.М. к.т.н. доцент, Сіренко Ю.В. PhD. доцент 170

ОБҐРУНТУВАННЯ СКЛАДУ МАШИННОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ ПРИ ВИРОЩУВАННІ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР В ГОСПОДАРСТВІ СУМСЬКОЇ ОБЛАСТІ 173
Хомишенко Д.В. здобувач ВО, Калнагуз О.М. к.т.н. доцент, Горовий М.В. старший викладач 173

ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ ПРИ ВИРОЩУВАННІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР В ГОСПОДАРСТВАХ СУМСЬКОЇ ОБЛАСТІ 175
Леоненко Д.О. здобувач ВО, Калнагуз О.М. к.т.н. доцент, Саржанов Б.О. PhD. доцент. 175

ОБГРУНТУВАННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА ПРИ ВИКОНАННІ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОПЕРАЦІЇ ОБПРИСКУВАННЯ 178
Калнагуз О.М. к.т.н., доцент Горовий М.В., ст. викладач; Гетьман М.Ю., здобувач ВО, магістр 178

АНАЛІЗ ОПЕРАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ПРИ ВИРОЩУВАННІ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР 181
Прикота А.І. здобувач ВО, Калнагуз О.М. к.т.н. доцент, Сіренко Ю.В. PhD. доцент, ... 181

ОГЛЯД СУЧАСНИХ СІВАЛОК ДЛЯ ПОСІВУ КУКУРУДЗИ 183
Водолазький Д.І. здобувач ВО, Калнагуз О.М. к.т.н. доцент, Сіренко Ю.В. PhD. доцент 183

КОНЦЕПЦІЇ ПЕРЕХОДУ НА ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ В КОРМОВИРОБНИЦТВІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ ТВАРИННИЦЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ 186
Сиромятников Ю.М., канд. техн. наук, Сиромятніков П.С., доцент, Гариленко О.В., студент 186

ПЕРЕЛІК ВАНТАЖІВ У ГАЛУЗІ ТВАРИННИЦТВА 190
Сиромятніков П.С., доцент, Перегорода С.М., магістрант 190

ОСОБЛИВОСТІ РОЗВЕДЕННЯ Й УТРИМАННЯ ДОМАШНІХ ТВАРИН 193
Сиромятніков П.С., доцент, Шульга В.М., магістрантка 193

ВИКОРИСТАННЯ НЕТРАДИЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В ТВАРИННИЦТВІ ЗАКОРДОННИХ КРАЇН 196
Сиромятніков П.С., доцент, Машталь В.В., студент.....196

СЕКЦІЯ 3. ЕКСПЛУАТАЦІЯ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКУ 200

ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ГРУНТООБРОБНОГО АГРЕГАТУ ПРИ ВИЗНАЧЕННІ ГЛИБИНИ ОБРОБІТКУ 201
Ген І.О. студент, Артьомов М.П. д.т.н., професор 201

ПОБУДОВА ТА АНАЛІЗ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ПНЕВМАТИЧНОЇ СІВАЛКИ ТОЧНОГО ВИСІВУ 206
Мельник В.І., д.т.н., професор, Зеленський О.П. д-р філософії (механічна інженерія), Зеленський А.П. д-р філософії (механічна інженерія).....206

ВАЖЛИВІСТЬ НАВІГАЦІЇ В СУЧАСНОМУ ЗЕМЛЕРОБСТВІ 209
Підгорний М.С. магістр, Саржанов Б.О. доцент 209

ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ЯК ПОДОЛАННЯ ДЕФІЦИТУ КАДРІВ 211
Фуртат О.М. магістр, Саржанов Б.О. доцент.....211

ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА ПРИ ЗБИРАННІ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР.....213
Підгорний М.С. магістр, Саржанов Б.О. доцент 213

ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ СТЗ ПРИ ПРОВЕДЕННІ СІВБИ 215
Фуртат О.М. магістр, Саржанов Б.О. доцент.....215

ЕФЕКТИВНІСТЬ RTK-НАВІГАЦІЇ В СИСТЕМАХ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА 216
Бурлака О.О. магістр, Саржанов Б.О. доцент 216

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ СДЗЗ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР.....218
Дудник О.Ю. магістр, Саржанов Б.О. доцент.....218

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА ПРИ ВНЕСЕННІ РІДКИХ ДОБРИВ.....221
Івченко М.С. магістр, Саржанов Б.О. доцент 221

АПРОБАЦІЯ МАТЕМАТИЧНОГО ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ ШИНИ З ОПОРНОЮ ПОВЕРХНЕЮ 223
Лім І. Р. аспірант, Дудка О. Б. аспірант, Кожушко А. П. д.т.н., проф. 223

ОГЛЯД ПІДХОДІВ ДО ВПРОВАДЖЕННЯ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА.....226
Івченко М.С. магістр, Саржанов Б.О. доцент 226

ОГЛЯД РОЗВИТКУ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА 228
Дудник О.Ю. магістр, Саржанов Б.О. доцент.....228

ПЕРСПЕКТИВИ АВТОНОМНИХ ТРАКТОРІВ І САМОХІДНИХ МАШИН....229
Бурлака О.О. магістр, Саржанов Б.О. доцент 229

ВПЛИВ ФОРМИ ТА РОЗМІРІВ ПОЛЯ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ПОСІВОМ 231
Соколік С.П., старший викладач 231

ФАКТОРИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ СИСТЕМ СЕКЦІЙНОГО КЕРУВАННЯ ОБПРИСКУВАЧІВ 233
Соколік С.П., старший викладач 233

ТЕХНОЛОГІЧНА ОЦІНКА РОБОТИ СІВАЛКИ ПРЯМОГО ПОСІВУ З ҐРУНТООБРОБНОЮ ПРИСТАВКОЮ 234
Дьяконов С.О. к.т.н., Пахучий А.М. к.т.н., Старіков А.А. здобувач ВО 234

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ ОЦІНКИ ДИНАМІКИ НАВАНТАЖЕНЬ МОБІЛЬНИХ МАШИН 236
Пушкаренко О.Ю. аспірант, Артьомов М.П. д.т.н., професор 236

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ОБЧІСУВАЛЬНИХ ЖНИВАРОК ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ВИТРАТ ПІД ЧАС ЗБИРАННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР 240
Пахучий А.М. доцент, Дьяконов С.О. доцент 240

ТЕХНОЛОГІЇ І МАШИНИ ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ ТА ЗАГОТІВЛІ КОРМІВ ДЛЯ ТВАРИННИЦТВА 242
Кіпенко О.Б. – студент, Артьомов М.П., д.т.н., професор 242

ЕКОЛОГІЧНІ ЧИННИКИ У СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ РОСЛИННИЦТВА 246
Романашенко О.А. доцент, Бондар О.І. студент 208 (Н7)-23бстн, ...246
Курочка Я.В. студент 208 (Н7)-23бстн. 246

ОПТИМІЗАЦІЯ ВИКОРИСТАННЯ ДОБРИВ У РАМКАХ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ 249
Романашенко О.А. доцент, Габаідзе Р.З. студент 208з, Екзархов Б.І. студент 208з 249

АНАЛІЗ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТА ТЯГОВОГО БАЛАНСУ МОДЕРНІЗОВАНОГО ГЛИБОКОРОЗПУШУВАЧА З АКТИВНИМИ РОБОЧИМИ ОРГАНАМИ 252
Безверхий Є.Ю., студент магістратури, Галич І.В., к.т.н., доцент 252

АКТУАЛЬНІСТЬ ТА ПРОБЛЕМАТИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЩІЛИННИХ ФОРСУНОК 254
Сировицький К.Г., старший викладач 254

КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ РІВНОМІРНОСТІ ОБРОБКИ ТА РОЛЬ ЧИСЕЛЬНОГО ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ 255
Сировицький К.Г., старший викладач 255

СИСТЕМАТИЗАЦІЯ ТЕОРЕТИЧНИХ ПІДХОДІВ ТА ФУНДАМЕНТАЛЬНІ КРИТЕРІЇ РОЗПАДУ СТРУМЕНЯ 256
Сировицький К.Г., старший викладач 256

АНАЛІЗ КЛАСИЧНИХ ВИДІВ НЕСТІЙКОСТЕЙ ПРИ ПЕРВИННОМУ ТА ВТОРИННОМУ РОЗПАДІ РІДИНИ 257
Сировицький К.Г., старший викладач 257

МАТЕМАТИЧНИЙ АПАРАТ ОПИСУ ЕВОЛЮЦІЇ ДИСПЕРСНОЇ ФАЗИ ФАКЕЛА РОЗПИЛУ 258
Сировицький К.Г., старший викладач 258

ІНТЕРФЕЙСНІ CFD-МЕТОДИ ТА ЇХ ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ДЛЯ МІКРОРІВНЕВОГО МОДЕЛЮВАННЯ....259
Сировицький К.Г., старший викладач 259

ОСОБЛИВОСТІ ЩІЛИННИХ ФОРСУНОК У ПОРІВНЯННІ З ІНШИМИ ТИПАМИ ГІДРАВЛІЧНИХ РОЗПИЛЮВАЧІВ....260
Сировицький К.Г., старший викладач 260

МЕТОДИКА ВІДНОВЛЕННЯ РЕАЛЬНОЇ ГЕОМЕТРІЇ ВНУТРІШНІХ КАНАЛІВ ЗНОШЕНОГО РОЗПИЛЮВАЧА....261
Сировицький К.Г., старший викладач 261

ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РОЗРАХУНКОВОЇ СІТКИ ТА ВЕРИФІКАЦІЯ ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ....262
Сировицький К.Г., старший викладач 262

СЕКЦІЯ 4. МЕХАТРОНІКА, БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ.....263

БЕЗПЕКА ПРАЦІ ПРИ ВИКОРИСТАННІ БЕЗПІЛОТНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В АПК 264
Фесенко А.М., ст. викладач, Ляшенко С.О., д.т.н., проф. 264

МІЖНАРОДИЙ ДОСВІД ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ДЕРЕВИНИ УТВОРЕНИХ ВІД РУЙНАЦІЇ БУДІВЕЛЬ....266
Лактіонов В. А.[1] студент, Черепньов І.А.[1] к.т.н., доцент, Пісня Л. А.[2] к.т.н. 266

ВПЛИВ СТІЙКОСТІ РУХУ ОРНОГО АГРЕГАТУ НА ЯКІСТЬ ПРОЦЕСУ ОРАНКИ 270
Шаповал В.В., асп. 270

ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА КОЛІСНИХ, ГУСЕНИЧНИХ ТА ЧОТИРИГУСЕНИЧНИХ РУШІЙНИХ СИСТЕМ ТРАКТОРІВ У КОНТЕКСТІ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МАШИННО-ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТІВ 273
Гембарський М.В., асп. 273

ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ РУХУ КОЛІСНОГО ТРАКТОРА З ШАРНІРНО-ЗЧЛЕНОВАНОЮ РАМОЮ 275
Григорова М. В., маг.; Івченко Б. Л., маг. 275

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ТВАРИННИЦЬКОГО ПРИМІЩЕННЯ 278
Івченко Б. Л., маг.; Куленко О. І., маг. 278

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТУ ПОКРАЩЕННЯМ НАДІЙНОСТІ ТРАКТОРА ..281
Куленко О. І., маг.; Лесів Д. В., маг. 281

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТУ РОЗРОБКОЮ МЕХАТРОННОЇ НАВІСКИ 284
Лесів Д. В., маг.; Наконечний Д. А., маг. 284

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТУ РОЗРОБКОЮ МЕХАТРОННОГО ВАЛУ ВІДБОРУ ПОТУЖНОСТІ ТРАКТОРА.....287
Наконечний Д. А., маг.; Узунов А. О., маг.....287

РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ НАПРЯМОМ РУХУ ТА ПЕРЕМИКАННЯМ ПЕРЕДАЧ ТРАКТОРА У СКЛАДІ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТУ 290
Узунов А. О., маг.; Григорова М. В., маг. 290

ЯКІСТЬ ПИТНОЇ ВОДИ ПРЯМА БЕЗПЕКА ЩОДО ЗДОРОВ'Я УКРАЇНЦІВ 292
Бабарика І. Г., к. с.-г н, доц. 292

СЕКЦІЯ 5. ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ТА ОБЛАДНАННЯ 295

ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ ЧАСТОЧКИ В ПОВІТРЯНОМУ ПОТОЦІ МІЖ ВІБРУЮЧИМИ ПЛОЩИНАМИ 296
Сіняєва О.В., ст.викл., Крекот М.М., Михайлов А.Д., Козій О.Б., к.т.н., доценти, Савченко Б.В., Пісний В.В., Махник М.С. здобувачі ВО.....296

ВПЛИВ ВНУТРІШНІХ ПЕРЕГОРОДОК НА ГАСІННЯ ПЛЕСКАНЬ РІДИНИ В ЖОРСТКИХ РЕЗЕРВУАРАХ.....298
Колодяжний А. С. аспірант, Крютченко Д. В. доктор філософії, с.н.с., Міщенко М.С., аспірант, Стрельнікова О.О., д.т.н., проф. 298

МЕТОДИКА ЗАСТОСУВАННЯ ФІЗИЧНО-ІНФОРМОВАНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ ДИНАМІКИ АКЗ НА СТОХАСТИЧНОМУ РЕЛЬЄФІ 300
Бєрдиєв Р. Р. аспірант, Стороженко І. П. д.ф.-м.н., професор 300

МОДЕЛЮВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ КУКУРУДЗИ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ФАКТОРІВ СЕРЕДОВИЩА.....302
Масленніков Д.І., к. фіз.-мат. н., доцент.....302

METHODS OF MATHEMATICAL MODELING OF PHYSICAL PROCESSES ...304
D. Levkin[1], O. Zavgorodniy[2] 304
Candidate of Engineering Science, Associate Professor[1] 304
Doctor of Technical Sciences, Professor[2] 304

ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗПОДІЛУ ТИСКІВ ПРИ ЕКСТРАГУВАННІ САХАРОЗИ В ПРОМИСЛОВИХ ДИФУЗІЙНИХ АПАРАТАХ.....306
Люлька Д.М., к.т.н., доцент, Пономаренко В.В., д.т.н., доцент, Якобчук Р.Л., к.т.н., доцент.....306

АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЖЕКТОРІВ З ДИСПЕРГОВАНИМ СТРУМЕНЕМ РІДИНИ З ЗАСТОСУВАННЯМ ТЕОРІЇ ПРИЄДНАНОЇ МАСИ 310
Пономаренко В.В., д.т.н., доцент, Якобчук Р.Л., к.т.н., доцент, Люлька Д.М. к.т.н., доцент.....310

OPTIMIZATION OF MULTI-SPAN BEAMS SUBJECT TO STRENGTH AND NATURAL FREQUENCY CONSTRAINTS 315
Smetankina N.V., Doctor of Technical Sciences, Professor; Vasiliev A.J., Doctor Economical Sciences, Professor 315
Han Wei, Professor 315
Rymar M.P., Student; Obramenko B.V., Student 315

MATHEMATICAL MODELING OF THE STRESS-STRAIN STATE OF ROTATIONAL STRUCTURES UNDER NON-AXISYMMETRIC HEAT TRANSFER 317
Smetankina N.V., Doctor of Technical Sciences, Professor; Misiura S.Yu., PhD in Technics, Associate Professor 317
Sychova T.O., PhD in Technics, Associate Professor; Sychov A.I., PhD in Technics, Associate Professor 317
Misiura Ie.Yu., PhD in Technics, Associate Professor 317

ДЕТЕРМІНОВАНИЙ ХАОС В АГРОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ: МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ 319
Стороженко І. П., д.ф.-м.н, професор 319

НАПИСАННЯ ВЛАСНИХ ЗАДАЧ ЯК ЕФЕКТИВНИЙ ПРИЙОМ У НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ 322
Мандражи О. А. к.пед.н., доцент, Муринець А. А. здобувач вищої освіти 322

ЗАСТОСУВАННЯ ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ ПІД ЧАС МИТНОЇ ЕКСПЕРТИЗИ СУХИХ СНІДАНКІВ 323
Пак А.В., к.т.н., доц. 323
Пак А.О., д.т.н., проф., Онищенко В.М., д.т.н., доц. 323

ДИНАМІКА ВОДНЕВИХ ЗВ'ЯЗКІВ У ВОДНИХ РОЗЧИНАХ ГЛЮКОЗИ ЗА ДАНИМИ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ 327
Торяник Д.О., канд. фіз.-мат. наук, доцент 327

ЛІНІЙНА МОДЕЛЬ БАР'ЄРНОГО ЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ 330
Гаєвська Вікторія Олексіївна к.т.н., доцент. 330

СЕКЦІЯ 6. НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ І МАТЕРІАЛИ В СЕРВІСНІЙ ІНЖЕНЕРІЇ ТА МАШИНОБУДУВАННІ 333

КЕРУВАННЯ ВЛАСТИВОСТЯМИ ПОКРИТТІВ НАКЛАДАННЯМ НИЗЬКОЧАСТОТНИХ КОЛИВАНЬ 334
Бурдун В.В. магістрант, Тараник А.В. магістрант, ... 334
Тимохін Д.Ю. магістрант, Дерябкіна Є.С. к.т.н., доц. 334

ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСЕРВАЦІЙНОГО МАСТИЛА З ДОДАВАННЯ НАНОПОРОШКУ ГЛИНИ 337
Зубрилін О. С. здобувач вищої освіти, Тіхонов О. В. к.т.н., доцент 337

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ПРОГРЕСИВНИХ ЗНОСОСТІЙКИХ ПОКРИТТІВ НА АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВАХ 340
Катеринич Д., Долгополов В., Багатюк О., Гайдак І., здобувачі вищої освіти; Клочко О., професор 340

ПЕРСПЕКТИВИ ПЛАЗМЕННОГО НАПИЛЕННЯ (НАПЛАВКИ) ПОРОШКОВИХ МАТЕРІАЛІВ ПРИ ВІДНОВЛЕННІ ЗНОШЕНИХ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ МАШИН І ОБЛАДНАННЯ 343
Лукавий Є. С. здобувач вищої освіти, Тіхонов О. В. к.т.н., доцент 343

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДОЗОВАНОГО МІКРОЛЕГУВАННЯ НА ВЛАСТИВОСТІ ПОВЕРХНІ ДЕТАЛІ ПІСЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ 347
Муравенко Д. В. здобувач вищої освіти, Рибалко І. М. д.т.н., доцент 347

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ІНСТРУМЕНТУ ДЛЯ ВИСОКОШВИДКІСНОГО ШТАМПУВАННЯ 350
Нікітченко А.О. магістрант, Фіцайло Т.М. магістрант, ... 350
Дерябкіна Є.С. к.т.н. 350

ОСНОВНІ ФАКТОРИ ЗНОШУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ДВИГУНІВ ТА ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ДОВГОВІЧНОСТІ 353
Автухов А.К., д. т. н., професор, Бажанов Д.Г. студент. 353

ВПЛИВ СТРУКТУРНОГО ФАКТОРА НА ТРІЩИНОСТІЙКІСТЬ ВИСОКОВУГЛЕЦЕВИХ МАТЕРІАЛІВ 354
Автухов А.К., д. т. н., професор, Борисенко О.С. аспірант 354

ВПЛИВ КОМПЛЕКСНОГО МОДИФІКУВАННЯ ВИСОКОМІЦНОГО ЧАВУНУ НА СТРУКТУРУ ТА ВЛАСТИВОСТІ ФОРМУЮЧИХ ІНСТРУМЕНТІВ 355
Автухов А.К., д. т. н., професор, Воробйов В.С. студент 355

ОСНОВНІ ФАКТОРИ ЗНОШУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ДВИГУНІВ ТА ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ДОВГОВІЧНОСТІ 356
Автухов А.К., д. т. н., професор, Портянко В.В. студент 356

ПРОГНОЗУВАННЯ ПОПИТУ НА КОНСТРУКТИВНІ ЕЛЕМЕНТИ ТЕХНІКИ АПК В УМОВАХ СЕЗОННОЇ ВАРІАТИВНОСТІ 358
Халенко А.С., Спіра Д.М. здобувачі ВО, Науменко О.А. к.т.н., професор 358

САМОВІДНОВЛЮВАЛЬНІ ПОЛІМЕРНІ ПОКРИТТЯ ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН: МЕХАНІЗМИ ФУНКЦІОНУВАННЯ, ТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ 361
Винник-Чаплинський М.О., здобувач РВО магістр, Калюжний О.Б., к.т.н., доц. ..361

СЕКЦІЯ 7. ОБЛАДНАННЯ ПЕРЕРОБНИХ І ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ 365

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕРМІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ХЛІБОПЕКАРСЬКИХ ВИРОБНИЦТВ ШЛЯХОМ ІНТЕГРАЦІЇ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТА ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ **366**
Маяк О.А., канд. техн. наук, доцент, Ходаковський О.А., студент 366

КОНЦЕПЦІЯ СИНЕРГЕТИЧНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ ХАРЧОВОГО ОБЛАДНАННЯ НА ОСНОВІ COMPUTER-AIDED ENGINEERING ТА ПРЕДИКТИВНОГО МОНІТОРИНГУ 368
Маяк О. А., канд. техн. наук, доцент, Лавренюк В.В, студент 368

ПРИКЛАДНЕ ЗАСТОСУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО ІНЖИНІРИНГУ ДЛЯ УДОСКОНАЛЕННЯ ХАРЧОВОГО ОБЛАДНАННЯ 370
Маяк О. А., канд. техн. наук, доцент, Косточка О.Д., магістр 370

DESIGN OF AN ENERGY-EFFICIENT CUTTER KNIFE FOR RESTAURANTS AND THE FOOD INDUSTRY 373
V. Dub[1], PhD in Tech. Sc., Associate Professor; I. Lebedynets[2], PhD in Tech. Sc., Associate Professor; D. Dmytrevskyi, PhD in Tech. Sc., Associate Professor....373

INNOVATIVE STRUCTURAL MATERIALS IN MACHINE BUILDING FOR FOOD PRODUCTION EQUIPMENT 376
Lebedynets I.V., Ph.D., Associate Professor,....376
Dmytrevskyi D.V., Ph.D., Associate Professor....376

ДО ПИТАННЯ ВИБОРУ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ГВИНТОВИХ КОНВЕЄРІВ 380
Лук'янов І.М., к.т.н., доц., Шевченко А.О., к.т.н., доц., Некрасов М.О., магістрант, Вінда А.А., бакалавр....380

ЕНЕРГООЩАДНІ МЕМБРАННІ ТЕХНОЛОГІЇ В ПРОЦЕСАХ ПЕРЕРОБКИ, ОСВІТЛЕННЯ ТА КОНЦЕНТРУВАННЯ СОКОВОЇ ПРОДУКЦІЇ 382
Дейниченко Г.В., д-р. техн. наук, проф.,....382
Дмитревський Д.В., канд. техн. наук, доц.,....382
Гончар Д.О., аспірант,....382
Лавренюк В.В., здобувач вищої освіти ступеня бакалавра....382

ІНТЕГРАЦІЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ТА РЕСУРСООЩАДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА ПІДПРИЄМСТВАХ МАЛОГО І СЕРЕДНЬОГО БІЗНЕСУ ХАРЧОВОЇ ГАЛУЗІ 385
Загорулько А.М. к.т.н., доц., Титаренко Н.В. бакалавр....385

ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСОЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОМАСООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ У ХАРЧОВІЙ ІНДУСТРІЇ НА ОСНОВІ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ....387
Загорулько А.М. к.т.н., доц., Титаренко Н.В. бакалавр....387

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ АВТОНОМНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ НА ОСНОВІ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ 389
Загорулько А.М. к.т.н., доц., Титаренко Н.В. бакалавр....389

ХАРЧОВОЇ ТА ГОТЕЛЬНО-РЕСТОРАННОЇ ІНДУСТРІЇ....391
Загорулько А.М. к.т.н., доц., Титаренко Н.В. бакалавр, Полюхевич Є.В. магістр 391

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ У СТВОРЕННІ РЕСУРСООЩАДНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ХАРЧОВОЇ ГАЛУЗІ....393
Загорулько А.М. к.т.н., доц., Титаренко Н.В. бакалавр....393

ІННОВАЦІЙНІ ІНЖЕНЕРНІ РІШЕННЯ В ПЕРЕРОБНІЙ І ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ 395
Богомолов О.В. д.т.н., професор, Лебединець І.В., к.т.н., доцент, ...395
Ільїна Н.О., ст. викладач, Попов М.О., здобувач ВО....395

MODERN DESIGN SOLUTIONS FOR THE TECHNICAL EQUIPMENT OF FOOD PRODUCTION LINES....399
Mykhaylov Valeriy, Dr. of Tech. Sc., Prof., ...399
Shevchenko Andrey, PhD (Tech.), Assoc. Prof., Semykras Oleh, Harkavyi Oleksandr,Pashchenko Roman, Marchenko Yelyzaveta, students....399

СИСТЕМА БЕЗПЕРЕРВНОГО ПНЕВМОТРАНСПОРТУВАННЯ ЩІЛЬНИХ ФАЗ E-FINITY ТА ПЕРСПЕТИВИ РОЗВИТКУ ТАКИХ СИСТЕМ**.....403**
Лук'янов І.М., к.т.н., доц., Шевченко А.О., к.т.н., доц., ...403
Некрасов М.О., магістрант, Некрасов Д.О., студент.....403

ПРО УДАРНИЙ РУХ ЧАСТИНКИ ПО ПОХИЛІЙ ПЛОЩИНІ З ПОДАЧЕЮ В ПОПЕРЕЧНОМУ НАПРЯМКУ.....405
Завгородній О.І., д.т.н., проф., Богомолов О.В., д.т.н., проф., ...405
Богомолов О.О., асп., Бойко Є.В., асп., Мартинова М.С., магістр. 405

СЕПАРАЦІЯ ТА СОРТУВАННЯ НАСІННЯ ПРОСА НА ГРАВІТАЦІЙНОМУ БАГАТОЯРУСНОМУ УДАРНОМУ СЕПАРАТОРІ 409
Богомолов О.В., д.т.н., проф., Михайлов В.М., д.т.н., проф., ...409
Богомолов О.О., асп. Бочарніков І.О., асп., Швець С.І., Скляр Р.С., маг. 409

РОЗВАНТАЖЕННЯ-ЗАВАНТАЖЕННЯ ВАНТАЖІВОК ЗА ДОПОМОГОЮ СТРІЧКОВИХ КОНВЕЄРІВ В УМОВАХ УСКЛАДНЕНОЇ ЛОГІСТИКИ.....412
Лук'янов І.М., к.т.н., доц., Шевченко А.О., к.т.н., доц., ...412
Нестерук М.Д., Овчинніков В.В., бакалаври 412

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВОЛОГОСТІ СИРОВИНИ ТА ТИСКУ ПРЕСУВАННЯ НА МІЦНІСТЬ ПАЛИВНИХ ГРАНУЛ.....414
Аліфанов М.О. магістр, Гурський П.В. к.т.н., проф., Іващенко С.Г. к.т.н., доц.....414

RESEARCH OF THE PROCESS OF MAKING WHEAT-RYE BREAD 417
Bogomolov O.V., Dr. Sci. Engineering, Professor,.....417
Gursky P.V., PhD in Engineering, Professor,.....417
Ivashchenko S.G., PhD in Engineering, Associate Professor.....417

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОЧИЩЕННЯ ПОВІТРЯ В ЦИКЛОНАХ РІЗНИХ ТИПІВ ПІД ЧАС АСПІРАЦІЇ НАСІННЯ СОНЯШНИКА 419
Вороніна А.Ю. магістр, Гурський П.В. к.т.н., проф., Денисенко С.А. к.т.н., доц..419

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ ОРГАНІЧНОЇ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ 423
Загорулько О.Є. к.т.н., доцент, Загорулько А.М. к.т.н., доцент,.....423
Бэлов Д.М., Непорадний А.О. здобувачі вищої освіти 423

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА РІДКИХ АНТОЦІАНОВИХ БАРВНИКІВ.....425
Загорулько О.Є. к.т.н., доцент, Загорулько А.М. к.т.н., доцент,.....425
Касабова К.Р. к.т.н., доцент, ...425

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ.....428
Богомолов О.В., д.т.н., проф., Ірклієнко В.І., к.т.н., Гурський П.В., к.т.н., проф., Іващенко С.Г., к.т.н., доц., Сахно С.Ю., магістр. 428

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ КІНЕТИКИ ТЕРМІЧНОЇ ДЕСТРУКЦІЇ ЦІЛЬОВИХ КОМПОНЕНТІВ КАВОВОЇ СИРОВИНИ В БАРАБАННИХ РОСТЕРАХ.....431
Яременко А.С., Пивовар Р.Ю. здобувачі вищої освіти, Карпенко Л.К. к.т.н., доц. 431

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ У БАРАБАННИХ РОСТЕРАХ З КОНВЕКЦІЙНИМ ТИПОМ НАГРІВУ 434
Пивовар Р.Ю., Яременко А.С. здобувачі вищої освіти, Карпенко Л.К. к.т.н., доц. 434

ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОДИНАМІЧНИХ ТА ТЕПЛООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ У СУЧАСНИХ ПАРОКОНВЕКТОМАТАХ 438
Штанопруд І. О., Божко А.В. здобувачі вищої освіти, Карпенко Л.К. к.т.н., доц. .438

ДО ПИТАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОКОНТАКТНОГО НАГРІВАННЯ В ПРОЦЕСАХ І АПАРАТАХ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ 442

СЕКЦІЯ 8. НАДІЙНІСТЬ І МІЦНІСТЬ МЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ ТА БУДІВНИЦТВО В АПКСИСТЕМ В АПВ 447

СТАНЦІЇ ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД І ЕНЕРГЕТИЧНА НЕЗАЛЕЖНІСТЬ В АПК 448
Костенко О.Г. викладач вищої категорії, ... 448
Кравчук Д.О., студенти гр. СТ – 5.106к, ... 448
Сорокіна В.П. - викладач вищої категорії, викладач-методист, Гонтар К.В. студенти гр. СТ – 5.106к 448

НАДІЙНІСТЬ РАМ ТРАКТОРІВ 450
Автухов А.К., д.т.н., професор, Петрова О.А., студент 450

ФІБРОБЕТОН – СУЧАСНИЙ БУДІВЕЛЬНИЙ МАТЕРІАЛ 451
Берестянська С.Ю., к.т.н., доцент 451

АНАЛІЗ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ГВИНТОВИХ ПРУЖИН З ОВАЛЬНИМ ПРОФІЛЕМ ПЕРЕРІЗУ ВИТКА 454
Свіргун О.А., к.т.н., доц., Савченко В.Б. к.т.н., доц., Єлдинов А.С., студент. 454

ПРОЄКТУВАННЯ ПІДПРИЄМСТВ ДЛЯ УТРИМАННЯ ПТИЦІ: ВІД АНАЛІЗУ СВІТОВИХ НОУ-ХАУ ДО СТРАТЕГІЇ ВІДБУДОВИ УКРАЇНИ 457
Гречка Юрій Петрович студент 4 курсу 457
Марченко М.В. к.т.н., доцент 457

ПРОЕКТУВАННЯ ПІДПРИЄМСТВ ДЛЯ УТРИМАННЯ КОНЕЙ 460
Д. Костюк студент 4 курсу 460
Марченко М.В. к.т.н., доцент 460

ДО ПИТАННЯ ДЕМПФУВАННЯ В БУДІВНИЦТВІ 462
Сліпченко М.В., к.т.н., доцент, Супрунович М.М., студент 462

СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ ВОДИ В СИСТЕМІ «ЦЕМЕНТ–ЗАПОВНЮВАЧ–ВОДА» ПРИ ПРЕСУВАННІ 463
Шептун С. Ю. к.т.н., доц. 463

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ВИРОБНИЦТВІ СУЧАСНОГО ЛАМІНАТУ 465
Шептун С. Ю. к.т.н., доц., Борисова С. В. здобувач ВО 465

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЄКТУВАННЯ СУЧАСНИХ ОВОЧЕСХОВИЩ 468
Колеснік Віталій студент 4 курсу 468
Марченко М.В. к.т.н., доцент 468

ПРОЄКТУВАННЯ СВИНАРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ: СУЧАСНІ ПІДХОДИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ 470
Костюк Андрій студент 4 курсу 470
Марченко М.В. к.т.н., доцент 470

ВПЛИВ КОНСТРУКЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ ТА РЕЖИМІВ РОБОТИ НА ДИНАМІКУ ПОСІВНОГО МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТУ 472
Кусков М.А., старший викладач, д.ф. 472

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ СКЛЯНОГО БОЮ У ВИРОБНИЦТВІ ЦЕМЕНТНИХ КОМПОЗИТІВ ТА БЕТОНІВ 474
Шептун С. Ю. к.т.н., доц. 474

НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ В САНТЕХНІЦІ 476
Петров А.М., к.т.н., доцент, Внуков С.М. студент 476

МЕТАЛОЧЕРЕПИЦЯ В БУДІВНИЦТВІ 477
Петров А.М., к.т.н., доцент, Колеснік В.Ю., студент 477

КОТЕДЖНЕ БУДІВНИЦТВО В УКРАЇНІ 479
Петров А.М., к.т.н., доцент, Костюк А.М., студент 479

МОДУЛЬНІ БУДИНКИ 480
Петров А.М., к.т.н., доцент, Костюк Д.М., студент 480

АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ КОМПОЗИТНОЇ АРМАТУРИ В БУДІВНИЦТВІ 482
Синьковська О.В. к.т.н., доцент, Сидоренко А.О., магістрант, Слободянюк Д.Ю., магістрант 482

СУЧАСНІ СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ В АПК ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНИХ ПІДХОДІВ ДО ЇХ ОПТИМІЗАЦІЇ 484
Шашко І.Є. викладач вищої категорії, ... 484

ПРИСКОРЕНІ ТА СКОРОЧЕНІ ВИПРОБУВАННЯ МАШИН НА НАДІЙНІСТЬ 487
Савченко В.Б. к.т.н., доц.[1)], Свіргун О.А., к.т.н., доц.[1)], ... 487
Алфьоров О.І. д.т.н., проф. [2)] Демиденко І.Л., студент. [1)] 487

ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПОПЕРЕЧНОГО НАСУВАННЯ ВИСОТНИХ ОПОР ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ ВІАДУКА РАЙНСДОРФ (МАГІСТРАЛЬ А45, НІМЕЧЧИНА) 489
Гречка Ю.П. студент. Петров А .М. к.т.н ,д.т.н 489

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЄКТУВАННЯ ТЕПЛИЧНОГО КОМПЛЕКСУ В УКРАЇНІ 491
Цимбаленко Сергій Олександрович студент 4 курсу 491
Марченко М.В. к.т.н., доц. 491

СЕКЦІЯ 9. АРХІТЕКТУРА СУЧАСНОГО УКРАЇНСЬКОГО СЕЛА 495

АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ РОЗРОБКИ КОМПЛЕКСНИХ ПЛАНІВ ПРОСТОРОВОГО РОЗВИТКУ ТЕРИТОРІЙ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД 496
Гопцій О. Б. к. е. н., доцент, ... 496
Анопрієнко Т.В. к.е . н., доцент, ... 496
Анопрієнко О.О., здобувач 3 курсу 496

ДО ПИТАННЯ СТВОРЕННЯ МОДЕЛІ ВИКОРИСТАННЯ ВЕРНАКУЛЯРУ В УКРАЇНСЬКІЙ АРХІТЕКТУРНІЙ ПРАКТИЦІ 499
Гончарова І. В., д-р філ. (PhD, архітектура та містобудування) 499

РОЛЬ АРХІТЕКТОРІВ У РОЗВИТКУ СІЛЬСЬКИХ МІСЦИН У НІДЕРЛАНДАХМЯК ПАРАДИГМА ДЛЯ УКРАЇНИ 503
Буряк О. П., д. арх. (ScD), доцент, ...503

МОДЕЛЮВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ТА ОБ'ЄМНО-ПРОСТОРОВОЇ СТРУКТУР ГРОМАДСЬКОГО ЦЕНТРУ СЕЛА 506
Гончарова М. В., асистент 506

УТВОРЕННЯ СИСТЕМИ ОЗЕЛЕНЕННЯ СІЛЬСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА 507
Краєвська О.О., асистент 507

ЕКОЛОГІЧНА ПАРАДИГМА ТА ВЕРТИКАЛЬНА ІНТЕГРАЦІЯ ПРИРОДНИХ КОМПОНЕНТІВ У СУЧАСНІЙ АРХІТЕКТУРІ 508
Масленнікова В.В., канд. екон. наук, доцент....508

ІНТЕР'ЄРИ СУЧАСНИХ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ДОМІВОК У СІЛЬСЬКІЙ МІСЦЕВОСТІ 511
Приступлюк Б. О., доктор філософії (PhD), асистент, Осадча Т.В., асистентка....511

АРХІТЕКТУРНИЙ БЕТОН: СИНТЕЗ КОНСТРУКЦІЇ ТА ЕСТЕТИКИ 513
Гасанов Аліяр Баларза Оглі, канд. техн. наук.; Зеленіна А. Д., студентка III курсу 513

«DECADENT» АМВРОСІЯ ЖДАХИ 516
Рябушина І.О., к. арх., доцент, Кириченко Д.Р., студ. 516

КОНЦЕПЦІЯ «ЗЕЛЕНОГО ПОЯСУ» (GREEN BELT): БРИТАНСЬКИЙ ДОСВІД РЕГУЛЮВАННЯ СІЛЬСЬКО-МІСЬКОГО КОНТИНУУМУ ТА СТРИМУВАННЯ УРБАНІСТИЧНОГО РОЗРОСТАННЯ 520
Тимченко Д.Д., аспірант....520

ПРИНЦИПИ ОРГАНІЗАЦІЇ ПРОСТОРОВОЇ КОМПОЗИЦІЇ СІЛЬСЬКОЇ ЗАБУДОВИ 522
Тюрікова О.М. , к.п.н., доцент....522

ФУНКЦІОНАЛЬНА ТРАНСФОРМАЦІЯ СІЛЬСЬКОЇ САДИБИ В СУЧАСНОМУ ЖИТЛОВОМУ СЕРЕДОВИЩІ УКРАЇНИ 523
Хороян Н. П., канд. арх. (PhD), доцент, ...523

КОНЦЕПЦІЯ ХУДОЖНЬОЇ ОСВІТИ У КУНЬЄВСЬКІЙ СІЛЬСЬКІЙ ТЕРИТОРІАЛЬНІЙ ГРОМАДІ 527
Чорноног А.Ю., здобувачка 4 курсу 527

ОРГАНІЗАЦІЯ ПІСЛЯВОЄННОЇ ВІДБУДОВИ У СІЛЬСЬКИХ РАЙОНАХ ЛІВАНА ТА У ПЕРЕДМІСТЯХ БЕЙРУТА 529
Шамун К. М., доктор філософії (PhD, Архітектура та містобудування), ...529

РОДИННЕ ПАТІО: ВІДРОДЖЕННЯ ІСТОРІЇ 532
Піоварова І. Ю. студ., Акмен І. Р. к. арх. 532

СЕКЦІЯ 10. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ТА ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗВИТОК АГРАРНОГО СЕКТОРА ЕКОНОМІКИ 537

СКАСУВАННЯ ГОСПОДАРСЬКОГО КОДЕКСУ УКРАЇНИ: РИЗИКИ ТА НАСЛІДКИ 538

Антощенкова В.В. д.е.н., проф., ... 538

ЕКОНОМІЧНА СТІЙКІСТЬ АГРАРНОГО БІЗНЕСУ В УМОВАХ ВІЙНИ 541

СОБІВАРТІСТЬ ПРОДУКЦІЇ ПІДПРИЄМСТВА ТА ЇЇ ВПЛИВ НА РЕЗУЛЬТАТИ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ 544

Гармаш Д.О., здобувач рівня вищої освіти другий (магістерський) 544

КЛЮЧОВІ ВИКЛИКИ ДЛЯ АГРОПРОМИСЛОВОГО СЕКТОРУ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ 547

Глянь Т.І. здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії 547

АНАЛІЗ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ 550

Коняєв Є.В., здобувач рівня вищої освіти другий (магістерський) 550

РОЛЬ ІОТ У РОЗВИТКУ АГРОСТРАХУВАННЯ ТА ОЦІНЮВАННІ АГРАРНИХ РИЗИКІВ 553

Спасіченко О. В. аспірантка 553

КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНІСТЬ АГРАРНОГО СЕКТОРУ УКРАЇНИ В УМОВАХ ГЛОБАЛЬНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ІНТЕГРАЦІЇ 555

Сапарай Я. В. магістр, Мещеряков В. Є. к.е.н., доцент 555

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗВИТОК АГРАРНОГО СЕКТОРА ЕКОНОМІКИ 557

Семперович І.В., здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії 557

АГРОЛІСІВНИЦТВО – СТАЛІ ПРАКТИКИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЗЕМЕЛЬНИХ РЕСУРСІВ 560

Бабан Т.О., к.е.н., доц., Севагіна В.О., здобувач РВО бакалавр 560

СТРАТЕГІЧНІ НАПРЯМИ ПОЛІПШЕННЯ ФІНАНСОВОГО СТАНУ ПІДПРИЄМСТВА В УМОВАХ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ЕКОНОМІКИ 563

Єлісеєв О.Л. здобувач вищої освіти першого рівня, Кравченко Ю.М. к.е.н., доцент 563

ЕФЕКТИВНА СИСТЕМА МОТИВАЦІЇ ПРАЦІ ЯК ОСНОВА РОЗВИТКУ ТРУДОВОГО ПОТЕНЦІАЛУ ПІДПРИЄМСТВА 566

Зуєнко А.Л., здобувач вищої освіти першого рівня, Кравченко Ю.М. к.е.н., доцент 566

ПІДВИЩЕННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ АГРАРНОГО СЕКТОРА НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ІННОВАЦІЙ 569

Кравченко Ю.М. к.е.н., доцент 569

КОНКУРЕНЦІЯ ЗА ЛОГІСТИЧНІ ШЛЯХИ ЯК ФАКТОР ТРАНСФОРМАЦІЇ ГЛОБАЛЬНИХ ЛАНЦЮГІВ ДОДАНОЇ ВАРТОСТІ: МОЖЛИВОСТІ ДЛЯ УКРАЇНИ 572

Шилов Д. О. аспірант, Кравченко Ю.М. к.е.н., доцент 572

СТРАТЕГІЧНІ НАПРЯМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ПІДПРИЄМСТВА В СУЧАСНИХ УМОВАХ ГОСПОДАРЮВАННЯ 575
Ляхоцька О.К., здобувач вищої освіти першого рівня, Кравченко Ю.М. к.е.н., доцент 575

ОПТИМІЗАЦІЯ ВИТРАТ НА ВИРОБНИЦТВО ПРОДУКЦІЇ ЯК НАПРЯМ ПІДВИЩЕННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА 578
Мовчан А.С., здобувач вищої освіти першого рівня, Кравченко Ю.М. к.е.н., доцент 578

ДИВЕРСИФІКАЦІЯ ДІЯЛЬНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ 580
Філімонов Ю.Л., к.е.н., доцент, Ісаєвський А.В. аспірант 580

АГРОБІЗНЕС В УМОВАХ ВІЙНИ: НАСЛІДКИ ТА ВИКЛИКИ 583
Шубний В.В., здобувач рівня вищої освіти другий (магістерський) 583

ІНЖЕНЕРНО-ЕКОНОМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО РОЗВИТКУ АГРАРНОГО СЕКТОРА В УМОВАХ ЦИФРОВІЗАЦІЇ 586
Білик Роман, здобувач ВО; Міненко С. І., доктор філософії з менеджменту, доцент 586

Секція 1

ТРАКТОРНА ЕНЕРГЕТИКА, АВТОМОБІЛЬНИЙ ТРАНСПОРТ, АЛЬТЕРНАТИВНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ ТА ТЕПЛОЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

УДК 620.95:662.767.2:628.4:352.07(477)

ПЕРСПЕКТИВИ ТА БАР'ЄРИ ВПРОВАДЖЕННЯ БІОГАЗОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА РІВНІ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД УКРАЇНИ

Скляр О.Г. к.т.н., професор, Скляр Р.В. к.т.н., доцент

Таврійський державний агротехнологічний університет імені Дмитра Моторного

У статті розглянуто перспективи впровадження біогазових технологій на рівні територіальних громад України як інструменту локальної енергетичної безпеки, раціонального поводження з органічними відходами та розвитку циркулярної економіки. Обґрунтовано, що біогазові комплекси доцільно розглядати не лише як джерело електричної та теплової енергії, а як багатофункціональні технологічні системи, здатні поєднувати переробку відходів тваринництва, рослинництва, харчової промисловості, осадів стічних вод і органічної фракції побутових відходів із виробництвом біогазу, біометану та органічних добрив.

Розвиток відновлюваних джерел енергії є одним із пріоритетних напрямів енергетичної політики України, що зумовлено необхідністю зменшення залежності від викопних енергоносіїв, підвищення стійкості місцевої енергетичної інфраструктури та скорочення негативного впливу органічних відходів на довкілля [1]. Для територіальних громад це питання набуває особливого значення, оскільки саме на місцевому рівні концентруються значні обсяги відходів аграрного виробництва, харчової промисловості, комунального сектору та побутового господарства.

Україна має значний сировинний потенціал для виробництва біогазу й біометану. До основних джерел належать гній і послід тварин, післяжнивні рештки, силосна маса, відходи переробки сільськогосподарської продукції, осади стічних вод, органічна фракція твердих побутових відходів [2]. Проте рівень практичного використання цього потенціалу залишається недостатнім. Біогазові проєкти в Україні тривалий час реалізовувалися переважно великими аграрними підприємствами, тоді як для територіальних громад вони поки що не стали системним інструментом енергетичного та екологічного розвитку.

Для територіальних громад біогазові установки є перспективними насамперед тому, що дозволяють об'єднати різні потоки органічних відходів у єдину технологічну систему. Найбільш стабільною сировиною є відходи тваринництва, зокрема гній великої рогатої худоби, свиней і пташиний послід. Водночас самі по собі ці субстрати не завжди забезпечують максимальний вихід метану. Тому у сучасній практиці широкого значення набуває коферментація — спільне зброджування кількох видів сировини. Поєднання гною з рослинними рештками, відходами харчової промисловості або силосною масою дає змогу збалансувати хімічний склад субстрату, підвищити енергетичний вихід і стабілізувати процес метаногенезу.

Основними продуктами біогазового комплексу є біогаз, теплова енергія, електроенергія, біометан і дигестат. Біогаз може використовуватися у когенераційних установках для одночасного виробництва електричної та теплової енергії. Такий варіант є доцільним для громад, які мають постійних споживачів тепла: школи, дитячі садки, лікарні, адміністративні будівлі, тепличні господарства, сушарки зерна або переробні підприємства. За наявності обладнання для очищення біогазу від діоксиду вуглецю, сірководню, водяної пари та інших домішок можливе виробництво біометану, який за своїми характеристиками наближається до природного газу та може подаватися до газових мереж.

Особливо важливою для України є саме біометанова складова. Розвинена газотранспортна та газорозподільна інфраструктура створює технічні передумови для інтеграції відновлюваного газу в існуючу енергетичну систему. Для територіальних громад це відкриває можливість не лише забезпечувати власні потреби, а й формувати додаткове джерело доходів через реалізацію біометану. Запровадження державного реєстру біометану та системи гарантій походження створює передумови для прозорого обліку такого ресурсу і його подальшої комерціалізації [3].

Важливим продуктом біогазового комплексу є дигестат — зброджена органічна маса, яка після відповідної підготовки може використовуватися як органічне добриво. Його агрономічна цінність полягає у наявності азоту, фосфору, калію, органічної речовини та мікроелементів. Після анаеробного зброджування зменшується запахове навантаження, частково знезаражується органічна маса, а поживні речовини переходять у більш доступні для рослин форми. Разом з тим дигестат потребує належного зберігання, сепарації, контролю складу та науково обґрунтованого внесення на поля. Без цих елементів він може стати не ресурсом, а джерелом вторинного екологічного навантаження.

Екологічний ефект біогазових технологій полягає у скороченні неконтрольованих викидів метану, зменшенні забруднення ґрунтових і поверхневих вод, зниженні запахового навантаження та обмеженні накопичення органічних відходів [4]. Особливо актуальним це є для громад із розвиненим тваринництвом або харчовою переробкою, де традиційне зберігання гною, жому, сироватки чи інших органічних залишків створює постійні санітарні й екологічні ризики. Біогазова установка в такому випадку виконує функцію не лише енергетичного, а й природоохоронного об’єкта.

Разом із тим розвиток біогазових технологій у громадах стримується низкою бар’єрів. Найсуттєвішим є фінансовий. Будівництво біогазового комплексу потребує значних капітальних вкладень у ферментери, системи підготовки сировини, підігріву, перемішування, газгольдери, когенераційне обладнання або модулі апгрейдингу біогазу до біометану, системи зберігання дигестату та автоматизованого контролю [5]. Для окремої громади або невеликого агропідприємства такі витрати часто є надмірними. Тому перспективною є модель публічно-приватного партнерства, кооперації кількох виробників сировини або створення енергетичного кооперативу.

Другим бар'єром є сировинна логістика. Біогазова установка потребує безперервного та прогнозованого завантаження. Якщо сировина розпорошена між багатьма дрібними господарствами, витрати на її збирання, транспортування та попередню підготовку можуть суттєво знизити економічну ефективність проєкту.

Третім бар'єром є недостатність технологічної та управлінської компетентності на місцевому рівні. Біогазовий комплекс є складною біотехнологічною системою, стабільність якої залежить від точності управління процесом. Порушення температурного режиму, надмірне органічне навантаження, різка зміна складу субстрату або накопичення летких жирних кислот можуть призвести до пригнічення метаногенезу та зниження виходу газу [5]. Отже, громадам потрібні не лише фінансові ресурси, а й кваліфікований технологічний супровід, лабораторний контроль, навчання персоналу та цифровий моніторинг параметрів процесу.

Окремим завданням є контроль витоків метану. Біогазові технології мають кліматичну перевагу лише за умови герметичності обладнання та належного технічного обслуговування. Витоки через мембрани газгольдерів, клапани, фланцеві з'єднання, системи зберігання дигестату або аварійні факели можуть знижувати екологічний ефект проєкту. Тому для сучасних біогазових комплексів необхідними є регулярні програми виявлення та усунення витоків, технічний аудит обладнання і контроль фактичного балансу виробленого та використаного газу.

Сучасні наукові дослідження у сфері біогазових технологій спрямовані на підвищення ефективності анаеробного зброджування. Одним із напрямів є попередня обробка лігноцелюлозної біомаси, зокрема соломи, стебел кукурудзи, лушпиння та інших рослинних решток. Через складну структуру лігноцелюлозного комплексу така сировина повільно розкладається у ферментері, тому для підвищення її біодоступності застосовують механічне подрібнення, термічну, лужну, ферментативну або комбіновану обробку [5]. Однак для практичного впровадження важливо оцінювати не лише приріст виходу метану, а й енергетичні витрати на попередню підготовку сировини.

Перспективним напрямом є також використання мікробних консорціумів, біовугілля та електропровідних добавок, які можуть сприяти стабілізації процесу метаногенезу та поліпшенню міжвидового електронного перенесення між синтрофними бактеріями і метаногенними археями. Такі рішення мають високий науковий потенціал, але потребують адаптації до конкретної сировини, масштабів установки та економічних умов громади.

Найбільш доцільною організаційною моделлю для територіальних громад України є формування локальних біоенергетичних кластерів. У такій моделі аграрні підприємства постачають гній, послід, рослинні рештки та відходи переробки; комунальний сектор забезпечує органічну фракцію побутових відходів або осади стічних вод; біогазова установка виробляє енергію, біометан і дигестат; громада використовує енергію для соціальних об'єктів або реалізує її на ринку; аграрії повертають дигестат на поля. Такий підхід формує замкнений цикл «відходи — енергія — добриво — ґрунт — продукція».

Перевагою кластерного підходу є розподіл ризиків між кількома учасниками. Якщо один постачальник тимчасово зменшує обсяги сировини, установка може працювати за рахунок інших потоків. Якщо змінюється економічна кон'юнктура, оператор може коригувати пріоритети між виробництвом електроенергії, тепла, біометану або органічних добрив [6]. Крім того, громада може брати участь у проєкті не лише коштами, а й земельною ділянкою, інфраструктурою, гарантією споживання тепла, організацією збирання відходів або залученням грантового фінансування. У сировинному блоці визначаються обсяги та якість відходів; в енергетичному - потенційні споживачі електроенергії, тепла або біометану [6]; в інфраструктурному - місце розташування установки, доступ до доріг, електромереж, газових мереж і споживачів тепла; у фінансовому - капітальні витрати, операційні витрати, джерела доходів і термін окупності; в екологічному - вплив на ґрунти, воду, повітря, запахове навантаження та систему поводження з дигестатом.

Висновок. Біогазові технології мають значний потенціал для територіальних громад України, оскільки дозволяють одночасно вирішувати завдання енергетичної автономії, екологічної безпеки, раціонального поводження з органічними відходами та підвищення ефективності аграрного виробництва. Їх доцільно розглядати не як окремі енергетичні об'єкти, а як складові локальної циркулярної економіки. Найбільш перспективною для громад є кластерна модель упровадження біогазових комплексів, яка об'єднує аграрний, комунальний та енергетичний сектори.

Список використаних джерел

1. Сучасний стан та перспективи розвитку біоенергетики в ЄС та Україні. Біоенергетична асоціація України. 2024. URL: https://uabio.org/wp-content/uploads/2024/05/1_Geletuha_Rozvytok-bioenergetyky-v-Ukrayini-i-sviti.pdf

2. Болтянський Б. В. Аспекти вдосконалення технології виробництва біогазу. *Праці ТДАТУ: наукове фахове видання.* Запоріжжя: ТДАТУ, 2024. Вип. 24. Т. 1. С. 89-100. DOI: 10.32782/2078-0877-2024-24-1-6.

3. Кабінет Міністрів України. Про затвердження Порядку функціонування реєстру біометану: постанова № 823 від 22.07.2022. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/823-2022-%D0%BF#Text

4. Комар А. С., Акулов В. Д. Технологічні аспекти оптимізації біогазових установок. *Науковий вісник ТДАТУ*. Запоріжжя, 2025. Вип. 15. Т. 1. С. 129-135. https://doi.org/10.32782/2220-8674-2025-25-1-15

5. Скляр О. Г., Комар А. С. Теоретичні аспекти моделювання машинної технології утилізації органічних відходів. *Праці ТДАТУ: наукове фахове видання.* Запоріжжя: ТДАТУ, 2023. Вип. 23, т. 1. С. 104 – 114. DOI: 10.31388/2078-0877-2023-23-1-104-115.

6. Аналіз найпоширеніших енергозберігаючих технологій у роботі біогазових установок/ Скляр О. Г. та інш. *Праці ТДАТУ*: наукове фахове видання. Запоріжжя: ТДАТУ, 2025. Вип. 26, т. 1. С. 188-194. https://doi.org/10.32782/2078-0877-2026-26-1-22

УДК 628.4:631.86:620.95:662.767.2

КОМПЛЕКСНА УТИЛІЗАЦІЯ ОРГАНІЧНИХ ВІДХОДІВ ЯК ЧИННИК ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ АГРАРНОГО СЕКТОРУ

Скляр О.Г. к.т.н., професор, Скляр Р.В. к.т.н., доцент,
Болтянський Б.В. к.т.н., доцент

Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного

У статті обґрунтовано роль комплексної утилізації органічних відходів аграрного сектору як важливого чинника екологічної безпеки, енергетичної стійкості та відновлення родючості ґрунтів. Розглянуто негативні наслідки традиційного поводження з гноєм, послідом, рослинними рештками, відходами харчової промисловості та іншими органічними субстратами, зокрема забруднення ґрунтових і поверхневих вод, емісію метану, аміаку та сірководню, погіршення санітарного стану територій і втрату поживних речовин. Доведено, що анаеробне зброджування є одним із найбільш ефективних технологічних рішень для перетворення органічних відходів на біогаз, біометан, теплову й електричну енергію та дигестат.

Аграрний сектор України формує значні обсяги органічних відходів рослинного і тваринного походження. До них належать гній великої рогатої худоби, свиней і птиці, пташиний послід, солома, стебла кукурудзи, гичка, лушпиння, жом, барда, некондиційна рослинна продукція, відходи забою, молочної та харчової промисловості [1]. За традиційної моделі господарювання значна частина таких відходів зберігається у відкритих гноєсховищах, лагунах, буртах або залишається на полях без належної технологічної підготовки. Це призводить до втрати органічної речовини, забруднення довкілля, поширення запахів, підвищення ризику потрапляння нітратів, фосфатів і патогенних мікроорганізмів у водні об’єкти.

Комплексна утилізація органічних відходів шляхом анаеробного зброджування дає змогу одночасно вирішувати кілька завдань: зменшувати екологічне навантаження, виробляти відновлювану енергію, отримувати органічні добрива, скорочувати залежність від викопних енергоносіїв і формувати замкнені ресурсні цикли в аграрному секторі [2]. Міжнародне енергетичне агентство у прогнозі щодо біогазу та біометану підкреслює, що ці види відновлюваного газу можуть вироблятися з широкого спектра відходів і залишків, включаючи сільськогосподарські, муніципальні та промислові органічні потоки.

Екологічна небезпека органічних відходів аграрного походження зумовлена їх високою біологічною активністю, значним вмістом вологи, органічної речовини, азоту, фосфору, калію та мікроорганізмів. За неконтрольованого зберігання такі відходи швидко розкладаються з утворенням метану, аміаку, сірководню та летких органічних сполук. Крім запахового дискомфорту, це створює ризики для атмосферного повітря, ґрунтів,

поверхневих і підземних вод. Особливо небезпечними є відкриті лагуни та гноєсховища без герметизації, оскільки фільтрат може потрапляти у ґрунтові води, а газоподібні продукти розкладу - в атмосферу.

Біогазові технології забезпечують кероване перетворення органічної речовини в анаеробних умовах. У біореакторі органічна сировина проходить послідовні стадії гідролізу, ацидогенезу, ацетогенезу та метаногенезу. На першому етапі складні органічні сполуки розщеплюються до простіших речовин; на наступних - утворюються леткі жирні кислоти, водень, оцтова кислота та інші проміжні продукти; завершальна стадія пов'язана з діяльністю метаногенних архей, які формують метан [3]. У результаті утворюється біогаз, що може використовуватися для виробництва електричної та теплової енергії або очищуватися до біометану.

Екологічна перевага анаеробного зброджування полягає в тому, що процес розкладу органічної речовини відбувається в герметичній технологічній системі. Це дає змогу не допустити неконтрольованих викидів метану, зменшити запахове навантаження, стабілізувати органічну масу та знизити патогенний потенціал відходів. Водночас реальний екологічний ефект біогазового комплексу досягається лише за умови належного проєктування, технічного обслуговування, контролю витоків газу та безпечного поводження з дигестатом. Сучасні дослідження європейських біогазових установок показують, що програми виявлення й усунення витоків метану є необхідною умовою збереження кліматичної переваги таких об'єктів.

Комплексна утилізація органічних відходів у біогазових установках виконує кілька взаємопов'язаних функцій. Перша - природоохоронна: зменшується навантаження на ґрунти, водні ресурси й атмосферу. Друга - енергетична: біогаз може використовуватися в когенераційних установках для одночасного виробництва електроенергії та тепла [4]. Третя - агрохімічна: після зброджування утворюється дигестат, який за належної підготовки може бути використаний як органічне добриво. Четверта - економічна: відходи перетворюються з проблемного залишку на ресурс, що має енергетичну та удобрювальну цінність.

У сучасних умовах особливого значення набуває виробництво біометану. Після очищення біогазу від діоксиду вуглецю, сірководню, вологи та інших домішок утворюється газ, близький за характеристиками до природного газу. Він може подаватися до газових мереж, використовуватися як моторне паливо або як енергетичний ресурс для промисловості [5]. Європейський ринок біометану демонструє стійке зростання: за даними European Biogas Association, у 2023 році сукупне виробництво біогазу та біометану в Європі досягло близько 22 млрд м³, а сектор біометану залишається одним із пріоритетних напрямів декарбонізації газового споживання. Для України це має особливе значення через наявність розвиненої газотранспортної інфраструктури та значної аграрної сировинної бази.

Науково-технологічний розвиток біогазових комплексів пов'язаний передусім із підвищенням ефективності біоконверсії складних органічних

субстратів. Одним із найбільш перспективних підходів є коферментація, тобто спільне зброджування кількох видів сировини. Гній і послід забезпечують мікробну стабільність і буферність середовища, але не завжди мають високий питомий вихід метану. Рослинні рештки, відходи харчової промисловості, жом, барда або сироватка можуть мати вищий енергетичний потенціал, проте створюють ризик закислення середовища. Оптимальне поєднання таких субстратів дозволяє збалансувати співвідношення вуглецю до азоту, стабілізувати pH і підвищити продуктивність реактора.

Другим важливим напрямом є попередня обробка лігноцелюлозної біомаси. Солома, стебла кукурудзи, лушпиння, гичка та інші рослинні залишки містять целюлозу, геміцелюлозу і лігнін. Саме лігнін обмежує доступ мікроорганізмів до ферментованих вуглеводів, що знижує швидкість і повноту анаеробного розкладання. Для підвищення біодоступності застосовують механічне подрібнення, термічну, лужну, кислотну, ферментативну, парову або комбіновану обробку [6]. Узагальнення експериментальних даних свідчить, що ефективність попередньої обробки залежить від хімічного складу субстрату, тому універсального методу для всіх видів біомаси не існує.

Перспективним напрямом інтенсифікації є застосування мікробних консорціумів і електропровідних добавок. Біовугілля, активоване вугілля, графенові матеріали та деякі мінеральні добавки можуть сприяти прямому міжвидовому електронному перенесенню між синтрофними бактеріями та метаногенними археями. Це потенційно підвищує стабільність процесу й вихід метану, особливо при переробці складних або нестабільних субстратів. Дослідження 2024 року показали, що додавання біовугілля або графену здатне підвищувати накопичений вихід метану в лабораторних умовах, однак для промислового впровадження необхідна економічна оцінка, перевірка на місцевій сировині та аналіз впливу таких добавок на якість дигестату.

Окремої уваги потребує питання дигестату. У практиці біогазових проєктів його іноді розглядають як другорядний залишок після виробництва газу, хоча саме дигестат значною мірою визначає агроекологічну ефективність системи. У ньому зберігаються азот, фосфор, калій, органічна речовина та мікроелементи. Порівняно із сирим гноєм дигестат має нижче запахове навантаження, більш стабілізований склад і вищу доступність частини поживних речовин для рослин. Водночас його використання потребує агрохімічного аналізу, визначення норм внесення, контролю вмісту важких металів, патогенів і залишкових органічних забруднювачів [6]. Сучасні огляди підкреслюють, що управління дигестатом є ключовим елементом циркулярності біогазових систем і має включати сепарацію, зберігання, компостування, концентрування поживних речовин або інші способи підвищення його удобрювальної цінності.

Важливою передумовою екологічної ефективності біогазових комплексів є нормативне врегулювання. В Україні вже сформовано правові передумови для розвитку біометану: Постановою Кабінету Міністрів України № 823 затверджено порядок функціонування реєстру біометану, який забезпечує облік обсягів біометану та формування гарантій походження. Водночас для комплексної

утилізації органічних відходів потрібне подальше узгодження політики у сферах управління відходами, відновлюваної енергетики, агрохімічного контролю, охорони ґрунтів і скорочення викидів парникових газів. Закон України «Про управління відходами» закладає основу для переходу до ієрархії поводження з відходами та ресурсного підходу, однак практичне впровадження біогазових рішень потребує деталізації на рівні регіональних і місцевих програм.

Комплексний підхід до утилізації органічних відходів має ґрунтуватися на принципі замкненого циклу: органічна сировина надходить до біогазового комплексу, у процесі зброджування виробляється енергія або біометан, а дигестат повертається у ґрунт як добриво. Така модель відповідає логіці циркулярної економіки, де залишки одного виробничого процесу стають ресурсом для іншого.

Висновок. Комплексна утилізація органічних відходів є одним із ключових напрямів підвищення екологічної безпеки аграрного сектору. Біогазові технології дають змогу зменшити негативний вплив гною, посліду, рослинних решток і відходів переробної промисловості на ґрунти, воду й атмосферне повітря, одночасно забезпечуючи виробництво відновлюваної енергії, біометану та органічних добрив. Перспективними напрямами науково-технологічного розвитку є коферментація різних видів органічної сировини, попередня обробка лігноцелюлозної біомаси, використання мікробних консорціумів, біовугілля, електропровідних добавок, цифрового моніторингу та математичного моделювання процесів метаногенезу.

Список використаних джерел

1. Біотехнологія відходів тваринницьких підприємств: монографія/ Захаренко М.О. та інш. К., 2015. 380 с.

2. Болтянський Б. В. Аспекти вдосконалення технології виробництва біогазу. *Праці ТДАТУ: наукове фахове видання.* Запоріжжя: ТДАТУ, 2024. Вип. 24. Т. 1. С. 89-100. DOI: 10.32782/2078-0877-2024-24-1-6.

3. Комар А. С. Удосконалення конструкції біогазової установки з рекуперацією теплоти зброженої біомаси. *Праці ТДАТУ: наукове фахове видання.* Запоріжжя: ТДАТУ, 2024. Вип. 24. Т. 3. С. 62-70. DOI: 10.32782/2078-0877-2024-24-3-5.

4. Скляр Р.В. Методи інтенсифікації процесів метанового зброджування. *Науковий вісник ТДАТУ*. 2014. Вип. 4, т. 1. С. 3-9. URL: http://nauka.tsatu.edu.ua/e-journals-tdatu/pdf4t1/3.pdf

5. Скляр О. Г., Комар А. С. Теоретичні аспекти моделювання машинної технології утилізації органічних відходів. *Праці ТДАТУ: наукове фахове видання.* Запоріжжя: ТДАТУ, 2023. Вип. 23, т. 1. С. 104 – 114. DOI: 10.31388/2078-0877-2023-23-1-104-115.

6. Аналіз найпоширеніших енергозберігаючих технологій у роботі біогазових установок/ Скляр О. Г. та інш. *Праці ТДАТУ*: наукове фахове видання. Запоріжжя: ТДАТУ, 2025. Вип. 26, т. 1. С. 188-194. https://doi.org/10.32782/2078-0877-2026-26-1-22

УДК 631. 316.022

АНАЛІЗ ЗМІННИХ ПАРАМЕТРІВ МТА ПРИ ВИКОНАННІ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Геращенко М. М., магістр, Антощенков В. М. к.т.н., доц.

Державний біотехнологічний університет

Під технологічною адаптацією тракторів у складі МТА розумітимемо забезпечення мінімальних витрат на одиницю виконаної роботи за високої продуктивності та необхідної якості робочого процесу [1].

Основними факторами, що впливають на ефективність роботи колісних тракторів у складі МТА, є:

1. Вплив довкілля. Коливальний характер впливу довкілля надає найбільш несприятливий вплив як у енергетичні параметри трактора, і на техніко-економічні і агротехнічні показники всього МТА. Цей чинник слід розглядати як некерований, оскільки характеристики оброблюваного матеріалу слід вважати змінними, навіть у межах поля.

2. Фактори, обумовлені динамічними властивостями двигуна, суміщенням його швидкісної характеристики з навантажуючими і перетворюючими характеристиками трансмісії, а також відхиленням їх параметрів від встановлених номінальних значень. Дані фактори визначаються значеннями енергетичних та масових характеристик трактора (експлуатаційна маса трактора m_e, колісна формула, розподіл маси трактора по осях λ_1, λ_2, номінальна експлуатаційна потужність двигуна Ne, крутний момент $Мн$, коефіцієнт пристосовності двигуна $k_M = M_{max} / M_н$, частота обертання колінчастого валу двигуна $n_н$) [2].

3. Група факторів, пов'язана з організаційними та керуючими впливом тракториста та технічними заходами щодо оптимального завантаження двигуна та вибору швидкісного режиму роботи трактора.

Аналіз перелічених факторів показує, що до параметрів МТА, що варіюються, можна віднести масові параметри трактора (експлуатаційна маса трактора, розподіл маси трактора по осях). Інші параметри можна розглядати як некеровані. Частина з них встановлюється заводом-виробником і регламентована під конкретну технологічну операцію, інша частина (третя група факторів) обмежена можливості їх застосування.

Список використаних джерел

1. Трактори і автомобілі. Технологічні основи мобільних енергетичніх засобів. Ч. 7 [Текст] : навч. посіб. / В. М. Антощенков, Р. В. Антощенков, М. П. Артьомов, А. Т. Лебедєв ; за ред. А. Т. Лебедєва. - Х. : Факт, 2013. - 228 с. - Б. ц.

УДК 620.9:622.7

АНАЛІЗ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОЩАДЛИВОГО ВИКОРИСТАННЯ ПАЛИВА

Нечаєв Д. О., Геращенко М. М., магістр, Антощенков В. М. к.т.н., доц.

Державний біотехнологічний університет

Експлуатація машин – найважливіша складова сільськогосподарського виробництва. У структурі собівартості сільськогосподарської продукції близько 50 % – це витрати на експлуатацію машинно-тракторного парку (МТП), у тому числі до 40 % посідає технічне обслуговування (ТО) і зберігання машин. Отже, забезпечення працездатності МТП за мінімальних витрат праці, матеріально-грошових коштів та енергоресурсів є актуальним завданням.

Ресурсозбереження – це забезпечення ощадливого використання сировини, матеріалів, палива, енергії, трудових ресурсів при виробництві та при регламентованому використанні технічних засобів по призначенню.

Собівартість сільськогосподарської продукції залежить від витрат на її виробництво. Більшу частину витрат у собівартості сільськогосподарської продукції становлять витрати на паливо-мастильні матеріали, сільськогосподарську техніку, і добрива. По співвідношенню між витратами та отриманою продукцією можна судити про ефективність сільськогосподарського виробництва. Ефективність сільськогосподарського виробництва та енергозбереження в ньому в значній мірі залежати від технологій вирощування сільськогосподарських культур.

По оцінці виробників у бюджеті сільськогосподарських підприємств на сьогоднішній день частка витрат на паливо-мастильні матеріали (ПММ) становить від 30 до 60% залежно від рівня обліку на підприємстві і застосовуваних технологій вирощування сільгосппродукції.

Отже, питання обліку витраченого палива в сільськогосподарському виробництві є одним із самих актуальних.

Існують декілька методів виміру витрати палива за способом та засобами виміру. Найбільший інтерес із метрологічної точки зору представляє розгляд прямих методів безперервного виміру витрати палива. Залежно від кількості приладів, необхідних для виміру, ці методи поділяються на три види: в багатьох місцях, в двох місцях і одному місці. Вони відрізняються за точністю, необхідною кількістю приладів і місцю їх установки в паливній системі трактора.

На сучасному ринку з'явилося досить багато різноманітних систем мобільного контролю витрати палива, а в споживача виникає питання: яка з них оптимальна.

Базовим елементом будь-якого трактора вважається двигун. Він повинен відповідати заявленому рівню потужності, щоб машина могла виконувати роботу, що передбачає суттєві витрати енергії. Остання обставина зумовлює важливість визначення норми витрат палива. Що примітно, для кожної моделі вона буде різною. Це тим, що виробники розробляють власні формули до розрахунку середніх показників.

Чому важливо знати норму витрати трактора? Це дозволяє коректне розрахувати всі супутні витрати, визначити бюджет. Однак при проведенні обчислювальних операцій не можна забувати про супутні фактори, що впливають на підсумкові показники. Нерівномірність ґрунту, частота зміни режиму навантаження, биття в причіпному агрегаті тощо. – Все це визначає витрати пального.

Ключовим фактором, від якого залежить витрата, вважається поточний технічний стан. Перед початком робіт його обов'язково перевіряють на наявність поломок та несправностей.

Дані про витрату палива трактора за годину, зазначені в технічній документації, є усередненими і можуть відрізнятися від реального показника.

Щоб фактична витрата палива трактора в середньому відповідала розрахунковим величинам, необхідно використовувати якісне пальне з високим ступенем горіння.

На витрату палива також впливає вантажопідйомність причіпного обладнання, вид дорожнього покриття. Насправді розрізняють такі типи доріг:

• З твердим покриттям. До них відносяться поля, дороги з накатаним снігом.

• З гравійним чи щебеневим, і навіть піщаним покриттям; ґрунтові дороги, розмиті дощем, стерня зернових культур.

• З глибокою колією. Орна земля помірної вологості або з поверхнево промерзлим ґрунтом, гребінчасті дороги в період танення снігу, ґрунт після збирання коренеплодів, снігова цілина, весняний бездоріжжя.

Список використаних джерел

1. Трактори і автомобілі. Технологічні основи мобільних енергетичніх засобів. Ч. 7 [Текст] : навч. посіб. / В. М. Антощенков, Р. В. Антощенков, М. П. Артьомов, А. Т. Лебедєв ; за ред. А. Т. Лебедєва. - Х. : Факт, 2013. - 228 с. - Б. ц.

2. Трактори і автомобілі. Ч. 8. Практикум. Основи теорії та розрахунку тракторів і автомобілів [Текст] : навч. посіб. / В. М. Антощенков, Р. В. Антощенков, М. П. Артьомов, А. Т. Лебедєв ; за ред. А. Т. Лебедєва. - Х. : Факт, 2013. - 256 с. - Б. ц..

3. Трактори і автомобілі: основи теорії і розрахунку двигунів внутрішнього згорання та тракторів і автомобілів [Електронний ресурс]: навч. посібник для підгот. студентів закл. вищ. освіти аграр. профілю / В. М. Антощенков. - Харків: ХНТУСГ, 2020. - 220 с. - Б. ц.

УДК 631.372:631.3.004.15:004.896

АДАПТИВНА СИНХРОНІЗАЦІЯ ТЯГОВО-ШВИДКІСНИХ РЕЖИМІВ КОЛІСНОГО ТРАКТОРА З АГРЕГАТОВАНОЮ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЮ МАШИНОЮ У ЗМІННИХ ПОЛЬОВИХ УМОВАХ

Пирву М.В., аспірант, Шевченко І. О., к.т.н., доцент,
Макаренко М. Г. доцент

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

У тезах обґрунтовано доцільність адаптивної синхронізації тягово-швидкісних режимів колісного трактора з параметрами роботи агрегатованої сільськогосподарської машини у змінних польових умовах. Запропоновано науково-методичний підхід до узгодження швидкості руху, тягового навантаження, буксування та технологічних параметрів на основі сенсорного моніторингу, математичного моделювання й цифрових засобів керування.

Ефективність використання колісного трактора в сучасному аграрному виробництві визначається не лише його номінальною потужністю, тяговим класом або конструктивними характеристиками, а насамперед здатністю працювати в узгодженому режимі з агрегатованою сільськогосподарською машиною. У реальних польових умовах машинно-тракторний агрегат функціонує як складна динамічна система, у якій постійно змінюються тяговий опір, стан ґрунту, глибина обробітку, швидкість руху, навантаження двигуна, буксування ведучих коліс і параметри технологічного процесу.

Традиційний підхід до вибору робочої швидкості трактора переважно ґрунтується на досвіді оператора, попередніх агротехнічних рекомендаціях або усереднених характеристиках агрегатованої машини. Проте такий підхід не забезпечує достатньої точності керування в умовах просторової неоднорідності поля. Зростання тягового опору без своєчасного коригування швидкісного режиму спричиняє збільшення буксування, перевитрату пального, зниження продуктивності та погіршення якості виконання технологічної операції. У протилежному випадку, коли трактор працює з недостатнім завантаженням, його енергетичний потенціал використовується неповністю.

Метою дослідження є наукове обґрунтування підходу до адаптивної синхронізації тягово-швидкісних режимів колісного трактора з параметрами роботи агрегатованої сільськогосподарської машини для підвищення ефективності функціонування машинно-тракторного агрегату у змінних польових умовах. Теоретичною основою дослідження є положення тягової динаміки колісних машин, теорії взаємодії рушіїв із ґрунтом, експлуатації машинно-тракторних агрегатів і сучасних підходів до цифрового керування мобільними енергетичними засобами. У працях Макаренка М. Г. показано, що перерозподіл нормальних навантажень від сільськогосподарських машин, агрегатованих на передній і задній начіпних системах, істотно впливає на тягові якості трактора [1]. Це положення є принциповим для аналізу синхронної роботи

агрегату, оскільки зміна технологічного навантаження безпосередньо змінює умови реалізації тягового зусилля.

Подальші дослідження, пов'язані з удосконаленням ходової системи трактора ХТЗ-170, підтверджують доцільність комплексного підходу до підвищення тягових характеристик через покращення зчеплення з ґрунтом, зниження буксування та раціоналізацію взаємодії рушіїв з опорною поверхнею [2; 3]. Отже, адаптивна синхронізація тягово-швидкісних режимів не може розглядатися лише як програмне регулювання швидкості руху. Вона повинна враховувати конструктивні, експлуатаційні, ґрунтові та технологічні фактори, що визначають фактичну здатність трактора реалізовувати тягову потужність.

Синхронну роботу колісного трактора з агрегатованою машиною доцільно розглядати як процес узгодження трьох груп параметрів. Перша група охоплює тягово-енергетичні показники: тягове зусилля, буксування, витрату пального, завантаження двигуна та тяговий коефіцієнт корисної дії. Друга група включає швидкісно-кінематичні параметри: фактичну швидкість руху, теоретичну швидкість за частотою обертання ведучих коліс, прискорення та стабільність траєкторії. Третя група характеризує технологічну якість процесу: глибину обробітку, рівномірність роботи робочих органів, дотримання агротехнічних вимог і продуктивність агрегату.

Базовою умовою ефективного функціонування машинно-тракторного агрегату є відповідність між тяговим зусиллям, яке може реалізувати трактор, і змінним опором агрегатованої машини. Узагальнений тяговий баланс колісного трактора можна подати у вигляді:

$$P_{\text{кр}} = P_{\varphi} - P_f - P_i - P_{\delta}, \tag{1}$$

де $P_{кр}$ — корисне тягове зусилля на гаку; P_{φ} — сила зчеплення рушіїв із ґрунтом; Pf — опір коченню; P_i — складова опору, пов'язана з ухилом або нерівністю опорної поверхні; P_{δ} — втрати тягового зусилля, зумовлені буксуванням.

У змінних польових умовах складові рівняння (1) не є сталими. Зміна вологості, щільності ґрунту, глибини обробітку або режиму роботи робочих органів агрегатованої машини призводить до коливань тягового опору. Якщо система керування не реагує на ці зміни, частина енергії двигуна витрачається не на корисну роботу, а на подолання додаткових втрат, буксування та формування динамічних навантажень у трансмісії й зчіпному пристрої.

Одним із ключових індикаторів ефективності взаємодії трактора з ґрунтом є коефіцієнт буксування ведучих коліс:

$$\delta = \frac{V_t - V_f}{V_t} \cdot 100\%, \tag{2}$$

де δ — коефіцієнт буксування; V_t — теоретична швидкість руху, визначена за кінематикою ведучих коліс; V_f — фактична поступальна швидкість машинно-тракторного агрегату.

Надмірне буксування свідчить про погіршення зчіпних умов і нераціональне використання енергії двигуна. Водночас повне прагнення до мінімального буксування не завжди є оптимальним, оскільки певний рівень ковзання є природною умовою реалізації тягового зусилля колісним рушієм. Тому завдання адаптивної синхронізації полягає не в механічному зменшенні буксування до мінімуму, а в підтриманні його в раціональному діапазоні, що забезпечує ефективну передачу тягової потужності без порушення технологічних вимог.

Ефективність функціонування машинно-тракторного агрегату в системі синхронної роботи доцільно оцінювати за багатофакторним критерієм:

$$K_{\text{еф}} = f(Q, G_f, \delta, P_{\text{кр}}, V, A_t, D_n), \tag{3}$$

де Q — продуктивність агрегату; Gf — витрата пального; δ — буксування; Ркр — корисне тягове зусилля; V — робоча швидкість; At — показник якості технологічної операції; Dn — рівень динамічних навантажень у тяговому з'єднанні, трансмісії та робочих органах агрегатованої машини.

Наукова доцільність використання такого критерію полягає в тому, що ефективність машинно-тракторного агрегату не може бути коректно оцінена лише за одним показником. Наприклад, підвищення швидкості руху може збільшити продуктивність, але водночас погіршити якість обробітку або збільшити буксування. Зменшення швидкості може стабілізувати технологічний процес, але спричинити зниження продуктивності. Отже, адаптивна синхронізація повинна базуватися на багатокритеріальній оптимізації, у якій одночасно враховуються енергетичні, технологічні й експлуатаційні обмеження.

Принцип адаптивної синхронізації полягає у безперервному порівнянні фактичного режиму роботи машинно-тракторного агрегату з раціональною зоною функціонування. Якщо тяговий опір агрегатованої машини зростає, система повинна зменшити робочу швидкість, змінити передавальне число трансмісії або сформувати рекомендацію щодо коригування технологічного параметра, наприклад глибини обробітку. Якщо тягове навантаження зменшується, доцільним є підвищення швидкості руху в межах, які не погіршують якість технологічної операції.

Структурно система адаптивної синхронізації може включати сенсорну, інформаційно-аналітичну, модельно-прогнозну, керуючу та виконавчу підсистеми. Сенсорна підсистема забезпечує реєстрацію швидкості руху, частоти обертання коліс, буксування, тягового зусилля, витрати пального, навантаження двигуна, положення робочих органів і параметрів технологічного процесу. Інформаційно-аналітична підсистема виконує фільтрацію й первинну обробку даних. Модельно-прогнозна підсистема визначає очікувану зміну тягового опору та енергетичних втрат. Керуюча підсистема формує рішення щодо зміни режиму руху, а виконавча реалізує його через трансмісію, систему керування двигуном, гідроначіпну систему або інші механізми.

Використання інформаційних технологій у блочно-модульних тракторах створює передумови для інтеграції такої системи в сучасну архітектуру

мобільних енергетичних засобів [4]. Вбудовані системи з елементами штучного інтелекту можуть не лише фіксувати зміну параметрів роботи, а й формувати прогнозні рішення щодо доцільного режиму руху [5]. Окремий потенціал мають алгоритми машинного навчання, які здатні використовувати накопичені експлуатаційні дані для уточнення залежностей між станом ґрунту, тяговим навантаженням, швидкістю руху та якістю технологічної операції [6].

Перспективним напрямом є поєднання адаптивної синхронізації з концепцією цифрового двійника машинно-тракторного агрегату. Цифровий двійник дозволяє відтворювати поведінку системи «трактор — агрегатована машина — ґрунт» у віртуальному середовищі та оцінювати наслідки зміни швидкості, тягового навантаження або режиму роботи агрегатованої машини до фактичного втручання в технологічний процес. У цьому контексті цифровий двійник може бути використаний як інструмент зменшення впливу людського фактора та підвищення обґрунтованості керуючих рішень [7].

Важливим елементом практичної реалізації адаптивної синхронізації є цифровий обмін даними між трактором, агрегатованою машиною та системою керування. Стандарт ISO 11783 визначає принципи послідовної мережі керування й обміну даними для тракторів і сільськогосподарських машин [10]. Використання CAN/ISOBUS дає змогу отримувати дані від електронних блоків керування, датчиків і виконавчих механізмів, що створює технічну основу для автоматизованого узгодження режимів роботи трактора та агрегатованої машини.

Методично адаптивну синхронізацію доцільно реалізовувати у три етапи. Перший етап — діагностично-інформаційний, на якому здійснюється збір даних про фактичні параметри роботи машинно-тракторного агрегату. Другий етап — модельно-аналітичний, на якому визначається відповідність поточного режиму раціональній зоні функціонування. Третій етап — керуючий, на якому формується рекомендація оператору або автоматична дія щодо зміни швидкості, тягового навантаження, режиму двигуна чи параметрів роботи машини.

Для експериментальної перевірки запропонованого підходу доцільно порівняти традиційний та адаптивний режими роботи машинно-тракторного агрегату. У традиційному режимі швидкість задається оператором і змінюється переважно на основі суб’єктивної оцінки умов роботи. В адаптивному режимі зміна тягово-швидкісного режиму здійснюється на основі сенсорних даних і математичної моделі. Контрольованими показниками мають бути середня робоча швидкість, коефіцієнт буксування, тягове зусилля, годинна та питома витрата пального, продуктивність, стабільність глибини обробітку, динамічні навантаження та якість виконання операції.

Очікуваний науковий результат полягає у формуванні моделі адаптивної синхронізації тягово-швидкісних режимів, яка враховує змінність польових умов і технологічного навантаження. Практичний результат полягає у зменшенні непродуктивних енергетичних втрат, зниженні буксування, стабілізації робочої швидкості, підвищенні якості технологічної операції та раціональнішому використанні потужності колісного трактора.

Таким чином, адаптивна синхронізація тягово-швидкісних режимів є не окремою функцією регулювання швидкості, а комплексним науково-технічним підходом, який поєднує тягову динаміку, сенсорний моніторинг, математичне моделювання, цифрові канали обміну даними та алгоритми прийняття рішень. Запропонований підхід відповідає сучасним тенденціям розвитку енергоефективного, інтелектуалізованого та цифровізованого агровиробництва.

Висновок.

Застосування адаптивної синхронізації дозволяє перейти від статичного вибору режимів роботи машинно-тракторного агрегату до динамічного узгодження параметрів трактора, агрегатованої машини та ґрунтового середовища. Це створює передумови для зниження витрати пального, зменшення буксування, підвищення продуктивності, стабілізації технологічного процесу та зменшення залежності ефективності агрегату від суб'єктивних дій оператора.

Список використаних джерел

1. Макаренко М. Г. Вплив перерозподілу нормальних навантажень від агрегатуємих на передній і задній начіпних системах сільськогосподарських машин на тягові якості трактора. Вісник ХДТУСГ: зб. наук. пр. Харків, 2004. Вип. 29. С. 91–97.

2. Макаренко М. Г., Алієв Р. Е. Удосконалення ходової системи трактора ХТЗ-170 як засіб покращення його тягових характеристик. Технічний прогрес в АПК: матеріали XX Міжнар. наук.-практ. конф., 21–22 трав. 2025 р. Харків: ДБТУ, 2025. С. 103–105.

3. Макаренко М. Г., Алієв Р. Е. Підвищення тягово-динамічних характеристик трактора ХТЗ-170 модернізацією ходової частини. Молодь і індустрія 4.0 в XXI столітті: матеріали XXI Міжнар. форуму молоді, 10–11 квіт. 2025 р. Харків: ДБТУ, 2025. С. 3–4.

4. Макаренко М. Г., Калашник Є. А. Роль інформаційних технологій у вдосконаленні функціональних можливостей блочно-модульних тракторів. Технічний прогрес в АПВ: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., 21–22 трав. 2024 р. Харків: ДБТУ, 2024. С. 67–68.

5. Макаренко М. Г., Пиріжок В. І. Використання штучного інтелекту у вбудовуваних системах сільськогосподарських тракторів. Молодь і індустрія 4.0 в XXI столітті: матеріали XX Міжнар. форуму молоді, 4–5 квіт. 2024 р. Харків: ДБТУ, 2024. С. 192.

6. Макаренко М. Г., Шевченко І. О., Щербінський І. О. Використання алгоритмів штучного інтелекту та машинного навчання для підвищення ефективності експлуатації тракторів при паралельному водінні. Інжиніринг технологій і технічних систем агропромислового комплексу: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф. Дніпро, 2024.

7. Макаренко М. Г., Калашник Є. А. Інтелектуалізація керування МТА для зменшення людського фактора шляхом застосування цифрового двійника. Молодь і технічний прогрес в АПК: матеріали XX Міжнар. наук.-практ. конф., 26–27 листоп. 2025 р. Харків: ДБТУ, 2025. С. 32–35.

8. Wong J. Y. Theory of Ground Vehicles. 4th ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2008. 592 p.

9. Zoz F. M., Grisso R. D. Traction and Tractor Performance. ASAE Distinguished Lecture Series. Tractor Design No. 27. St. Joseph, MI: American Society of Agricultural Engineers, 2003.

10. ISO 11783-1:2017. Tractors and machinery for agriculture and forestry — Serial control and communications data network — Part 1: General standard for mobile data communication. Geneva: International Organization for Standardization, 2017.

УДК 631.372

ПІДВИЩЕННЯ ТЯГОВО-ЗЧІПНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОЛІСНОГО ТРАКТОРА КЛАСУ 1,4 ЗА РАХУНОК ВСТАНОВЛЕННЯ ДОДАТКОВОГО ВЕДУЧОГО МОСТУ

Поляшенко С.О. к.т.н., доцент, Вовк І.О., Доля М.І., здобувачі ВО

Державний біотехнологічний університет

Розглянуті шляхи підвищення тягово-зчіпних властивостей колісного трактора класу 1,4 та зниження техногенного впливу на ґрунт за рахунок установки додаткового ведучого мосту

В даний час для підвищення ефективності використання машинно-тракторних агрегатів (МТА) знаходять застосування комбіновані агрегати, а також агрегати з великою шириною захоплення. Даний напрямок дозволяє підвищити продуктивність МТА і знизити техногенний вплив на ґрунт за рахунок зниження числа проходів по полю. Поряд з цим, зазначені способи підвищення ефективності використання МТА спричиняють збільшення його ваги. При виконанні сільськогосподарських робіт, коли агрегат знаходиться в робочому положенні, основна його вага припадає на опорні колеса трактора, а при переїздах, зміні напрямку руху, тобто коли машина знаходиться в транспортному положенні, вага машини розподіляється в основному на ведучий міст. У цьому випадку виникає момент, що прагне перевернути трактор щодо точки опори задніх коліс. Таким чином, збільшення ваги, що припадає на керований міст, викликає додатковий техногенний вплив на ґрунт. Для усунення цього недоліку пропонується встановити додатковий пристрій, що дозволяє змінювати зчіпну вагу, що припадає на ведучий міст у робочому і транспортному положенні [1,2].

З метою підвищення ефективності використання колісних тракторів необхідно підвищити тягово-зчіпні властивості з одночасним зниженням техногенного впливу на грунт. Питання підвищення тягово-зчіпних властивостей і зниження техногенного на грунт колісних тракторів присвячено ряд робіт вітчизняних і зарубіжних учених. Аналіз зазначених досліджень показав, що одним із способів поліпшення ефективності використання колісних тракторів класу 1,4 на основних сільськогосподарських роботах є підвищення їх тягово-зчіпних властивостей за рахунок установки додаткового ведучого мосту.

Встановлення додаткового ведучого мосту на колісний трактор класу 1,4 і перерозподіл зчіпної ваги підвищує тягове зусилля трактора в порівнянні з серійним колісним неповнопривідним трактором. Встановлено, що дотична сила тяги, що розвивається трактором з додатковим провідним мостом, на 21,5 - 26,4% вище порівняно із серійним залежно від ґрунтового фону, яким рухається трактор.

Висновки: Встановлення додаткового моста в ходову систему трактора дозволяє зменшити величину буксування на 53% і підвищує тягову потужність на 15,4% порівняно з серійним.

Використання трактора з додатковим провідним мостом і змінною зчіпною вагою підвищує продуктивність за годину основного робочого часу на прикочуванні на 28,3%, на культивації – 27,2%, боронуванні – 27,1%,

знижує витрату палива на одиницю обробленої площі відповідно на 14,4%, 12,1% та 8,3% порівняно з серійним.

Отримані експериментальні залежності дозволяють скоротити витрати часу та матеріальні засоби при конструюванні, вдосконаленні та доопрацюванні тракторів класу 1,4 з додатковим ведучим мостом.

Список використаних джерел

1. Кузнецов Е.Е. Дополнительные догружающие устройства в ходовой системе тракторов // Сельский механизатор. – 2015, № 10. – С. 9-11.

2. Щитов С.В., Поликутина Е.С. Кузнецов Е.Е. Пути и методы оптимизации тягово-сцепных свойств энергетического средства // Техника и оборудование для села. – 2015, № 8. – С. 26-27.

3. Поляшенко С.О., Опришко В.М.,Підвищення тягово-зчіпних властивостей колісного трактора класу 1,4 шляхом встановлення в трансмісію трактора пружнодемпфіючого механізму // Технічний прогрес в АПК: матеріали XX міжнародної науково-практичної конференції, 21-22 травня 2025 року / Державний біотехнологічний університет. Харків, 2025. с. 90-92.

4. Поляшенко С.О. Підвищення ефективності використання тракторно-транспортного агрегату // Технічний прогрес в АПВ: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції, 9-10 травня 2023 року / Державний біотехнологічний університет. Харків, 2023. с.45-47.

5. Increasing the Efficiency of Transport and Technological Complexes Used in Crop Harvesting/ S. V. Shchitov, Z. F. Krivuca, Yu. B. Kurkov, A. V. Burmaga, E. E. Kuznetsov, O. P. Mitrokhina, E. V. Popova// Journal of Engineering and Applied Sciences, Year: 2018, Voiume:13, Issue:16.DOL:10.3923 / jeasci. 2018.6512.65.

УДК 631.37

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ПРИВОДУ ДОДАТКОВОГО ВЕДУЧОГО МОСТУ ТРАКТОРА ТА ПРИЧЕПА

Поляшенко С.О. к.т.н., доцент, Вовк І.О., Доля М.І., здобувачі ВО

Державний біотехнологічний університет

Розглядається питання обґрунтування перерозподілу зчіпної ваги між рушіями однієї осі в ходовій системі мобільних енергетичних засобів з використанням причепа з активним провідним мостом за рахунок роботи пристрою міжколесного регулятора власного навантаження

У сільськогосподарському виробництві на внутрішньогосподарських перевезеннях та технології обробітку с. г. культур великий обсяг посідає частку колісних енергетичних засобів класу 1,4. Це пов’язано з тим, що транспортування сільськогосподарської продукції відбувається у складних грунтово-кліматичних умовах. Навесні та восени це підвищена вологість ґрунту, а в зимовий період – зледеніння доріг та снігові замети. Поряд із цим специфічні особливості вирощування сільськогосподарських культур визначають застосування саме енергетичних засобів цього класу. У зв'язку з цим питання підвищення тягово-зчіпних властивостей колісних енергетичних засобів класу 1,4 в умовах є актуальним.

Найчастіше задіяні енергонасичені колісні трактори класу 1,4. У той самий час понад 70% тракторів цього класу мають колісну формулу 4к2. У тракторів цього класу тягово-зчіпна вага використовується не повністю.

Для підвищення тягово-зчіпних властивостей даних тракторів пропонується частину ваги, що припадає на передній міст, передати на ведучий і тим самим підвищити тягово-зчіпні властивості. При використанні тракторів даного класу в КФГ на них, як правило, встановлюється додаткове робоче обладнання для допоміжних робіт, що у свою чергу ускладнює управління даними тракторами. Тому питання перерозподілу зчіпної ваги між керованими колесами та ведучими дуже актуальне. Поряд із цим перерозподіл зчіпної ваги на задні ведучі колеса обмежений допустимими навантаженнями на шини.

В даний час при розрахунку силових передач застосовується системний підхід, що ґрунтується на принципах теорії силового потоку (СП). Сутність цієї теорії полягає в тому, що будь-який потік енергії, який передається в одиницю часу (потужний потік) від джерела енергії (двигуна) до споживача (трансмісії), характеризується двома основними величинами – швидкісним та силовим факторами. Будь-яка система, що передає енергію, володіє двома властивостями і складається з тих, що передаючих і перетворюючих пристроїв.

В основі теорії силового потоку лежать два основні принципи:

– перший принцип стверджує, що сума потужнісних факторів всіх абсолютних та відносних потоків вузлової точки дорівнює нулю [1]

$$\sum_{к=1}^{n} q_к \cdot u_к + \sum_{p=1}^{m} N_p = 0, \quad (1)$$

– другий принцип стверджує, що сума силових факторів од- нородних потоків вузлової точки дорівнює

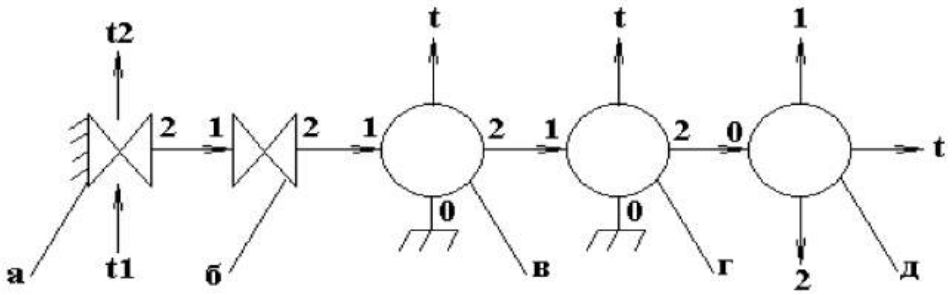
$$\sum_{к=1}^{n} q = 0. \quad (2)$$

Формула (1) показує, що перший принцип виражає закон збереження енергії перетворюючого пристрою, тобто вузловий точки.

Рівняння (2) називають рівнянням рівноваги вузловий точки.

Схему СП для приводу додаткового моста ведучого трактора можна представити наступним чином (рис. 1).

У запропонованій схемі силового потоку величина потужності фактора позитивна, а, отже, силові та швидкісні фактори повинні бути позитивними. З урахуванням вищевикладеного можна розрахувати передатне ставлення. Крутний момент на додатковий провідний міст трактора передається від коробки і редуктора через ланцюгову передачу. Проведені розрахунки показали, що для забезпечення необхідного передатного відношення число зубів провідної зірочки має бути z = 16, а веденої z = 18.



а – двигун трактора; б – муфта; в – коробка передач із редуктором; г – ланцюгова передача; д – головна передача (диференціал) додаткового моста; о – корпусні деталі; t – втрати; 1 – вхід; 2 – вихід

Рис. 1. Схема силового потоку

Під час руху тракторних поїздів включення ведучого моста причепа доцільно проводити лише за підвищення буксування провідних коліс трактора. З цією метою пропонується включити в елементи трансмісії причепа обгінну муфту.

Висновки: Застосування обгінної муфти дозволяє автоматизувати процес включення та вимкнення ведучого моста причепа та виключити циркуляцію паразитної потужності між провідними мостами трактора та причепа. Увімкнення обгінної муфти в трансмісії причепа відбувається при буксуванні ведучих коліс трактора $\delta > 5\%$. Це дозволяє знизити витрати потужності на привід причепа при нормальному буксуванні провідних коліс трактора.

Список використаних джерел

1. Increasing the Efficiency of Transport and Technological Complexes Used in Crop Harvesting/ S. V. Shchitov, Z. F. Krivuca, Yu. B. Kurkov, A. V. Burmaga, E. E. Kuznetsov, O. P. Mitrokhina, E. V. Popova// Journal of Engineering and Applied Sciences, Year: 2018, Voiume:13, Issue:16.DOL:10.3923 / jeasci. 2018.6512.65.

2. Поляшенко С.О., Єсіпов О.В. Дослідження стійкості руху двовісного причепа при роботі з бурякозбиральним комбайном // Зб. наук. пр., Вісник ХНТУСГ // «Механізація сільськогосподарського виробництва» Харків: ХНТУСГ, 2018. Вип. № 190 .

3. А.В. Ворохобин Результаты исследований усовершенствованной конструкции тягово-сцепного устройства трактора // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2016. – № 4 (51) с.129-139.

4. Поляшенко С.О., Єсіпов О.В Досліджння малих коливань одновісного причепа // Зб. наук. пр., Вісник ХНТУСГ// «Механізація сільськогосподарського виробництва» Харків: ХНТУСГ, – 2016 Вип. № 169 с.150-156.

5. Є.І. Калінін, М.Л. Шуляк, Поляшенко С.О. Дослідження горизонтально- поперечних коливань напівпричепу // Зб. наук. пр. Вісник ХНТУСГ// «Механізація сільськогосподарського виробництва» Харків: ХНТУСГ, –2016. – Вип. 169

6. Поляшенко С.О., Опришко В.М.,Підвищення тягово-зчіпних властивостей колісного трактора класу 1,4 шляхом встановлення в трансмісію трактора пружнодемпфіючого механізму // Технічний прогрес в АПК: матеріали XX міжнародної науково-практичної конференції, 21-22 травня 2025 року / Державний біотехнологічний університет. Харків, 2025. с. 90-92.

7. Поляшенко С.О. Підвищення ефективності використання тракторно-транспортного агрегату // Технічний прогрес в АПВ: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції, 9-10 травня 2023 року / Державний біотехнологічний університет. Харків, 2023. с.45-47.

УДК 631.37

ПІДВИЩЕННЯ ПОЗДОВЖНЬО-ПОПЕРЕЧНОЇ СТІЙКОСТІ МОБІЛЬНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ЗАСОБІВ ЗА РАХУНОК ВСТАНОВЛЕННЯ МІЖКОЛІСНОГО СТАБІЛІЗАТОРА ХОДОВОЇ СИСТЕМИ

Поляшенко С.О. к.т.н., доцент, Мартишко С.В., Скоморохін В.І., здобувачі ВО

Державний біотехнологічний університет

Розглянуто вплив пристрою для коригування зчіпної ваги – стабілізатора поздовжньої стійкості з притискно-розвантажувальним механізмом на конструктивно-режимні параметри колісного трактора класу 1,4 та наведені результати порівняльних господарських випробувань

Одним з важливих експлуатаційних показників прохідності МЕС є поздовжньо-поперечна стійкість, що дозволяє проводити роботи на полях з високими кутами схилу без перекидання. Основним критерієм, що впливає на поздовжньо-поперечну стійкість, є величина нормальної реакції грунту на рушії МЕС, розташовані на стороні, протилежній перекиданню.

Поздовжнє перекидання відбувається у двох випадках:

– при підйомі перекидання відбувається, коли передні колеса МЕС повністю розвантажуються і перекидання повністю визначається координатами центру тяжіння;

– при спуску перекидання відбувається при повністю розвантажених задніх колесах МЕС та перекидання повністю визначається координатами центру тяжіння та відстанню між осями передніх та задніх коліс.

Поперечне перекидання настає, коли одна зі сторін повністю розвантажується, тобто відсутня нормальна реакція грунту і повністю визначається шириною колії та вертикальною координатою центру тяжіння.

Одним із методів підвищення продуктивності є збільшення тягово-зчіпних властивостей трактора за рахунок раціонального коригування зчіпної ваги у його ходовій системі при виконанні сільськогосподарських робіт [1-3]. Для коригування пропонується використовувати стабілізатор поздовжньої стійкості з притискно-розвантажувальним механізмом (ПРМ). Стабілізатор поздовжньої стійкості колісного трактора містить тягово-довантажувальний пристрій, що складається з силового гідроциліндра і притискно-розвантажувального механізму, виконаного з трьох плоских пружин ресорного типу, взаємозакріплених через провушину, реактивну тягу, кронштейн з шарніром, встановлений на рамі трактора. При цьому дві пружини встановлені з верхньої та нижньої частини переднього керованого мосту, їх прилеглі закінчення об'єднані через провушини реактивною тягою з гумовими втулками, причому подальше закінчення верхньої пружини з провушиною об'єднано болтовим з'єднанням у вилковому направнику з провушиною встановлюється в косинковому кронштейні з шарніром на рамі трактора, куди також встановлена наступна провушина нижньої плоскої пружини.

При необхідності перерозподілу навантаження з його переднього керованого моста на задній ведучий міст оператором трактора також включається гідророзподільник і подається гідрорідина на силовий гідроциліндр, робочий шток якого при засуванні через вилковий направник повертає ПРМ на шарнірі, збільшуючи навантаження на нижній плоскій частині власного навантаження трактора через ПРМ його задній ведучий міст.

Висновки: Результати порівняльних господарських випробувань показують, що використання трактора класу 1,4 колісної формули 4к2 з ПРМ дозволило підвищити продуктивність за годину основного робочого часу та знизити витрати пального на одиницю обробленої площі порівняно з серійним трактором при боронуванні, суцільній культивації та прикочуванні.

Використання трактора з притискно-розвантажувальним механізмом на прикочуванні дозволило підвищити продуктивність за годину основного робочого часу на 5,2% та знизити витрати пального на одиницю обробленої площі на 15,6%.

Список використаних джерел

1. Кузнецов Е.Е. Дополнительные догружающие устройства в ходовой системе тракторов // Сельский механизатор. – 2015, № 10. – С. 9-11.

2. Щитов С.В., Поликутина Е.С. Кузнецов Е.Е. Пути и методы оптимизации тягово-сцепных свойств энергетического средства // Техника и оборудование для села. – 2015, № 8. – С. 26-27.

3. Поляшенко С.О., Опришко В.М.,Підвищення тягово-зчіпних властивостей колісного трактора класу 1,4 шляхом встановлення в трансмісію трактора пружнодемпфіючого механізму // Технічний прогрес в АПК: матеріали XX міжнародної науково-практичної конференції, 21-22 травня 2025 року / Державний біотехнологічний університет. Харків, 2025. с. 90-92.

4. Поляшенко С.О. Підвищення ефективності використання тракторно-транспортного агрегату // Технічний прогрес в АПВ: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції, 9-10 травня 2023 року / Державний біотехнологічний університет. Харків, 2023. с.45-47.

УДК 636.083

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ КОЛІСНОГО ТРАКТОРА КЛАСУ 1,4 НА ТРАНСПОРТНИХ РОБОТАХ ЗА РАХУНОК ЗМЕНШЕННЯ ТЯГОВОГО ОПОРУ ПРИЧЕПА

Поляшенко С.О. к.т.н., доцент, Доля М.І., Вовк І.О., здобувачі ВО

Державний біотехнологічний університет

Запропоновано для забезпечення плавного розгону агрегату встановлювати в трансмісію трактора пружнодемпфуючий механізм зі змінною жорсткістю, внаслідок чого зменшується напруженість процесу розгону.

Основу тракторного парку України складають універсальні просапні колісні трактори класу 1,4 (понад 60%). Як показали дослідження, значна частина (25 – 60%) виконуваних ними робіт припадає на транспортні внутрішньогосподарські перевезення, що проводяться на полях, бездоріжжям і на поганих ґрунтових дорогах, що в зрештою знижує ефективність їх використання на транспортних роботах Одним із перспективних напрямів підвищення ефективності їх застосування на транспортних роботах є покращення тягово-зчіпних властивостей за рахунок збільшення зчіпного ваги.

Підвищенню ефективності використання колісних тракторів на транспортних роботах присвячено багато робіт. Результати даних досліджень дозволили намітити шляхи підвищення тягово-зчіпних властивостей, зниження техногенного впливу на ґрунт. рушіїв енергетичних засобів, покращення ефективності застосування тракторних транспортних агрегатів Водночас практично не вирішено проблему коригування вертикальних навантажень на провідні колеса трактора в умовах перезволоження верхнього шару ґрунту та наявності твердого підстилаючого шару.

Одним із перспективних напрямків підвищення тягово-зчіпних властивостей колісних тракторів при транспортних роботах є встановлення коректора зчіпної ваги на причіп.

Мета досліджень – підвищення ефективності використання колісного трактора класу 1,4 на транспортних роботах рахунок коригування зчіпної ваги, підвищення продуктивності, поліпшення тягово-зчіпних властивостей та зниження техногенного впливу рушіїв на ґрунт.

З метою автоматичного регулювання зчіпної ваги трактора частина ваги тракторного причепа передається через гідрозбільшувач зчіпної ваги на провідні колеса трактора. Для цієї мети встановимо на причіп додатковий гідроциліндр (коректор зчіпної ваги) між переднім мостом причепа та причіпним пристроєм. Таким чином, створюючи додаткову навантаження на причіпний пристрій можна збільшити зчіпну вагу на провідних колесах трактора. Величина реакції R' залежить від додаткового навантаження, кута та точки додатку додаткового навантаження.

Вплив перерахованих вище параметрів на величину додаткового навантаження на провідні колеса трактора в графічній формі наведено на рисунках 1 і 2.

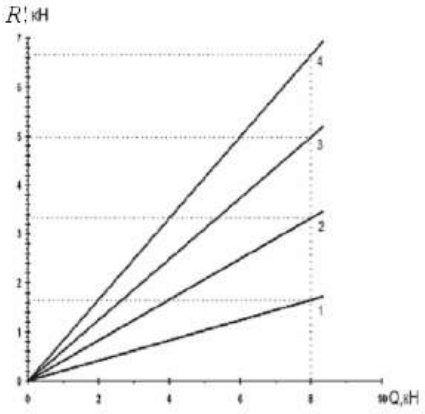


Рисунок – 1 Залежність реакції R' від кута докладання додаткового навантаження 1. α = 30°; 2. α = 15°; 3. α = 10°; 4. α =7°.

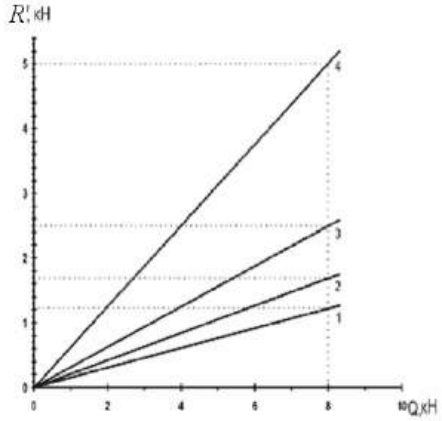


Рисунок – 3 Залежність реакції R' від точки докладання додаткового навантаження 1. *l* = 0,5 м; 2. *l* = 1 м; 3. *l* = 1,5 м; 4. *l* = 2 м.

Таким чином, аналіз отриманих графічних залежностей показує, що значення реакції R' можна збільшити за рахунок зменшення кута та збільшення довжини до точки додатку додаткового навантаження. Для причепа 2ПТС-4 раціональні значення даних параметрів: кут -15 ... 20°, довжина -1,85 м.

Експериментальні дослідження проведено з трактором МТЗ-82 з використанням причепа 2ПТС-4 серійного та з коректором зчіпної ваги. Експериментальні дослідження проводились у реальних умовах експлуатації. Ділянка, що використовується для експериментальних досліджень, горизонтальна з рівним мікрорельєфом. Під час проведення тягових випробувань замірялися такі параметри: тягове зусилля, пройдений шлях, частота обертання провідних коліс, час досвіду

В результаті проведених робіт можна зробити такі висновки:

1. При використанні на транспортних роботах трактора МТЗ - 82 та причепа 2ПТС-4 з коректором зчіпної ваги швидкість руху зросла на 9,3 –20,1%,

продуктивність – на 9,9 – 19,9% та знизилася витрата палива на 1 т×км на 6,5 – 6,8% порівняно з серійним.

2. Використання причепа 2ПТС-4 з коректором зчіпної ваги знижує техногенне вплив на ґрунт транспортного агрегату. Щільність після експериментального проходу транспортного агрегату знизився на 17,7%, твердість ґрунту – на 19,6%, глибина колії – на 12 – 30% проти серійним транспортним агрегатом.

Список використаних джерел

1. Яценко, С.В. Повышение тягово-сцепных свойств колесного трактора на транспортных работах // Матер. VII региональной межвузовской науч.-практ. конф. – Благовещенск: БГПУ, 2006. – С.241 – 242.

2. Поляшенко С.О., Опришко В.М.,Підвищення тягово-зчіпних властивостей колісного трактора класу 1,4 шляхом встановлення в трансмісію трактора пружнодемпфіючого механізму // Технічний прогрес в АПК: матеріали XX міжнародної науково-практичної конференції, 21-22 травня 2025 року / Державний біотехнологічний університет. Харків, 2025. с. 90-92.

3. Поляшенко С.О. Підвищення ефективності використання тракторно-транспортного агрегату // Технічний прогрес в АПВ: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції, 9-10 травня 2023 року / Державний біотехнологічний університет. Харків, 2023. с.45-47.

4. Increasing the Efficiency of Transport and Technological Complexes Used in Crop Harvesting/ S. V. Shchitov, Z. F. Krivuca, Yu. B. Kurkov, A. V. Burmaga, E. E. Kuznetsov, O. P. Mitrokhina, E. V. Popova// Journal of Engineering and Applied Sciences, Year: 2018, Voiume:13, Issue:16.DOL:10.3923 / jeasci. 2018.6512.65.

УДК 636.083

ПІДВИЩЕННЯ ТЯГОВО-ЗЧІПНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ КОЛІСНОГО ТРАКТОРА КЛАСУ 1,4 ШЛЯХОМ ВСТАНОВЛЕННЯ В ТРАНСМІСІЮ ТРАКТОРА ПРУЖНОДЕМПФІЮЧОГО МЕХАНІЗМУ

Поляшенко С.О. к.т.н., доцент, Скоморохін В.І., Мартишко С.В., здобувачі ВО

Державний біотехнологічний університет

Запропоновано для забезпечення плавного розгону агрегату встановлювати в трансмісію трактора пружнодемпфуючий механізм зі змінною жорсткістю, внаслідок чого зменшується напруженість процесу розгону.

Ефективність агропромислового комплексу значною мірою пов'язана з його оснащеністю високопродуктивною технікою, у тому числі швидкісними енергонасиченими тракторами. Однак для сучасних тракторів у складі сільськогосподарських агрегатів характерно підвищене значення наведених мас, що негативно впливає на характер його розгону. Тому при виконанні сільськогосподарської операції двигун трактора працює з низьким коефіцієнтом

використання потужності, що призводить до зниження продуктивності агрегату та збільшення питомої витрати палива [1]

Застосування швидкісних тракторів у сільськогосподарському виробництві зустрічає ряд труднощів, пов'язаних з не встановившимися процесами при розгоні машинно-тракторних агрегатів (МТА). Виникають значні інерційні навантаження при розгоні призводять до втрат частини потужності двигуна, через що МТА працює з меншою продуктивністю та економічністю. Аналіз опублікованих робіт показав, що на показники розгону впливає жорсткість і демпфуючі властивості трансмісії енергетичних засобів.

Істотний вплив на показники розгону МТА мають жорсткість і демпфуючі властивості трансмісії енергетичного засобу. Аналітичні дослідження математичних моделей сільськогосподарських агрегатів [2] на базі тракторів класу 1,4 показали, що пружнодемпфуючий механізм (ПДМ) у трансмісії енергетичного засобу [2, 3] сприяє покращенню показників розгону МТА. При розгоні МТА на базі енергетичного засобу із серійною трансмісією спостерігається протягом двох секунд суттєве зниження кутової швидкості колінчастого валу двигуна. При розгоні агрегату на базі трактора-макета з пружнодемпфуючим механізмом в трансмісії кутова швидкість колінчастого валу двигуна також знижується, але в порівнянні з серійним енергетичним засобом вона дещо вища (на 12 рад/с). Це тим, що ПДМ сприяє зниженню впливу коливань провідного моменту пружного зв'язку характер роботи двигуна. Тривалість першої фази розгону, при якій настає рівність кутових швидкостей колінчастого валу двигуна та первинного валу коробки передач, для обох варіантів практично однакова - 3,5...4,0 с.

Порівняння отриманих даних повністю підтверджує позитивний вплив пружнодемпфирующего механізму, що встановлюється в трансмісії енергетичного засобу класу 1,4, динамічні показники розгону машинно-тракторного агрегату.

Висновки: Аналіз аналітичних та експериментальних досліджень показує, що при встановленні ПДМ у трансмісію енергетичного засобу порівняно з розгоном серійного агрегату зменшується на 30...47% "викид" моменту двигуна, збільшується мінімальна кутова швидкість колінчастого валу двигуна $\omega_{мін}$ до 15%, знижується робота тертя муфти зчеплення. Мінімальна робота тертя муфти зчеплення спостерігається при об'ємі пневмогідроакумулятора $V = (3... 4) \cdot 10^{-3}$ м$^{-3}$ при оптимальному значенні площі перерізу дроселя $f = 3 \cdot 10^{-5}$ м^2.

Список використаних джерел

1. Болтинский, В.Н. Разгон МТА на повышенных скоростях / В.Н. Болтинский // Механизация и электрификация социалистического сельского хозяйства. – 1961. – № 3. – С. 1…8.

2. Кравченко, В.А. Влияние упругодемпфирующего механизма на показатели пахотного агрегата на базе трактора класса 1,4 / В.А. Кравченко, В.В. Дурягина. // Вестник аграрной науки Дона. – 2015. − № 3 (31). С. 13…21.

3. Кравченко, В.А. Повышение эффективности машинно-тракторных агрегатов на базе колёсных тракторов / В.А. Кравченко, В.А. Оберемок, Л.В. Кравченко // Технология колёсных и гусеничных машин. – 2014. − № 6 (16). С. 45…49.

4. Поляшенко С.О., Опришко В.М.,Підвищення тягово-зчіпних властивостей колісного трактора класу 1,4 шляхом встановлення в трансмісію трактора пружнодемпфіючого механізму // Технічний прогрес в АПК: матеріали XX міжнародної науково-практичної конференції, 21-22 травня 2025 року / Державний біотехнологічний університет. Харків, 2025. с. 90-92.

5. Поляшенко С.О. Підвищення ефективності використання тракторно-транспортного агрегату // Технічний прогрес в АПВ: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції, 9-10 травня 2023 року / Державний біотехнологічний університет. Харків, 2023. с.45-47.

6. Increasing the Efficiency of Transport and Technological Complexes Used in Crop Harvesting/ S. V. Shchitov, Z. F. Krivuca, Yu. B. Kurkov, A. V. Burmaga, E. E. Kuznetsov, O. P. Mitrokhina, E. V. Popova// Journal of Engineering and Applied Sciences, Year: 2018, Voiume:13, Issue:16.DOL:10.3923 / jeasci. 2018.6512.65.

УДК 614.8

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОЛІСНОГО ЕНЕРГЕТИЧНОГО ЗАСОБУ У ПЕРІОД ПРОВЕДЕННЯ РАННЬОВЕСНЯНИХ ПОЛЬОВИХ РОБІТ

Поляшенко С.О. к.т.н., доцент, Голод К.О., здобувач ВО

Державний біотехнологічний університет

Запропоновано методологічне обґрунтування та сформовано конструкцію фронтально агрегатованого пристрою, призначеного для проведення пунктирного щілини у складі МТА, що сприяє перерозподілу навантаження між мостами енергетичного засобу, підвищенню тягово-зчіпних властивостей трактора та зниженню техногенного впливу його ходової системи на оброблювані ґрунти.

В останні роки на території України, з метою підвищення ефективності використання колісних енергетичних засобів на польових роботах в умовах перезволоження несучого ґрунтового шару, що характерно переважно для регіонів в північній та західній частинах країни, а також у заплавах річок, у весняний період, все частіше застосовуються багатоопераційні комбіновані ґрунтообробні машини, що мають високу енергоозброєність та продуктивність. В цей період виникає необхідність зменшення вологи в родючому шарі, ефективним способом є застосування машин, робота яких спрямована на поліпшення водопроникності в підґрунтові горизонти при одночасному зниженні переущільнення ґрунтів і руйнування плужної підошви, що дозволить підвищити як тягово-зчіпні властивості енергетичних засобів. врожайності та збільшення валових зборів сільськогосподарських культур.

Водночас застосування сучасних високоінтенсивних технологій рослинництва неможливе без використання енергетичних засобів роздільно-агрегатного компонування тягового класу 3-5 із високими тягово-зчіпними властивостями у складі машинно-тракторних агрегатів (МТА). Маючи низку переваг, ці колісні енергетичні засоби мають і ряд недоліків, зокрема: через велику вагу передньої напіврами колісного трактора та встановлених на ній агрегатів, негативно впливають на фізико-механічні характеристики ґрунту, збільшується глибина колії та знижується якість проведення польових робіт. У той же час задні ведучі колеса напіврамного трактора, проходячи по сліду руху переднього моста, у ланці «рушій-ґрунт» під впливом знижених сил тертя знаходяться в менш вигідних умовах за зчіпними якостями, що також зменшує їх тягово-зчіпні властивості, при цьому задні ведучі рушії не можуть реалізувати в повному обсязі. Тому дослідження, спрямовані на підвищення ефективності використання колісних енергетичних засобів на польових роботах, є актуальними.

У зв'язку з чим, на підставі аналізу робіт і ступеня опрацьованості теми пропонується для цілей підвищення ефективності використання колісних енергетичних засобів при підготовці грунту під посів встановити на передній рамі і силовому бампері трактора грунтообробний пристрій оригінальної конструкції - фронтальний проколювач-щілеріз, який має можливість перерозподілу маси в ходовій системі агрегату переущільнення і одночасного проведення проколювання верхнього ґрунтового шару на необхідну глибину для поліпшення фільтрації вологи по глибині ґрунту при надмірній вологості.

Висновки: Аналізуючи отримані в результаті проведення експериментальні дослідження показали, що установка на трактор проколювача-щілеріза підвищило величину буксування з 13,3% до 15,5% і знизило швидкість руху з 9,2 км/год до 7,8 км/год при тяговому зусиллі. При роботі МТА (трактор + пристрій + дискатор) зміна величини буксування та швидкості руху відповідно склала з 13,1 % до 14,8 % та з 8,2 км/год до 7,6 км/год, сталося зниження продуктивності експериментального МТА порівняно з серійним у годину часу руху та в годину основного робочого часу відповідно з 3,96 га/год до 3,91 га/год та з 3,37 га/год до 3,33 га/год. Використання МТА з фронтальним проколювачем-щілерізом дозволить отримати економію енерговитрат на польових роботах у розмірі 1841,53 МДЖ/га.

Список використаних джерел

1. Surin R.O. Raising the efficiency of using tillage machines based on a semi-frame tractor / R.O. Surin [and others] // Modernization, Innovations, Progress: Advanced Technologies in Material Science, Mechanical and Automation Engineering (MIP: Engineering-IV) AIP Conf. Proc. 3021, 010001 (2024). Volume 3021, Issue 1 (29 March 2024). p.7 https://doi.org/10.1063/5.0196715https://pubs.aip.org/aip/acp/issue/3021/1

2. Surin R.O. Application of multi-criteria in the selection of running systems for regional use of tractors in agriculture / R.O. Surin [and others] // E3S Web of Conf.

Volume 381, 01032 (2023). International Scientific and Practical Conference «Development and Modern Problems of Aquaculture» (AQUACULTURE 2022). - 1,72 Мб doi.org/10.1051/e3sconf/202338101032.

УДК 631.3

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ГЕЛІОВОДОНАГРІВАЧА У ТВАРИННИЦЬКОМУ ПРИМІЩЕННІ

Поляшенко С.О. к.т.н., доцент, Шевченко А.І., здобувач ВО

Державний біотехнологічний університет

Представлено результати досліджень та оптимізації енергетичних та конструктивних параметрів сонячної водонагрівальної установки з урахуванням кліматичних умов та вимог споживача до температури гарячої води та режиму її використання

В даний час для обігріву та гарячого водопостачання в сільськогосподарському виробництві все частіше використовуються геліоводонагрівачі – сонячні водонагрівальні установки (СВУ) [1, 2]. Вибір оптимального кута орієнтації СВУ у системах сонячного водонагріву має більше практичне значення. Правильно розташувавши СВУ, можливо отримати додаткову кількість енергії, тим самим підвищити його К.К.Д. та ефективність використання [3, 4]. Є кілька методик розрахунку оптимальної орієнтації СВУ на різних географічних широтах [5], проте практичних рекомендацій та розрахунків для орієнтування СВУ в широтах (50 – 70 °) немає. Крім того, цікавить порівняння характеристик роботи нерухомих СВУ при різних кутах їх орієнтації, з геліосистемою, яка стежить за сонцем.

Розрахунок кута орієнтації СВУ провели на підставі даних актинометричних станцій, на яких вимірюється пряма сонячна радіація S_n, що надходить на перпендикулярну до сонячних променів поверхню, розсіяна радіація D, а також пряма S_r та сумарна Q сонячна радіація, що надходить на горизонтальну поверхню. З численних методик розрахунку оптимального кута орієнтації геліоприймачів найбільш цікава методика Головної геофізичної обсерваторії ім. А. Воєйкова та метод Лю та Джордана. У першому випадку розрахунок проводять тільки за даними про пряму сонячну радіацію, у другому - за сумарною сонячною радіацією. Використовуючи обидва методи, можна визначити кількість радіації, що надходить на похилу поверхню. Однак кількість енергії, що надходить на СВУ залежить також від поглинальної здатності чорного поглинача та від пропускаючої можливості прозорого покриття (скло), які у свою чергу залежать від кута падіння сонячних променів та визначаються за виразами, представленим у [9].

Головним елементом СВУ є сонячний колектор. Найчастіше в ньому використовуються плоскі колектори, що складаються з пластини-поглинача (абсорбера), на якому сонячна радіація перетворюється на тепло і передається рідини-теплоносію, теплоізольованого по краях та під абсорбером корпусу, який

все це містить. Основна деталь СВУ – поглинач сонячної енергії (абсорбер), який інтегровані мідні трубки (або мідна трубчаста спіраль), якими протікає теплоносій, який сприймає від нього тепло через мідну трубку. На рис. 1 представлена схема теплових потоків через поверхні елементів геліоколектора.

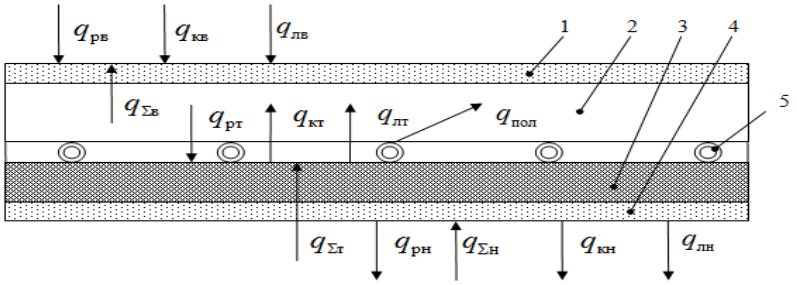


Рис. 1. Схема теплових потоків, що проходять через поверхню елементів колектора: 1 – верхня кришка із світлопрозорого матеріалу; 2 – повітряний прошарок; 3 – абсорбер; 4 – нижня кришка (утеплювач); 5 – мідна трубчаста спіраль $q_{рв}$, $q_{кв}$ … – теплові потоки, що проходять через поверхні елементів колектора (пояснення наведені нижче у тексті).

Тепловий режим в елементах СВУ визначається формою та розмірами його профілю, теплофізичними властивостями складових частин та кліматичними умовами. СВУ представляє складне тверде тіло з поперечними розмірами на порядок, що перевищують його товщину, що дозволяє розглядати процес теплоперенесення в ньому як в нескінченно-протяжної багатошарової плоско-паралельної пластини.

Висновки: Для червня, місяця з найбільшою сонячною інтенсивністю і тривалістю світлового дня, достатньо одного колектора з оптимальними конструктивними параметрами. Перевірка цього припущення показала, що для червня за найгірших кліматичних умов температура води в зоні відбору під час її використання споживачем знаходиться в заданих межах (40-60^{o}C), при цьому вартість СВУ зменшилася на ціну 1-го колектора. Аналогічні дослідження СВУ, проведені за допомогою математичної моделі, показали, що для травня і липня достатньо одного колектора, а в серпні необхідно використовувати два колектори

Список використаних джерел

1. Бровцин В.Н., Эрк А.Ф., Бычкова О.В. Сравнительный анализ энергоэффективности сельскохозяйственных предприятий молочного направления // Механизации и электрификации сельского хозяйства. 2014. №5. с. 22-24.

2. Бровцин В.Н., Эрк А.Ф. Оптимизация параметров солнечной водонагревательной установки методом вычислительного эксперимента. // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. 2013. № 84. с.112-125.

3. Поляшенко С.О., Гендрюк М.М., ПІдвищення ефективності систем гарячого водопостачання тваринницьких об’єктів за рахунок використання

сонячної енергії // Молодь і технічний прогрес в АПВ: матеріали міжнародної науково-практичної конференції, 26-27 листопада 2024 року / Державний біотехнологічний університет. Харків, 2024. с. 90-91.

4. Поляшенко С.О., Гендрюк М.М., Визначення ефективності використання геліоелектричної системи гарячого водопостачання тваринничих об'єктів // Молодь і технічний прогрес в АПВ: матеріали міжнародної науково-практичної конференції, 26-27 листопада 2024 року / Державний біотехнологічний університет. Харків, 2024. с. 92-94.

5. Поляшенко С.О., Шевченко А.І., Підвищення ефективності роботи сонячної водонагрівальної установки у тваринницькому приміщенні // Технічний прогрес в АПК: матеріали XX міжнародної науково-практичної конференції, 21-22 травня 2025 року / Державний біотехнологічний університет. Харків, 2025. с. 94-96.

УДК 631.3, 621.1

ТЕПЛОТЕХНІЧНІ АСПЕКТИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПРОМИСЛОВОГО КОТЛА ALTEP MEGA PELLET 800 КВТ

Українець А. Д. студент, Єсіпов О.В к.т.н

Державний біотехнологічний університет

Метою є розгляд технічних характеристик твердопаливного котла Altep MEGA Pellet 800 кВт. Описано процес автоматизації за допомогою факельного пальника.

Твердопаливний котел Altep MEGA Pellet 800 кВт - це інженерна конструкція, яка належить до класу промислових жаротрубних котлів довготривалого горіння і призначена для роботи в закритих системах централізованого або індивідуального теплопостачання. Промислові опалювальні котли типу MEGA працюють в режимах ручного завантаження палива та автоподачі. Діапазон потужності: 600-1500 кВт. Теплообмінник котла викладено шамотним каменем.

В котел встановлена чавунна колосникова решітка, велика за площею, що забезпечує рівномірне спалювання палива різного рівня вологості. Котли працюють при високому рівні тиску - до 3-х бар, що дозволяє встановлювати обладнання в системах опалення з високим рівнем тиску теплоносія. Температуру в котлі типу MEGA регулює мікропроцесор у вигляді блоку управління з PID. Для переведення котла на роботу в автоматичному режимі подачі палива необхідно додатково встановити дверцята під пелетний пальник, сам пальник та бункер для палива.

Теплообмінник котла має жаротрубну, багатоходову конвекційну структуру. Архітектурно конвекційна частина складається з кількох рядів жарових труб, занурених у водяну сорочку. Гарячі димові гази, покинувши ядро факела, змушені проходити складний звивистий шлях через ці труби. Збільшення довжини аеродинамічного тракту штучно подовжує час контакту газів з

поверхнями нагріву, дозволяючи теплоносію максимально ефективно абсорбувати теплову енергію. Результатом такої архітектури є зниження температури димових газів на виході з котла до економічно обґрунтованих меж (близько 100-180 °С) , що забезпечує стабільний загальний коефіцієнт корисної дії (ККД) котельної установки на рівні понад 86%.

Таблиця 1 - Характеристика твердопаливного котла Altep MEGA Pellet 800 кВт

Конструктивно-технічна характеристика	Специфікація для Altep MEGA 800 кВт
Номінальна теплова потужність	800 кВт
Орієнтовна площа обігріву	до 8000 м²
Номінальний робочий тиск	до 3 бар
Водяна ємність котла (об'єм теплоносія)	2800 л
Суха маса котла (без води та пальника)	5850 кг
Глибина топкової камери	1860 мм
Об'єм топкової камери	2612 - 3010 дм³
Товщина сталі теплообмінника	6–10 мм
Діаметр підключення димоходу	500 мм
Габаритні розміри (Глибина × Ширина × Висота)	3400 мм × 2430 мм × 2870 мм



Рис. 1. - Вигляд промислового котла Alter MEGA Pellet 800 кВт

Перетворення твердопаливного котла Altep MEGA Pellet 800 кВт з режиму ручного завантаження у автоматизовану систему довготривалого горіння здійснюється шляхом інтеграції в його фронтальні дверцята пелетного пальника факельного типу. Це високотехнологічне обладнання, призначене для дозованої подачі палива та максимально ефективного спалювання пелет з деревини або агропелети. Пристрій має функцію автоматичного розпалювання та механізм самоочищення пальника від попелу. Наявність гравітаційного клапана зворотної тяги, датчиків контролю процесу горіння робить експлуатацію пальника зручним та безпечним.

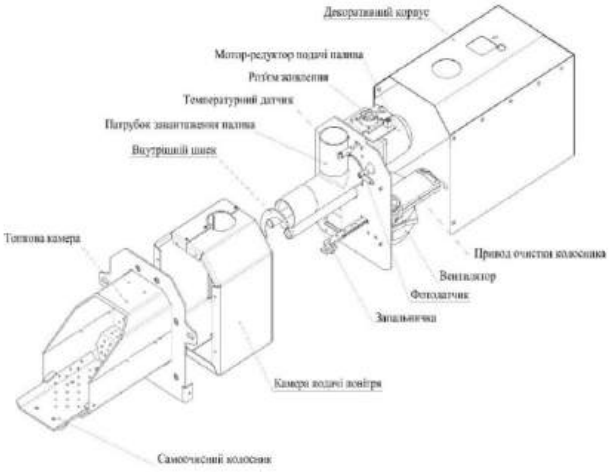


Рис. 2. Пелетний пальник Altep

Фундаментальною перевагою пальника Altep 800 кВт є його здатність до плавної модуляції потужності в діапазоні від 25% до 100% (від 100 кВт до 800 кВт). Це дозволяє котлу не працює в жорсткому режимі "увімкнено-вимкнено", а плавно адаптуватися до реальної потреби об'єкта в теплі (зменшення потужності під час потепління на вулиці або зниження розбору гарячої води на виробництві). Завдяки цьому досягається ККД — понад 94% та мінімізується перевитрата палива.

Список використаних джерел

1. Котел ALTEP MEGA PELLET 800–1500 кВт [Електронний ресурс] // PelletsHome : [сайт]. – URL: https://pelletshome.com.ua/altep-mega-pellet/

2. Котел Альтеп Mega 800 кВт [Електронний ресурс] // Інтернет-магазин «Арма» : [сайт]. – URL: https://arma-lux.com.ua/uk/vse-kotly/kotly-tverdotoplivnye/promyshlennye-tverdotoplivnye-kotly/kotel-altep-mega-800-kvt

3. Купити пелетний пальник факельного типу – ALTEP [Електронний ресурс] // ALTEP : [сайт]. – URL: https://altep.top/ua/accessories/pelletnaya-gorelka-altep

УДК 620.95, 631.17

АНАЛІЗ ПОТЕНЦІАЛУ МІСКАНТУСА ЯК ВІДНОВЛЮВАЛЬНОГО ДЖЕРЕЛА БІОМАСИ ДЛЯ ЕНЕРГЕТИКИ

Українець А. Д. студент, Єсіпов О.В к.т.м

Державний біотехнологічний університет

Метою дослідження є розгляд потенціалу міскантусу гігантського як високоефективної енергетичної культури. Висвітлення перспектив його вирощування на малопродуктивних землях України.

Протягом останніх років ми перестали дивуватися сонячним колекторам для гарячого водопостачання на дахах будинків, гігантським вітрякам чи сонячним панелям для генерації електроенергії, а твердопаливні котли для обігріву приміщень зайняли місце в котельнях підприємств та домогосподарств

поряд з газовими й електричними. Реальною альтернативою викопним копалинам є біомаса. Поряд з ефективним використанням біомаси як вторинної сировини при вирощуванні сільськогосподарських культур особливої уваги заслуговує напрям, пов'язаний з виробництвом твердих видів палива за рахунок вирощування нових видів високопродуктивних багаторічних рослин, що дає змогу гарантовано отримати задану кількість біомаси необхідної якості. Однією з таких рослин є міскантус гігантський (Miscanthus giganteus).

Міскантус — це багаторічна високорослa злакова трава, яка є близьким родичем цукрової тростини, але має низьку концентрацію цукрози в стеблах. Міскантус росте швидко, тонна сухої біомаси цієї рослини може замінити використання понад 500 кубів природного газу. Ця сировина є ефективнішою за дрова, оскільки виділяє на 20% більше тепла при спалюванні. Найчастіше з міскантуса роблять сухі тріски або пелети, а після - застосовують як сировину для виробництва твердого біопалива задля подальшого отримання з нього теплової енергії.

Культура добре адаптована до несприятливих умов вирощування, зокрема на ґрунтах з підвищеним вмістом солей важких металів. Проте, найкращу урожайність він показує на середньощільних ґрунтах із низьким рівнем ґрунтових вод та малим схилом. Завдяки розгалуженій кореневій системі (2.5 метрів вглиб) його можна вирощувати на піщаних і супіщаних ґрунтах. Насіння міскантуса здебільшого стерильне і надзвичайно дрібне, тож розмножується він вегетативно — шляхом висаджування поділеного на частини кореневища із ризомами. Зазвичай, для розмноження міскантуса, викопують одно- та дворічні рослини, восени або рано навесні. Сходить міскантус повільно і нерівномірно, тому важливо провести попередню роботу з контролювання чисельності бур'янів. Міскантус першого року вирощування не збирають: вихід біомаси занадто малий та економічно невигідний, всього в межах 1-2 т/га. Переважно збір йде з третього року (рідко з другого), та в наступні роки.

Однією з ключових характеристик, що роблять міскантус ідеальною енергетичною культурою, є високий вміст целюлози (64–71%) та лігніну, що безпосередньо корелює з його теплотворною здатністю та придатністю для виробництва біопалива другого покоління. Завдяки низькій вологості (до 25%) та високій теплотворній здатності (18 МДж/кг), міскантус є ефективним твердим паливом і цінною лігноцелюлозною основою для синтезу рідких та газоподібних енергоносіїв другого покоління. Оскільки ця культура не є продовольчою, її глибока технологічна переробка дозволяє отримувати широкий спектр екологічних продуктів: від біоетанолу та біогазу до спеціалізованого авіаційного пального. На відміну від деревини, яка потребує тривалого сушіння, біомаса міскантусу, зібрана взимку або ранньою весною, часто готова до переробки без додаткових енерговитрат

Крім прямого спалювання, лігноцелюлозна матриця також є ідеальною сировиною для синтезу рідких та газоподібних палив другого покоління. Глибока технологічна переробка дозволяє отримувати біогаз, біоетанол та екологічно чисте авіаційне паливо.

Під час згорання біомаси міскантусу виділяється менша кількість вуглекислого газу, ніж було його абсорбовано рослинами в процесі фотосинтезу, тому використання біопалива з міскантусу не сприятиме парниковому ефекту. Високий вміст целюлози робить міскантус не лише доброю енергетичною культурою, а й перспективною сировиною для виробництва технічного паперу та екоупаковок, і може частково замінити деревину в паперово-картонній промисловості, бо фізико-хімічні властивості целюлози з міскантусу і деревини є подібними. Біомасу міскантусу використовують для виробництва легкого бетону, будівельних та ізоляційних плит, звукоізоляції, виробів з органічних полімерів, які розкладаються мікроорганізмами, горщиків для розсади овочів та квітів, ниток і волокон високої міцності для автомобільних кузовних деталей.

Незважаючи на перелічені переваги використання біомаси міскантусу і як відновлюваного джерела енергії, і як сировини для виготовлення промислової продукції, в Україні ця рослина у промислових масштабах практично не вирощується. Періодично з'являються відносно невеликі плантації, на яких вирощують «паливо» для забезпечення теплом окремих господарств але практично відсутні великі плантації для забезпечення роботи великих виробництв і, тим більше, для отримання прибутку на продажі біомаси. Це пов'язано з досить великим терміном окупності, який становить 5-7 років.

Список використаних джерел

1. Енергія, що росте з землі: як траву міскантус використовують для опалення замість газу [Електронний ресурс] // Deutsche Welle (DW) : [сайт]. – URL: https://www.dw.com/uk/energia-so-roste-z-zemli-ak-travu-miskantus-vikoristovuut-dla-opalenna-zamist-gazu/a-74558878

2. Міскантус — перспектива для виробництва твердого біопалива [Електронний ресурс] // Пропозиція — Головний журнал з питань агробізнесу : [сайт]. – URL: https://propozitsiya.com/articles/miskan-tus-spek-ty-va-dlya-vy-rob-nytstva-tver-do-ho-biopa-ly-va

3. Міскантус – перспективи і проблеми [Електронний ресурс] // Агроеліта : [аграр. портал]. – URL: https://agroelita.info/miskantus-perspektyvy-i-problemy/

4. Міскантус — цінна енергетична культура [Електронний ресурс] // Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України : [сайт]. – URL: https://bio.gov.ua/uk/bioenergy/news/miskantus-cinna-energetychna-kultura

УДК 921.1

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ АВТОСЕРВІСНОГО ПІДПРИЄМСТВА

Єсіпов О.В., к.т.н., доцент, Майхровський А.В., здобувач вищої освіти

Державний біотехнологічний університет

У сучасних умовах розвитку підприємницької діяльності особливої актуальності набуває питання створення енергоефективних та економічно вигідних об'єктів автосервісного типу. Одним із таких об'єктів є стаціонарна автомийка, яка забезпечує широкий спектр послуг з очищення та догляду за транспортними засобами.

Постійне зростання кількості автомобілів, підвищення вимог до якості обслуговування та збільшення вартості енергоресурсів змушують власників підприємств впроваджувати сучасні технології, що дозволяють зменшити витрати та підвищити ефективність роботи. Бо просто поставити шланг, відро й напис «мийка» вже не виходить. Люди люблять комфорт, швидкість і щоб усе блищало, бажано ще й дешево.

Основною метою даного проєкту є розробка сучасної стаціонарної автомийки з використанням енергоощадних технологій, надійних будівельних конструкцій та ефективних інженерних систем. Проєкт враховує сучасні вимоги до безпеки, довговічності, економічності та екологічності об'єкта. Загальна площа автомийки становить 450 м², з яких основну частину займає виробнича зона з чотирма постами миття автомобілів. Також передбачено адміністративні, побутові та технічні приміщення, необхідні для комфортної та безпечної роботи персоналу.

При розробці конструктивних рішень особливу увагу приділено вибору будівельних матеріалів. Для зведення стін обрано газобетонні блоки, які мають високі теплоізоляційні властивості, невелику вагу та хорошу вогнестійкість. Використання такого матеріалу дозволяє знизити навантаження на фундамент, скоротити витрати на опалення та забезпечити оптимальний мікроклімат у приміщенні. Конструкція підлоги виконана у вигляді багатошарової системи з гідроізоляцією та дренажем, що забезпечує стійкість до вологи, хімічних речовин та механічних навантажень. Для фінішного покриття використовується епоксидний матеріал із протиковзкими властивостями, який витримує значні навантаження та має довгий термін служби.

Покрівля автомийки запроєктована плоскою з внутрішньою системою водовідведення. Для утеплення використано екструдований пінополістирол, який має низьке водопоглинання та високі теплоізоляційні характеристики. Завдяки цьому вдається значно зменшити тепловтрати будівлі та підвищити енергоефективність об'єкта. Крім того, така конструкція дає можливість у майбутньому встановити сонячні панелі для часткового забезпечення автомийки електроенергією. І це вже не просто «модно», а реально вигідно, бо рахунки за світло зараз здатні викликати нервовий тик навіть у дуже спокійної людини.



Рис. 1. План автомийки

Одним із найважливіших елементів проєкту є система опалення та енергозбереження. Для забезпечення теплом обрано сучасний газовий конденсаційний котел із коефіцієнтом корисної дії до 98%. Використання такого обладнання дозволяє суттєво зменшити витрати газу порівняно зі звичайними котлами. Також у виробничій зоні передбачено систему теплої підлоги, яка забезпечує рівномірний обігрів приміщення та комфортні умови праці персоналу. Для автоматизації процесів використовується система диспетчеризації, що контролює споживання електроенергії, температуру, роботу насосів та іншого обладнання.

У системі електропостачання застосовано сучасні LED-світильники, які споживають значно менше електроенергії, ніж традиційні лампи. Для насосного обладнання та компресорів передбачено встановлення частотних перетворювачів, що дозволяє регулювати потужність залежно від фактичного навантаження. Це значно скорочує споживання електроенергії та зменшує експлуатаційні витрати підприємства. Загальна економія від впровадження комплексу енергозберігаючих заходів може становити десятки тисяч гривень на рік.

Окрему увагу приділено системі водопостачання та очищення стічних вод. Автомийка обладнана сучасною системою фільтрації та локальними очисними спорудами, які забезпечують очищення виробничих стоків перед скиданням у каналізацію. Це дозволяє зменшити негативний вплив на навколишнє середовище та відповідати вимогам екологічної безпеки. Крім того, очищена вода може частково використовуватися повторно для технічних потреб підприємства, що додатково знижує витрати водних ресурсів.

Висновок

Отже, розроблений проєкт стаціонарної автомийки є сучасним та ефективним технічним рішенням, яке поєднує енергоефективність, економічність, надійність та екологічну безпеку. Використання сучасних будівельних матеріалів, інженерних систем та енергозберігаючих технологій дозволяє забезпечити стабільну роботу підприємства, скоротити витрати на експлуатацію та створити комфортні умови для персоналу й клієнтів. Реалізація такого проєкту сприятиме розвитку сучасної інфраструктури автосервісу та підвищенню конкурентоспроможності підприємства на ринку послуг.

Список використаних джерел

1. ДБН В.2.2-9:2018 Громадські будівлі та споруди. Київ, 2018.
2. ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція будівель. Київ, 2021.
3. ДБН В.1.2-11:2021 Основні вимоги до будівель і споруд. Київ, 2021.
4. Енергозбереження в автосервісних підприємствах / за ред. О. М. Бондаренка. Київ : Техніка, 2020.
5. Проєктування підприємств автосервісу / В. І. Клименко, П. С. Марченко. Харків : Основа, 2019.
6. Інженерне обладнання будівель / М. В. Савченко. Київ : Ліра-К, 2018.
7. Системи водопостачання та водовідведення / І. О. Ткаченко. Львів: Новий Світ, 2020.
8. Енергоефективні технології в будівництві / С. П. Романюк. Дніпро : Акцент, 2021.
9. Міністерство розвитку громад та територій України. Нормативні документи у сфері будівництва та енергозбереження.
10. Охорона праці в автосервісних підприємствах / А. В. Коваленко. Київ: Центр учбової літератури, 2019.

УДК 629.113

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ АВТОСЕРВІСНИХ ПІДПРИЄМСТВ. МОДУЛЬНА АВТОМИЙКА «ПРОЕКТ МОДЕРНІЗАЦІЇ»

Єсіпов О.В., к.т.н., доцент, Коваленко А.М., здобувач вищої освіти

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Анотація. *У сучасних умовах розвитку автосервісної галузі питання енергозбереження набуває особливої актуальності. Значні витрати електроенергії, теплової енергії та водних ресурсів при експлуатації автомийок потребують впровадження сучасних енергоефективних технологій та конструктивних рішень.*

Раціональне використання енергетичних ресурсів дозволяє зменшити експлуатаційні витрати підприємства, підвищити ефективність роботи обладнання та забезпечити комфортні умови праці персоналу.

У роботі розглянуто проект модернізації модульної автомийки із застосуванням сучасних енергозберігаючих технологій. Основна увага приділена вдосконаленню конструкції будівлі, теплоізоляції, систем освітлення, вентиляції та опалення. Використання модульної конструкції дозволяє значно скоротити терміни монтажу, забезпечує мобільність споруди та можливість її подальшої модернізації.

Будівля автомийки складається з окремих модулів, які з’єднуються між собою герметичними стиками. Каркас виконаний із металевого профілю, що забезпечує високу міцність конструкції та стійкість до механічних навантажень. Для захисту металевих елементів від корозії застосовуються антикорозійні покриття та емалі, що збільшує довговічність споруди.

Для зменшення тепловтрат у конструкції використані сучасні теплоізоляційні матеріали. Підлога утеплюється пінополістирольними плитами, стіни — пінополіуретаном, а покрівля — мінеральною ватою. Таке рішення забезпечує високі теплоізоляційні властивості, знижує втрати тепла та дозволяє скоротити витрати енергії на опалення приміщення.



Рис.1 Загальний вигляд автомийки

Особлива увага приділена системі освітлення. У проекті передбачено використання LED-світильників, які характеризуються низьким рівнем енергоспоживання, тривалим терміном експлуатації та високою ефективністю освітлення. Світлодіодне освітлення забезпечує рівномірне освітлення робочої зони, що позитивно впливає на якість виконання робіт та безпеку персоналу.

Для підтримання необхідного мікроклімату в приміщенні автомийки застосовується припливно-витяжна вентиляція. Система забезпечує постійний обмін повітря, видалення надлишкової вологи та запобігає утворенню конденсату. Використання ефективної вентиляції сприяє покращенню умов праці та підвищує довговічність обладнання.

Система опалення базується на використанні інфрачервоних електричних обігрівачів. Основною перевагою такого способу є нагрівання поверхонь та обладнання безпосередньо, а не повітря в приміщенні. Це дозволяє підтримувати комфортну температуру навіть при частому відкриванні воріт автомийки та зменшує втрати теплової енергії.

Висновок. Використання модульної конструкції разом із сучасними енергоефективними технологіями дозволяє суттєво знизити витрати енергоресурсів, підвищити ефективність роботи автосервісного підприємства та покращити умови експлуатації обладнання. Проект модульної автомийки є перспективним напрямом модернізації автосервісних підприємств та відповідає сучасним вимогам енергозбереження.

Список використаних джерел

1. Бажинов О.В. Технічна експлуатація автомобілів : підручник. – Харків: ХНАДУ, 2020. – 320 с.
2. Кузьмін О.Є. Енергозбереження в автосервісі : навчальний посібник. – Київ : Ліра-К, 2021. – 248 с.
3. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування.
4. ДСТУ Б В.2.6-189:2013 Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель.

5. Сучасні енергоефективні технології в автосервісі // Автошляховик України. – 2023. – №2. – С. 35–39.

УДК 621.311.25

АКТУАЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ВИДІВ ПАЛИВА

Єсіпов О.В., к.т.н., доцент, Слуцький І.К., здобувач вищої освіти

Державний біотехнологічний університет

Актуальність використання альтернативних видів палива у 2026 році зумовлена необхідністю забезпечення енергетичної безпеки, захисту довкілля та декарбонізації економіки. Перехід на такі джерела енергії дозволяє знизити залежність від викопних ресурсів (нафти, газу, вугілля) та зменшити викиди парникових газів.

Альтернативне паливо - це тверде, рідке та газовеподібне паливо, яке є альтернативою (заміною) відповідним традиційним видам палива і яке виробляється (видобувається) з нетрадиційних джерел та видів енергетичної сировини, згідно з Законом України.

Біомаса - невикопна біологічно відновлювана речовина органічного походження, здатна до біологічного розкладу, у вигляді продуктів, відходів та залишків лісового та сільського господарства (рослинництва і тваринництва), рибного господарства і технологічно пов’язаних з ними галузей промисловості, а також складова промислових або побутових відходів, здатна до біологічного розкладу.

Біоетанол - це зневоднений етиловий спирт, отриманий із біомаси (кукурудза, пшениця, цукрова тростина), що використовується як екологічне біопаливо. Він використовується самостійно, або додається до бензину (зазвичай 5-10%) для підвищення октанового числа (до 108). Виробляється переважно ферментацією цукрів.

Біоводень - це екологічно чистий газоподібний енергоносій, що виробляється з біологічної сировини (відходів, водоростей) шляхом біологічних або термохімічних процесів. Це відновлюване паливо з високою енергоефективністю, яке при згорянні утворює лише водяну пару, що робить його ключовим елементом вуглецево-нейтральної енергетики.

Сланцевий газ - це природний газ (переважно метан), що залягає у низькопористих глинистих породах на глибині 1-6 км. Він видобувається нетрадиційними методами, такими як горизонтальне буріння та гідророзрив пласта (фрекінг), що дозволяє вивільнити газ із щільних порід. Україна має значні потенційні запаси, оцінені у 3,6 трлн куб. м.

Біогаз - це екологічно чистий відновлюваний газ, що утворюється внаслідок анаеробного (без кисню) бродіння біомаси чи органічних відходів під дією бактерій. Складається переважно з метану (50-75%) та вуглекислого газу

(25-45%). Використовується для виробництва електроенергії, тепла, а після очищення перетворюється на біометан.

Біометан - це відновлюваний аналог природного газу, який виробляється шляхом очищення біогазу (з відходів агросектору, сміття) до концентрації 95-98% метану. Він повністю взаємозамінний з природним газом, підходить для побутових приладів, транспорту та закачування в газотранспортну систему. Україна активно розвиває цей сектор, маючи значний потенціал для експорту в ЄС.

Біодизель - це екологічно чисте моторне паливо, що отримується з рослинних олій (ріпакова, соняшникова), тваринних жирів або відпрацьованої кулінарної олії шляхом переетерифікації. Воно є відновлюваним аналогом нафтового дизеля, зменшує викиди парникових газів, повністю біорозкладне та сумісне зі звичайними дизельними двигунами.

Гідрогенізована рослинна олія (Hydrotreated Vegetable Oil, HVO) - це сучасне синтетичне біопаливо другого покоління, що виробляється з відновлюваних джерел (рослинні олії, тваринні жири, відходи). Будучи екологічною альтернативою для звичайного дизельного палива, HVO відзначається своєю можливістю зменшувати викиди, водночас залишаючись сумісною з існуючими дизельними двигунами.

LNG (Liquefied Natural Gas) - це зріджений природний газ (ЗПГ), який утворюється після охолодження до температури -162°C. Порівняно зі звичайним природним газом однією з переваг ЗПГ є те, що він має менший об'єм. Це спрощує зберігання та транспортування пального з терміналу ЗПГ до автозаправних станцій. Крім того, це пальне набагато дешевше ніж дизельне.

LPG (Liquefied Petroleum Gas) - це зріджений нафтовий газ, суміш пропану та бутану, яку під тиском переводять у рідкий стан для зручності зберігання та транспортування.

CNG (Compressed Natural Gas, стиснений природний газ) - це екологічно чисте паливо, переважно метан, стиснутий до 200-250 бар, що використовується для двигунів внутрішнього згоряння. Він є безпечнішою та дешевшою альтернативою бензину/дизелю, зменшуючи викиди CO_2.

Висновок. Перехід на альтернативні види палива - це не просто технічна заміна бензину чи вугілля. Це важливий крок для збереження екосистеми нашої планети. Використання альтернативних видів палива дозволить нам значно знизити викиди CO_2 та зупинити незворотні кліматичні зміни.

Список використаних джерел:

1. https://web.uta.com/uk/альтернативні-види-палива
2. https://www.researchgate.net/publication/367919808_Alternativni_vidi_paliva
3. https://uabio.org/news/7609/

УДК 621.311.25

ГЕОТЕРМАЛЬНА ЕНЕРГЕТИКА

Єсіпов О.В., к.т.н., доцент, Кошара В.С., здобувач вищої освіти

Державний біотехнологічний університет

Геотермальна енергетика — це перспективний напрямок «зеленої енергетики», який може забезпечити стабільне та екологічно чисте джерело енергії. Для України розвиток цієї галузі означає зменшення залежності від імпортного палива та інтеграцію у світові тренди сталого розвитку.

Геотермальна енергетика — використання тепла земних надр для виробництва електроенергії та тепла. Вона належить до відновлюваних джерел енергії й допомагає зменшити залежність від викопного палива. Геотермальна енергія – тепло Землі, що утворюється внаслідок розпаду радіоактивних речовин у земній корі та мантії. Геотермальний градієнт: температура зростає на 2,5–3 °C кожні 100 м углиб. Використовується через свердловини, що подають гарячу воду або пару для виробництва електроенергії чи теплопостачання.

Глобальні лідери:

a. Ісландія — понад 25% електроенергії з геотермальних джерел.
b. США, Індонезія, Філіппіни, Китай — великі геотермальні станції.
c. Україна — потенціал у Закарпатті, Криму, Одеській області.

Технології:

d. Геотермальні електростанції (сухий пар, флеш-пар, бінарні цикли).
e. Системи теплових насосів для опалення та охолодження будівель.

Переваги:

f. Відновлюваний та стабільний ресурс.
g. Низькі викиди CO_2.
h. Можливість базового навантаження (працює цілодобово).

Недоліки та виклики:

i. Висока вартість буріння та початкових інвестицій.
j. Географічна обмеженість (ефективно лише в регіонах з високим геотермальним потенціалом).
k. Ризики сейсмічної активності при глибокому бурінні.

Перспективи:

l. Розвиток технологій глибокого буріння.
m. Інтеграція з системами теплових насосів у містах.
n. Зниження залежності від викопного палива.

Геотермальна енергетика стає одним із ключових напрямів сталого розвитку — її потенціал зростає завдяки технологічним інноваціям, екологічним перевагам і соціальним вигодам.

Інновації:

2. Глибоке буріння та розширені геотермальні системи (EGS): дозволяють використовувати тепло навіть у регіонах без природних джерел пари.

3. Гібридні станції: поєднання геотермальної енергії з сонячною або біоенергетикою для підвищення ефективності.

4. Цифровий моніторинг: використання штучного інтелекту для оптимізації роботи свердловин і прогнозування теплових потоків.

5. Малі модульні установки: дають змогу забезпечувати енергією віддалені громади без масштабної інфраструктури.

Висновок. Геотермальна енергетика — найстабільніше джерело серед відновлюваних, доступне 24/7. Інновації роблять її гнучкою та масштабованою, придатною для будь-яких кліматичних зон. Соціальний ефект — зміцнення місцевих громад і створення нових економічних можливостей. Майбутнє галузі — у поєднанні технологій та глобальній співпраці для зменшення вуглецевого сліду.

Список використаних джерел

1. Кудря С. О. Відновлювані джерела енергії. Монографія 2025. — Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАН України, 2025. — 512 с. Джерело — Найактуальніша монографія про геотермальну, вітрову та сонячну енергію в Україні.

2. Міжнародне енергетичне агентство (IEA) The Future of Geothermal Energy - 2024-2026 report. Джерело — Огляд світових інвестицій та технологічних проривів.

3. Geologists.org Геотермальна енергія в Україні – сприяння змінам на краще. (02.05.2026). Джерело — Перспективи розвитку, інноваційні моделювання

4. Словник-довідник з екології (уклад. Лановенко О. Г.) Геотермальна енергетика. Джерело — Термінологія.

УДК 921.1

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ АВТОСЕРВІСНИХ ПІДПРИЄМСТВ (СТАНЦІЯ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ AUTODRIVE PRO)

Єсіпов О.В., к.т.н., доцент, Гаранжа С.В., здобувач вищої освіти

Державний біотехнологічний університет

Анотація. У сучасних умовах зростання вартості енергоресурсів особливого значення набуває впровадження енергоефективних технологій у сфері автосервісу.

Автомайстерні споживають значну кількість електроенергії та тепла через роботу обладнання, вентиляції, освітлення й систем опалення. Тому використання сучасних інженерних рішень та альтернативних джерел енергії дозволяє зменшити витрати підприємства, підвищити його автономність і знизити негативний вплив на навколишнє середовище.

Проєкт автосервісу AutoDrive Pro спрямований на підвищення енергоефективності підприємства та оптимізацію витрат енергоресурсів.

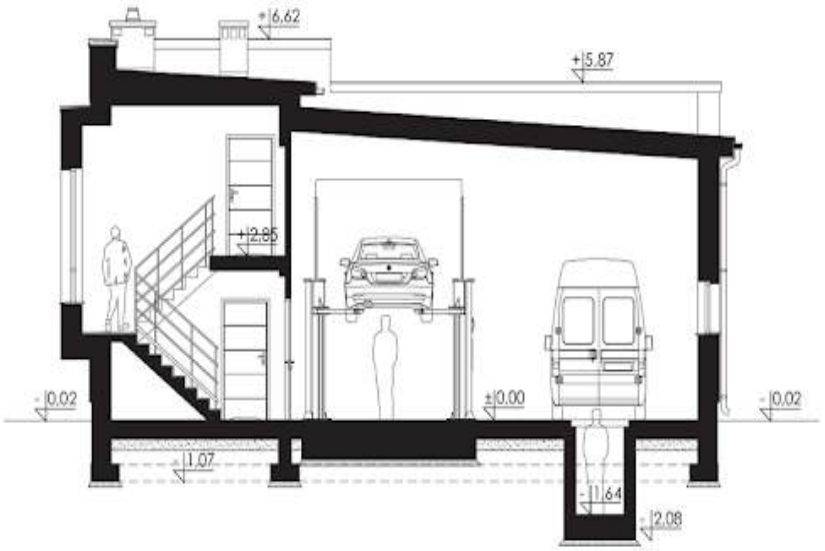


Рис. 1. Схема проекту автосервісу.

Будівля має компактні габарити 13,5 × 9,0 × 6,6 м, що дозволяє раціонально використовувати площу ділянки. Загальна площа автосервісу становить приблизно 120–125 м² та включає ремонтну, адміністративну й побутову зони. Конструкція будівлі виконана за каркасно-стіновою схемою із застосуванням залізобетонних елементів та керамічних блоків.

Для зменшення тепловтрат використовується утеплення пінополістиролом товщиною 200 мм. У проєкті передбачена сучасна припливно-витяжна вентиляція з рекуперацією тепла. Рекуператор дозволяє повторно використовувати тепло витяжного повітря та зменшує енергоспоживання системи опалення.

Опалення будівлі здійснюється комбінованою системою: газовим конденсаційним котлом і тепловим насосом типу «повітря–вода». Додатково використовуються сонячні фотоелектричні панелі потужністю 5–10 кВт. Освітлення приміщень виконується енергоощадними LED-світильниками.

Електропостачання організоване від трифазної мережі 380/220 В із системами автоматичного захисту та заземлення. Планування будівлі забезпечує комфортні та безпечні умови праці персоналу. Реалізація проєкту дозволяє зменшити експлуатаційні витрати, підвищити енергетичну автономність та екологічність підприємства.

Висновок.

Розроблений проєкт автомайстерні AutoDrive Pro відповідає сучасним вимогам енергоефективності, безпеки та функціональності. Використання сучасних матеріалів, комбінованих систем опалення, вентиляції та альтернативних джерел енергії забезпечує економічну доцільність проєкту та створює комфортні умови для роботи автосервісу.

Список використаних джерел

1. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. — Київ : Мінрегіон України, 2021.

2. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. — Київ : Мінрегіон України, 2013.

3. Системи енергозбереження в будівництві : навчальний посібник / О.М. Семко, І.В. Федюк. — Київ : Кондор, 2020.

4. Енергоефективність будівель та інженерних систем : підручник / В.П. Бабак. — Київ : Ліра-К, 2019.

5. Автомобільні сервісні станції та обладнання : навчальний посібник / В.М. Поляков. — Харків : Прапор, 2018.

6. Основи теплотехніки та енергозбереження : підручник / М.М. Жовтянський. — Львів : Новий Світ-2000, 2017.

7. Сучасні системи вентиляції та кондиціонування повітря / С.О. Бойко. — Київ : Основа, 2021.

8. Енергоефективні технології в автосервісі : навчально-методичний посібник / І.В. Коваленко. — Дніпро : Акцент ПП, 2022.

9. https://www.tooba.pl/projekt/TLB-247

УДК 921.1

БУФЕРНА ЄМНІСТЬ - ЯК СКЛАДОВА СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

Єсіпов О.В., к.т.н., доцент, Слуцький І.К., здобувач вищої освіти

Державний біотехнологічний університет

Підвищення ефективності використання теплопостачання є одним із найактуальніших питань для України та світу, що зумовлено необхідністю зменшення енергозалежності, екологічними вимогами та постійним зростанням тарифів. Це комплексний процес, що включає технічні, економічні та організаційні заходи для раціонального використання ресурсів.

Буферна ємність має таку будову: корпус з чорного металу, теплоізоляція, сферичне дно, патрубки підключення, гільзи для термометрів та додаткового обладнання (теплообмінник, вбудований бойлер, патрубки для електричних ТЕНів, ревізійний люк).

Буферна ємність має різні назви: акумулятор тепла, термоакумулятор, буферний бак, акумулюючий бак. Всі ці терміни означають один і той самий пристрій - утеплений металевий бак з водою, який накопичує надлишок тепла від котла і поступово віддає його системі опалення.

Головна мета буферної ємності для твердопаливного котла - дозволити спалювати паливо в оптимальному режимі з максимальним ККД, без примусового переведення в режим тління. Тоді надлишкове тепло “запасається” в буферній ємності та поступово віддається системі опалення.

Буферна ємність для теплового насоса - це не про запас тепла як для твердопаливних котлів, а про захист дорогого компресора від частого вмикання та забезпечення стабільної роботи системи.

Система опалення з теплоаккумулятором, в якій джерелом тепла служить твердопаливна установка, має масу переваг:

1. Підвищення комфортних умов в будинку, оскільки після згоряння палива система опалення продовжує обігрівати будинок гарячою водою з бака.
2. Наявність ємності захищає від закипання і руйнування водяну сорочку котла. Якщо раптово відключили електрику або термостатичні головки, встановлені на радіаторах, перекрили теплоносій через досягнення потрібної температури, то джерело тепла буде вода в баці.
3. Виключена подача холодної води із зворотного трубопроводу в розпечений чавунний теплообмінник після раптового включення циркуляційного насоса.
4. Теплоаккумулятори можуть використовуватися як гідравлічні роздільники в системі опалення. Це робить роботу всіх гілок схеми незалежними, що дає додаткову економію теплової енергії.
5. Буферна ємність забезпечує економію палива до 20–30% за рахунок роботи твердопаливного котла на максимальній потужності (найвищий ККД), накопичуючи зайве тепло. Вона дозволяє рідше завантажувати дрова, стабілізує температуру в домі та захищає систему від перегріву, зберігаючи енергію на 20-25 годин.

Висновок.

Буферна ємність - це не просто додаткове обладнання, а необхідний елемент ефективної системи опалення з твердопаливним котлом. Це обладнання вирішує основну проблему циклічної роботи твердопаливного обладнання, а також підвищує комфорт і безпеку опалення, подовжує термін служби котла і всієї системи, забезпечує стабільну температуру, знижує ризик перегріву котла і дозволяє використовувати тепло максимально раціонально. Буферна ємність виконує різні функції залежно від типу обладнання і потребує індивідуального розрахунку: для теплових насосів це згладжування роботи, для твердопаливних котлів - акумуляція надлишкового тепла.

Список використаних джерел:

1. https://pro-otoplenie.info/rozrahunok-teploakumulyatora-dlya-sistem-opalennya/
2. https://otoplenie-doma.net.ua/ua/yak-vybrat-teploakumulyator
3. https://pro-otoplenie.info/shho-take-buferna-yemnist-teploakumulyator-dlya-opalennya/

УДК 620.952

КОТЕЛ SMART AGRO НА ТЮКАХ КУКУРУДЗИ

Накрапленний О., студент, к.т.н., доцент Єсіпов О.В.

Державний біотехнологічний університет

Анотація: в даній роботі розглядається актуальність використання котла на біомасі (тюках кукурудзи). Проаналізовано конструктивні та експлуатаційні переваги.

“Smart Agro” – це котли, розроблені для спалювання тюкованої соломи потужністю від 400 до 800 кВт. Їх також можна підпалювати деревиною, тріскою, енергетичною вербою, текстильними відходами, тирсою та іншою біомасою.



Рис 1. Котел Smart Agro

Основною сировиною для роботи котла є тюки кукурудзяних стебел, листя та інших післязбиральних решток, які мають достатню теплотворну здатність для забезпечення стабільного процесу горіння.

Використання кукурудзяних тюків дозволяє значно зменшити витрати на традиційні енергоносії, такі як природний газ, вугілля або дрова, що особливо важливо для фермерських господарств та агропідприємств.

Автоматизація роботи котла дозволяє підтримувати необхідний температурний режим у системі опалення та підвищує зручність використання обладнання. Спалювання кукурудзяних залишків сприяє утилізації аграрних відходів, зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище та розвитку відновлюваної енергетики.

Висновок.

Використання котла SMART AGRO на тюках кукурудзи є ефективним рішенням для забезпечення тепловою енергією аграрних підприємств. Застосування рослинних відходів як палива сприяє зменшенню витрат на традиційні енергоносії, підвищенню енергоефективності та раціональному використанню біомаси. Котел забезпечує стабільний процес спалювання, високу

продуктивність і можливість автоматизації роботи. Крім економічних переваг, використання кукурудзяних тюків має екологічне значення, оскільки дозволяє утилізувати післяжнивні залишки та зменшити негативний вплив на довкілля.

Список використаних джерел

1. https://protech.kh.ua/uk/shop/kotel-na-tyukah-solomy-smartagro/

УДК 620.92

ВІДХОДИ КУКУРУДЗИ ЯК ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНЕ ДЖЕРЕЛО ЕНЕРГІЇ

Накрапленний О., студент, Єсіпов О.В. к.т.н., доцент

Державний біотехнологічний університет

Анотація: в даній роботі розглянуто використання відходів кукурудзи в якості відновлювального джерела енергії. Проведено оцінку економічних та екологічних переваг, зроблено висновки щодо використання в м.

Кукурудза – одна з найпоширеніших і найважливіших сільськогосподарських культур у світі, в тому числі й в Україні.

При вирощуванні кукурудзи крім зерна утворюється значна кількість решток (стебла, листя, стрижні качанів, обгортки, тощо). Їх можна збирати та використовувати для різних цілей як агробіомасу, у тому числі для біоенергетики.

Для використання пожнивних решток кукурудзи як біопалива необхідно забезпечити їх збір. Це можливо при застосуванні технологій збирання врожаю, що передбачають завантаження подрібненої листостеблової маси в транспортні засоби або/й стаціонарний обмолот качанів.

Загалом, рештки кукурудзи мають складні паливні властивості, які, однак, кращі, ніж у соломи зернових колосових. При виборі котла для спалювання решток кукурудзи слід враховувати фактичні паливні характеристики кукурудзиння, що постачається, та вимоги виробників котлів.

Основними перевагами використання відходів кукурудзи є: відновлюваність ресурсу; доступність і низька вартість; зменшення обсягів аграрних відходів;

Викиди CO_2 при спалюванні біомаси вважаються умовно нейтральними, а загальне скорочення парникових газів може становити до **80–90 %** порівняно з викопним паливом.



Рис.1 Рештки кукурудзи в якості біопалива

Висновок.

Використання відходів кукурудзи як джерела енергії є економічно доцільним і екологічно безпечним рішенням, що відповідає сучасним тенденціям розвитку енергетики.

Список використаних джерел

1. Гелетуха Г.Г., Желєзна Т.А. ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ЕНЕРГІЇ В УКРАЇНІ

2. Георгій Гелетуха (UABIO) Семен Драгнєв (UABIO) Тетяна Желєзна (UABIO) Маноліс Карампініс (CERTH)Томас Брюнер (BIOS) ЕНЕРГІЯ З РЕШТОК КУКУРУДЗИ

УДК 631.223.3:628.86

ЕФЕКТИВНІСТЬ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ У СВИНАРНИКАХ ТА ЇХ ВПЛИВ НА МІКРОКЛІМАТ ПРИМІЩЕНЬ

Ісагулов І.Д. студент, Єсіпов О. В. к.т.н.

Державний біотехнологічний університет

У роботі розглянуто особливості систем вентиляції у свинарниках та їх вплив на формування оптимального мікроклімату. Проаналізовано основні типи вентиляційних систем, їх переваги та недоліки, а також значення вентиляції для забезпечення продуктивності тварин і зниження енергетичних витрат.

Сучасне свинарство є однією з провідних галузей тваринництва, ефективність якої значною мірою залежить від умов утримання тварин. Одним із найважливіших факторів забезпечення належного мікроклімату у свинарниках є система вентиляції. Вона забезпечує подачу свіжого повітря, видалення надлишкової вологи, шкідливих газів, пилу та підтримання оптимальної температури у приміщенні.

Недостатня вентиляція призводить до накопичення аміаку, вуглекислого газу та сірководню, що негативно впливає на здоров'я тварин і персоналу. Порушення параметрів мікроклімату спричиняє зниження приросту живої маси, погіршення імунітету та збільшення витрат кормів. Особливо чутливими до якості повітря є молодняк і свиноматки.

У сучасних свинарниках застосовують природну, механічну та комбіновану вентиляцію. Природна вентиляція ґрунтується на використанні різниці температур і тиску повітря, однак її ефективність залежить від погодних умов. Механічна вентиляція передбачає використання вентиляторів, повітропроводів та автоматизованих систем керування, що дозволяє підтримувати стабільний мікроклімат незалежно від зовнішніх умов.

Одним із найбільш ефективних рішень є автоматизовані системи вентиляції(рис. 1), які регулюють інтенсивність повітрообміну залежно від температури, вологості та концентрації газів у приміщенні. Використання датчиків і програмованих контролерів дозволяє зменшити енергоспоживання та забезпечити комфортні умови для тварин.

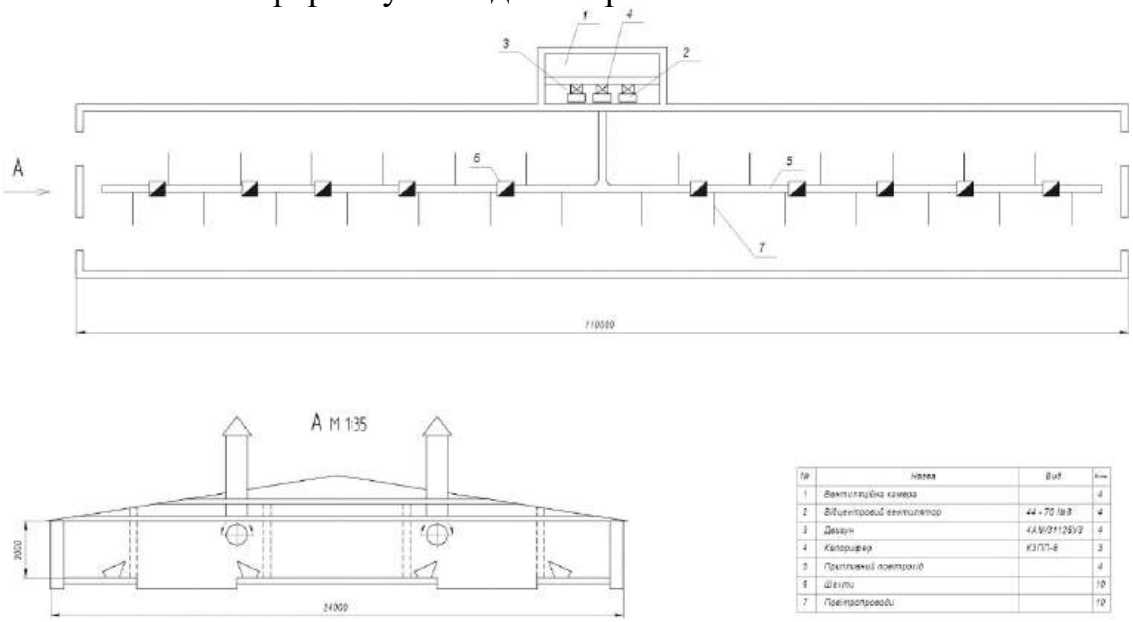


Рис. 1 Система вентиляція

Важливим елементом вентиляційної системи є правильний розрахунок повітрообміну. Для різних вікових груп свиней існують окремі норми подачі свіжого повітря. Наприклад, для поросят необхідно забезпечувати більш теплі умови з помірною інтенсивністю вентиляції, тоді як для відгодівельних свиней допускається більший повітрообмін.

Системи вентиляції також мають важливе енергетичне значення. Використання енергоефективних вентиляторів, рекуператорів тепла та автоматичного керування дозволяє знизити витрати електроенергії. Це є особливо актуальним в умовах зростання цін на енергоресурси та необхідності підвищення економічної ефективності виробництва.

Таким чином, система вентиляції є одним із ключових елементів технології утримання свиней. Від її ефективності залежить не лише продуктивність тварин,

а й санітарно-гігієнічний стан приміщень, економічні показники господарства та енергоефективність виробництва.

Висновок.

Ефективна система вентиляції у свинарнику забезпечує підтримання оптимального мікроклімату, сприяє підвищенню продуктивності тварин та зниженню ризику захворювань. Використання сучасних автоматизованих вентиляційних систем дозволяє покращити енергоефективність виробництва та створити комфортні умови утримання свиней.

Список використаних джерел

1. Бойко Ю. О. Системи мікроклімату у тваринницьких приміщеннях. Київ: Аграрна освіта, 2020. 245 с.
2. Калетнік Г. М. Енергоефективні технології у тваринництві. Вінниця : Нова книга, 2019. 310 с.
3. https://agroexpert.ua/systemy-ventylyacii-u-svynarnykah/

УДК 620.92

ЕКОНОМІЧНО-ТЕХНІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ВЕРБИ

Ісагулов І.Д. студент ,Єсіпов О. В. к.т.н.

Державний біотехнологічний університет

Метою дослідження розглянуто особливості вирощування енергетичної верби як швидкорослої енергетичної культури. Проаналізовано її екологічні, економічні та енергетичні переваги, перспективи використання біомаси для виробництва теплової та електричної енергії. Висвітлено основні технологічні аспекти створення енергетичних плантацій та значення енергетичної верби для розвитку відновлюваної енергетики України.

Глобальна тенденція до переходу на відновлювані джерела енергії ставить перед Україною завдання щодо інтенсифікації вирощування біоенергетичних культур. Енергетична верба (Salix Viminalis) характеризується високим коефіцієнтом перетворення сонячної енергії в біомасу, що робить її ідеальним кандидатом для створення плантацій короткого циклу ротації. Проте, незважаючи на високий потенціал,фактична врожайність часто виявляється нижчою за прогнозовану через недотримання технологічних параметрів при закладанні насаджень та використанні неадаптованої техніки.

Енергетична верба (рис. 1) є однією з найбільш перспективних швидкорослих деревних культур, що використовуються для виробництва біомаси та розвитку відновлюваної енергетики. У сучасних умовах енергетичної нестабільності та зростання вартості традиційних енергоносіїв особливої актуальності набуває пошук альтернативних джерел енергії, серед яких біомаса займає провідне місце. Енергетична верба розглядається як ефективне джерело твердого біопалива, яке може використовуватися для виробництва теплової та електричної енергії.



Рис. 1. Енергетична верба

Основною перевагою енергетичної верби є її висока швидкість росту та значна продуктивність біомаси. За оптимальних умов вирощування врожайність сухої речовини може становити 10–15 т/га на рік, а в окремих випадках досягати і вищих показників. Важливою особливістю є тривалий термін експлуатації плантації, який складає близько 20–25 років, що дозволяє зменшити витрати на повторне закладання насаджень. Після зрізу верба швидко відновлюється (відростає від пня), що забезпечує регулярне отримання врожаю без додаткових витрат на посадковий матеріал.

Енергетична верба має високу адаптивність до різних ґрунтово-кліматичних умов. Вона може вирощуватися на малопродуктивних, деградованих або забруднених землях, що не придатні для традиційного сільського господарства. Це дає можливість ефективно використовувати земельні ресурси без конкуренції з продовольчими культурами. Крім того, верба здатна покращувати фізичні властивості ґрунту, підвищувати його родючість і зменшувати ризик ерозії.

З екологічної точки зору вирощування енергетичної верби має значні переваги. Рослина активно поглинає вуглекислий газ із атмосфери, що сприяє зменшенню парникового ефекту. При спалюванні біомаси вивільняється лише той обсяг CO_2, який був поглинутий під час росту, тому такий процес вважається умовно вуглецево нейтральним. Також верба характеризується низьким рівнем потреби у мінеральних добривах та засобах захисту рослин, що зменшує антропогенний вплив на довкілля.

Технологія вирощування енергетичної верби передбачає створення спеціалізованих плантацій із густотою посадки приблизно 15–20 тисяч рослин на гектар. Збір врожаю здійснюється з періодичністю 2–3 роки залежно від умов вирощування та сорту. Для збирання використовуються спеціалізовані комбайни, які подрібнюють деревину на тріску безпосередньо в полі. Отримана біомаса може бути використана для виробництва теплової енергії в котельнях або як сировина для виготовлення паливних брикетів і пелет.

З економічної точки зору вирощування енергетичної верби є інвестиційно привабливим напрямом. Незважаючи на значні початкові витрати на закладання плантації, у подальшому витрати на догляд є відносно невеликими. Стабільний

попит на біопаливо, зростання цін на традиційні енергоресурси та державна підтримка розвитку відновлюваної енергетики сприяють швидшій окупності таких проєктів. Додатковою перевагою є можливість створення нових робочих місць у сільській місцевості та розвиток місцевої економіки.

Отже, енергетична верба є важливим елементом сучасної біоенергетики, який поєднує екологічні, економічні та енергетичні переваги. Її впровадження сприяє підвищенню енергетичної незалежності, раціональному використанню земельних ресурсів та зниженню негативного впливу на навколишнє середовище. У перспективі розвиток вирощування енергетичної верби може стати одним із ключових напрямів формування сталої енергетичної системи України.

Висновок.

Енергетична верба є ефективною та екологічно безпечною енергетичною культурою, яка має значний потенціал для розвитку біоенергетики України. Її використання дозволяє зменшити залежність від традиційних енергоносіїв, раціонально використовувати малопродуктивні землі та скоротити негативний вплив на навколишнє середовище. Вирощування енергетичної верби сприяє підвищенню енергетичної незалежності держави та розвитку відновлюваної енергетики.

Список використаних джерел

1. Гелетуха Г. Г., Желєзна Т. А. Перспективи вирощування енергетичних культур в Україні. https://etars-journal.org/index.php/journal/article/view/261

2. Калетнік Г. М. Біоенергетика та енергоефективність у сільському господарстві. Вінниця : Нова книга, 2019. 320 с.

3. Погорілий С. П., Присяжний В. Г., Мірний В. Ю. Методика та обладнання для виконання експериментальних досліджень із визначення впливу параметрів технологічних модулів. https://journal.imaap.org.ua/info/index.php?id=704

УДК 629.113.012.5

ТЕХНІЧНІ ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО МОДЕРНІЗАЦІЇ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ ПОВНОПРИВІДНОГО ЛЕГКОВОГО АВТОМОБІЛЯ

Шушляпін С.В. канд. техн. наук, доцент; Тюпа І.В. студент

(ДБТУ, м. Харків, Україна)

Technical solutions for upgrading the gearbox of an all-wheel drive passenger car are proposed, which allow increasing the reliability and fuel efficiency of the car by optimizing the geometric parameters of the gearbox and introducing new materials and tribotechnologies.

1. Актуальність теми досліджень:

Зростання навантажень. Сучасні повнопривідні автомобілі потребують оптимізації трансмісії під високий крутний момент.

Енергоефективність. Зниження механічних втрат у зачепленнях безпосередньо впливає на паливну економічність.

Динамічні показники. Покращення плавності перемикання передач підвищує безпеку руху в складних дорожніх умовах.

2. Аналіз проблеми модернізації коробок передач:

Конструктивні обмеження. Серійні коробки передач мають підвищений рівень шуму при максимальних навантаженнях.

Знос елементів. Найбільш уразливими є підшипники первинного валу та синхронізатори вищих передач.

Розподіл потужності. Наявні схеми інтеграції з роздавальною коробкою збільшують масу агрегату.

3. Мета дослідження:

Оптимізація геометрії. Модернізація зубчастих зачеплень коробки передач для підвищення її надійності та ККД.

4. Технічні пропозиції:

Модифікація профілю. Впровадження поздовжньої та профільної модифікації зубців шестерень.

Оптимізація геометрії зачеплення. Впровадження асиметричного профілю зубців шестерень (робочий кут профілю - 25°, неробочий - 15°) для підвищення навантажувальної здатності переднього ходу на 18 %.

Застосування косозубих передач з оптимізованим кутом нахилу лінії зубців (β=18°…22°) для мінімізації осьових сил на підшипникові вузли.

Впровадження нових матеріалів та триботехнологій. Заміна матеріалу шестерень на низьколеговану сталь 20ХГНМ з наступним іонно-плазмовим азотуванням для створення зносостійкого поверхневого шару завтовшки 0.4…0.6 мм. Нанесення алмазоподібного вуглецевого покриття (DLC) на робочі поверхні валів у зонах встановлення голчастих підшипників для зниження тертя спокою.

Модернізація системи мащення. Інтеграція системи мащення під тиском (з сухим картером) та встановленням індивідуальних форсунок спрямованого впорскування масла безпосередньо в зони зачеплення навантажених пар. Використання магнітних уловлювачів продуктів зносу нової геометрії, інтегрованих у зливні канали картера коробки передач.

Керування та демпфування динамічних навантажень. Впровадження багатоконусних синхронізаторів (дво- та триконусних) на I, II та III передачах для зниження зусилля на перемикання на 30 % та вирівнювання кутових швидкостей. Інтеграція двомасового маховика нової конструкції з маятниковим гасником крутильних коливань для захисту первинного валу від резонансних пікових навантажень двигуна.

Цифровізація та адаптивне керування (для роботизованих/автоматизованих КП). Встановлення датчиків температури та в'язкості масла у критичних точках для адаптації алгоритмів перемикання передач під тепловий стан агрегату. Розробка та впровадження предиктивного

алгоритму керування перемиканням на основі даних про рельєф місцевості (GPS/ADAS) для зменшення кількості циклічних перемикань на 15 %.

Оптимізація підшипників. Застосування конічних роликових підшипників із пониженим коефіцієнтом тертя.

5. Результати та висновки:

Зниження навантажень. Модифікація зубців дозволить знизити контактні напруження на 12 %.

Підвищення ККД. Слід очікувати зниження механічних втрат в трансмісії на 1.5 %.

Ресурс агрегату. Прогнозований термін служби модернізованої коробки передач слід очікувати на рівні 20 %.

Висновок. Запропоновані технічні рішення дозволяють підвищити надійність та паливну економічність повнопривідного легкового автомобіля шляхом оптимізації геометричних параметрів коробки передач і впровадження нових матеріалів та триботехнологій.

Список використаних джерел

1. Леонтьєв Д. М. Трансмісії повнопривідних автомобілів: проектування та розрахунок. Харків: ХНАДУ, 2021. 245 с.

2. Самородов В. Б., Бондаренко О. В. Оптимізація геометрії зубчастих зачеплень автомобільних трансмісій. *Вісник НТУ «ХПІ»*. 2023. № 2 (6). С. 45–52.

3. Кальченко Б. І. Конструювання та розрахунок легкових автомобілів. Київ: Вища школа, 2020. 310 с.

УДК 629.113.012.5

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ФОРСУВАННЯ БЕНЗИНОВОГО ДВИГУНА ЗА ЧАСТОТОЮ ОБЕРТАННЯ КОЛІНЧАСТОГО ВАЛА

Шушляпін С.В. канд. техн. наук, доцент; Христоєв А.В. студент

(ДБТУ, м. Харків, Україна)

The work is devoted to topical issues related to the development of proposals for technical improvement of 4-stroke high-speed gasoline engines in order to increase their energy efficiency. An assessment of the efficiency of boosting an automobile gasoline engine with a working volume of 1.5 liters with an increased crankshaft rotation frequency of up to 7000 min-1 at the nominal mode, intended for installation on M1 category vehicles, is provided.

Підвищення потужності двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) залишається найбільш актуальною проблемою сучасного двигунобудування. Одним з найпростіших способів підвищення потужності є збільшення робочого об'єму двигуна. Однак, вимоги світового автомобілебудування обмежують габарити автомобільного двигуна, що змушує шукати інші шляхи підвищення потужності без значного збільшення робочого об'єму, а отже, і габаритів двигуна.

Основними напрямами підвищення потужності ДВЗ без збільшення робочого об'єму циліндрів є:

- підвищення густини заряду на впуску, що забезпечується застосуванням різних типів наддуву. При цьому, основним недоліком застосування наддуву є здороження конструкції двигуна, оскільки вартість автомобільного компресора досить висока;

- збільшення швидкісного режиму роботи двигуна. Недоліком щодо збільшення частоти обертання колінчастого вала є підвищення механічних втрат на тертя і, як наслідок, підвищений знос циліндрів і деталей КШМ.

Тому, метою досліджень є оцінка ефективності форсування автомобільного бензинового двигуна з робочим об'ємом 1,5 л зі збільшеною частотою обертання колінчастого вала до 7000 $хв^{-1}$ на номінальному режимі, призначеного для установки на автомобілях категорії M_1.

Досягнення мети передбачає виконання наступних завдань:

1. Провести тепловий розрахунок двигуна для декількох значень частоти обертання колінчастого вала в діапазоні від мінімальної стійкої частоти до її номінального значення за умови повної подачі палива. Розрахунок дозволяє визначити тиск і температуру робочого тіла в циліндрах, побудувати зовнішню швидкісну характеристику, визначити робочий об'єм двигуна, діаметр циліндра і хід поршня.

2. Провести кінематичний і динамічний розрахунок КШМ. Розрахувати цикл двигуна на двох режимах: максимального крутного моменту та номінальному, визначити конструктивні параметри КШМ (діаметр і хід поршня) за даними розрахунку та двигуна-прототипу.

3. Провести порівняльну оцінку модернізованого варіанту двигуна щодо прототипу.

Бензинові ДВЗ об'ємом 1,5 літра застосовуються в різних автомобілях. Цей об'єм визнано оптимальним компромісом між потужністю, компактністю та податками. Деякі моделі з такими двигунами:

- Nissan QG15DE - бензиновий двигун об'ємом 1,5 літра і потужністю 90…109 к.с., встановлювався на Nissan AD, Nissan Almera та інші автомобілі;

- Mazda P5-VPS - 1,5-літровий бензиновий чотирициліндровий двигун з прямим впорскуванням, призначений для компактних передньопривідних автомобілів. Встановлювався на Mazda 3, Mazda CX-3, Mazda Axela, Mazda Demio;

- Suzuki K15B - 1,5-літровий бензиновий двигун, встановлюється на такі моделі, як седан Ciaz, компактвен Ertiga та позашляховик Jimny;

- Geely BHE15-AFD - 1,5-літровий двигун з безпосереднім впорскуванням, встановлювався на компактний седан Geely Emgrand.

При модернізації нами запропоновані наступні зміни в конструкцію КШМ:

- зменшений хід поршня з 71 до 57,4 мм, збільшений діаметр циліндрів з 82 до 91,2 мм;

- збільшена габаритна довжина двигуна з 510 до 545 мм при зниженні висоти з 653 до 620 мм;

- для зниження динамічних і інерційних навантажень запропоновано зниження маси поршня за рахунок зменшення висоти юбки і маси бобишок, а також маси шатуна на 10 % за рахунок зменшення його довжини з 122 до 99 мм.

За результатами теплового, кінематичного та динамічного розрахунків отримані наступні параметри:

- мінімальна питома ефективна витрата палива g_e = 244,2 г/кВт*год;
- номінальна потужність N_e = 86,8 кВт, що у порівнянні з базовим збільшилась на 9 %;
- зниження концентрації токсичних компонентів відпрацьованих газів за оксидами азоту (NO_x) і оксидом вуглецю (CO), при збільшенні концентрації за незгорілими вуглеводнями (CH), тому для виконання двигуном норм по токсичності необхідна установка каталітичного нейтралізатора.

При впровадженні конструктивних змін, на прикладі двигуна 4Ч 91,2/57,4, нами відзначаються позитивні сторони проведених досліджень:

- при стабілізації середньої швидкості поршня базового і модернізованого варіантів двигунів, механічні втрати на тертя в ЦПГ залишаються на рівні базового варіанту;

- збільшення частоти обертання колінчастого вала до 7000 $хв^{-1}$ неминуче призводить до зростання прискорення поршня, що відбивається збільшенням дії інерційних сил на корінні та шатунні підшипники колінчастого вала. Однак, застосування модернізованого варіанту колінчастого вала зі збільшеною шириною корінних і шатунних шийок, дозволить компенсувати зростаючу дію інерційних сила на підшипники колінчастого вала;

- зменшення об'єму камери згорання модернізованого двигуна дозволило підвищити ступінь стиску до ε=11,0, що гарантовано покращує тепловикористання;

- зменшення коефіцієнта наповнення модернізованого двигуна свідчить про необхідність впровадження новітніх розробок в області впускних систем, наприклад впускного колектору зі змінною геометрією.

Список використаних джерел

1. Двигуни внутрішнього згоряння: Серія підручників у 6 томах. / За редакцією проф. А.П. Марченка, засл. Діяча науки України проф. А.Ф. Шеховцова. Харків: Видавничий центр НТУ “ХПІ”, 2004.

2. Двигатели внутреннего сгорания. В 3 кн. Кн. 1 Теория рабочих процессов: учебник / В.Н. Луканин, И.В. Алексеев и др.; под ред. В.Н. Луканина. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Высшая школа, 2010. 480 с.

3. Абрамчук Ф.І., Гутаревич Ю.Ф., Долганов К.Є., Тимченко І.І. Автомобільні двигуни. К.: Арістей, 2004. 476 с.

УДК 631.372

ПРОГНОЗУВАННЯ ПОВНОЇ МАСИ ТА МАКСИМАЛЬНОЇ ШВИДКОСТІ ТРАКТОРІВ, ЯКІ ВХОДЯТЬ ДО МОДЕЛЬНИХ РЯДІВ

Краснокутський В.М. докторант, к.т.н., доцент, Подригало М.А. д.т.н., професор

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Метою дослідження є теоретичне прогнозування повної маси та максимальної швидкості тракторів та самохідних шасі, які входять до модельних рядів застосуванням теорії подібності для скорочення часу на проектування та визначення контрольних значень цих параметрів.

Використання теорії подібності для прогнозування повної маси та максимальної швидкості тракторів та самохідних шасі, які входять до модельного ряду дозволяє скоротити час на проектування та визначити контрольні значення цих параметрів. В роботі [1] наведені масштаби подоби фізичних величин, які використовуються при масштабному фізичному моделюванню (див. табл.1)

Автори роботи [1] побудували систему масштабних коефіцієнтів (масштабів) таким чином, що вихідним є лінійний масштаб m_L, який визначається наступною залежністю:

$$m_L = L_H / L_M, \tag{1}$$

де L_H – лінійний (характерний) розмір натурного зразка;
L_M – лінійний (характерний) розмір фізичної моделі

Таблиця 1 – Масштаби подоби механічних величин

№ з/п	Найменування механічної величини	Розмірність	Масштаб подоби	Формула для розрахунку масштабу подоби
1	Лінійний розмір (характерний)	$[L]$	m_L	L_H/L_M
2	Час	$[t]$	m_t	$\sqrt{m_L}$
3	Маса	$[m]$	m_M	m_L^3
4	Швидкість	$[L * t^{-1}]$	m_V	$\sqrt{m_L}$
5	Прискорення	$[V/t]$	m_a	I
6	Сила	$[m * L * t^2]$	m_F	m_L^3
7	Потужність	$[F * V]$	m_N	$m_L^{7/2}$
8	Робота (енергія)	$[N * t]$	m_W	m_L^4
9	Момент інерції	$[m * L^2]$	m_I	m_L^5
10	Коефіцієнт жорсткості	$[F/L]$	m_c	m_L^2
11	Коефіцієнт загасання	$[F * t * L^{-1}]$	m_β	$m_L^{5/2}$
12	Коефіцієнт відводу шин	$[F]$	$m_Y = m_\delta$	m_L^3
13	Коефіцієнт демпфірування шини	$[F * t]$	m_λ	$m_L^{5/2}$

В основу побудови модельних рядів тракторів покладено параметр максимальної ефективної потужності двигуна N_{emax}. Цей параметр, в даному випадку, є параметром стандартизації. Масштабний коефіцієнт потужності m_N пов'язаний з лінійним масштабним коефіцієнтом m_L залежністю (див. табл.6)

$$m_N = \frac{N_{\text{H}}}{N_M} = m_L^{7/2}, \quad (2)$$

Домовимось, що в якості натурного зразка ми будемо приймати перший ряд модельного ряду тракторів для кожної з трьох ділянок окремо.

З рівняння (2) визначаємо лінійний масштаб ряду потужностей

$$m_L = m_N^{2/7}, \quad (3)$$

Масштабний коефіцієнт маси m_M (див. табл.6) пов'язаний з лінійним масштабом залежністю [1].

$$m_M = m_L^3, \quad (4)$$

Після підстановки рівняння (3) в залежність (4), отримаємо

$$m_M = m_N^{6/7}, \quad (5)$$

Таким чином, використовуючи залежність (5), ми маємо змогу побудувати розмірний ряд маси тракторів, що входять до розмірного ряду потужності.

Масштабний коефіцієнт швидкості m_V (див. табл. 1) пов'язаний з лінійним масштабом m_L залежністю

$$m_V = m_L^{1/2}, \quad (6)$$

Рівняння 6 з урахуванням (3) прийме вигляд

$$m_V = m_N^{1/7}, \quad (7)$$

Таблиця 2 – Визначенні показники повної маси та максимальної швидкості колісних тракторів та самохідних шасі, що входять до модельного ряду

Параметри	Номер моделі								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
N_{emax}, кВт	25	29	33	38	43,5	50	55	60	66
$Z=m_N$	1	1,16	1,32	1,52	1,74	1	1,10	1,20	1,32
$z_m = m_M$	1	1,14	1,27	1,43	1,61	1	1,08	1,17	1,27
$m_{\text{пов.}}$, кг	2075	2365	2635	2967	3341	3520	3802	4118	4470
$z_V = m_V$	1	1,02	1,04	1,06	1,07	1	1,01	1,02	1,03
V_{max}, м/с	8,26	8,42	8,59	8,76	8,84	8,64	8,73	8,81	8,90
V_{max}, км/год	29,76	30,38	30,92	31,54	31,82	31,12	31,43	31,72	32,04

Параметри	Номер моделі								
	10	11	12	13	14	15	16	17	18
N_{emax}, кВт	73	80	93,5	109	127	148	173	202	236

$Z=m_N$	1,46	1	1,17	1,36	1,59	1,85	2,16	2,52	2,95
$z_m = m_M$	1,38	1	1,14	1,30	1,49	1,69	1,93	2,21	2,53
$m_{\text{пов.}}$, кг	4858	7300	8322	9490	10877	12337	14086	16133	18469
$z_V = m_V$	1,05	1	1,02	1,04	1,07	1,09	1,12	1,14	1,17
V_{max}, м/с	9,07	11,1	11,3	11,5	11,9	12,1	12,4	12,6	13,0
V_{max}, км/год		40,0	40,7	41,4	42,8	43,6	44,6	45,4	46,8

В нашому випадку, для кожної ділянки модельного ряду тракторів та самохідних шасі, показник m_N дорівнює Z.

В таблиці 2 наведено значення повної маси та максимальної швидкості модельного ряду тракторів та самохідних шасі

Для першого члену III дільниці модельного ряду прийняті параметри трактора Eicher 3108TAS:

максимальна ефективна потужність двигуна $N_{emax} = 80$ кВт;

- повна маса M=7300 кг;
- максимальна транспортна швидкість $V_{max} = 40$ *км/год* (11,1 м/с)

Висновок.

За результатами теоретичних досліджень обґрунтовано параметри колісних тракторів та самохідних шасі, які входять до модельного ряду, визначені їх показники та максимальної швидкості. Виведено залежності та встановлені їх допустимі маси та максимальні швидкості за якої виконуються вимоги державних стандартів.

В основу побудови модельних рядів тракторів та самохідних шасі покладено параметр максимальної ефективної потужності двигуна N_{emax}. Цей параметр є параметром стандартизації. Масштабний коефіцієнт потужності m_N пов'язаний з лінійним масштабним коефіцієнтом m_L.

Список використаних джерел

1. Подригало М.А., Нікорчук А.І., Шеїн В.С., Коробко А.І., Закапко О.Г. Удосконалення методу оцінки динаміки розгону автомобілів використанням масштабного моделювання/ Системи озброєння і військової техніки*: зб.*/ ХНУ ПС. Харків, 2025. Вип. 4 (84). С. 82–90. **h**ttps://doi.org/10.30748/soivt.2025.84.08.

УДК 623.1/.7

РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ТРАНСПОРТНОГО РЕЖИМУ РОБОТИ АЕРОДРОМНОГО БАГАТОЦІЛЬОВОГО КОНДИЦІОНЕРА АМК-24/56-131

Долінський М.П. аспірант

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Метою дослідження є розробка комплексної математичної моделі транспортного режиму експлуатації аеродромного багатоцільового кондиціонера, як багаторежимної енергетичної системи.

АМК-24/56-131 представляє собою рухому, автономну установку з дводвигунною силовою системою, що поєднує функції автомобільного шасі та технологічного агрегату. Використання за призначенням можлива у двох різних режимах – транспортному та технологічному.

У транспортному режимі аеродромний багатоцільовий кондиціонер (АБК) працює як спеціалізований автомобіль на шасі типу ЗІЛ-131Н з колісною формулою 6×6. При цьому, основними є процеси руху, формування тягового зусилля, подолання опорів коченню та повітряного опору, витрати палива базового ДВЗ, а також навантаження на елементи трансмісії. Така математична модель дасть змогу оцінити тягово-динамічні та техніко-економічні показники.

Загальноприйнятий опис роботи трансмісії здійснюється або на основі статичного підходу, який передбачає визначення кінематичних і силових параметрів без урахування інерційних складових, або із застосуванням класичних динамічних методів (принципи Даламбера-Ейлера, рівняння Лагранжа другого роду). Проте для оцінювання ефективності силової установки в транспортних режимах, доцільно використовувати спрощену багатомасову модель крутильного типу, яка дає змогу врахувати інерційність основних елементів системи та забезпечити коректне визначення потоків потужності [1, 2].

Представлення деталей трансмісії разом з обертовими частинами ДВЗ, колесами та приведеною масою шасі у вигляді схеми крутильних мас дає можливість узгоджено визначати кутові швидкості, крутні моменти та втрати потужності в окремих ланках приводу. Трансмісію доцільно моделювати у спрощеному вигляді з приведенням усіх параметрів до колінчастого вала ДВЗ. Такий підхід дозволяє безпосередньо оцінювати реалізацію ефективної потужності двигуна, визначати загальний ККД системи «ДВЗ – трансмісія» та аналізувати вплив конструктивних і режимних факторів на енергетичні показники засобу (рис. 1).

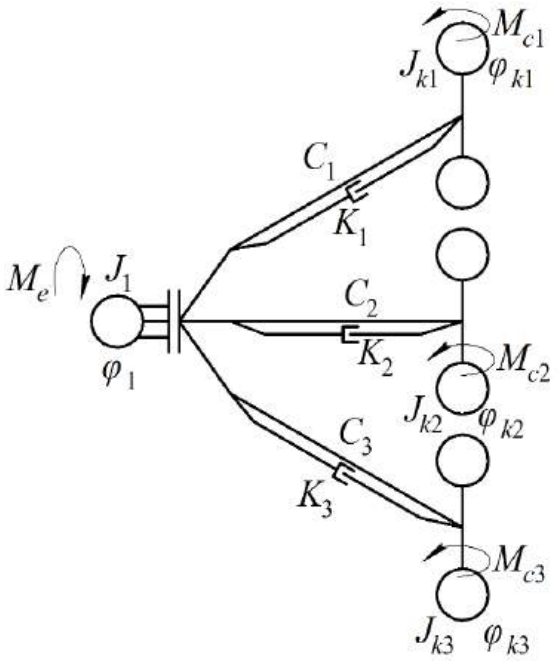


Рис. 1. Спрощена динамічна модель трансмісії АМК-24/56-131, що задіяна в транспортному режимі

З розрахункової схеми динамічної моделі, складено диференціальні рівняння мас трансмісії. Далі визначено зміну ефективного крутного моменту колінчастого валу ДВЗ, що базується на рівняннях, сформованих в роботах [1, 3 – 5]. Формування корректорної та регуляторної гілки зовнішньо-швидкісної характеристики ДВЗ базується на рівнянні з роботи [3 – 5]. Наступним кроком визначено приведені моменти інерції махових мас, що виконують обертальний та поступальний рух системи.

З метою врахування пружно-деформаційних властивостей трансмісії в динамічній моделі приймається припущення про пропорційний характер розподілу крутного моменту між гілками трансмісії залежно від внутрішнього передавального числа міжосьового приводу та номінального крутного моменту ДВЗ [6].

Висновок.

Такий підхід, при розрахунку математичної моделі, дозволяє перейти від реальної складної схеми навантаження до еквівалентної розрахункової моделі з узагальненими параметрами. Уніфікація параметрів валопроводів у вигляді приведених жорсткостей забезпечує можливість інтеграції отриманої математичної моделі до комплексної моделі руху спеціалізованого засобу без суттєвого ускладнення її структури. У результаті створюються передумови для подальшого аналізу експлуатаційних показників, зокрема оцінюванню ефективності використання потужності в умовах змінних експлуатаційних режимів.

Список використаних джерел

1. Кожушко А.П. Математична модель процесу розгону колісного трактора з урахуванням паливоподачі та роботи гідропідтискної муфти / А.П. Кожушко, О.С. Трембач, С.І. Болтенко // Вісник Національного технічного

університету “ХПІ”. Сер.: Автомобіле- та тракторобудування. – Харків: НТУ “ХПІ”, 2021. – № 2. – С. 61 – 72.

2. Кожушко А.П. Вплив транспортування сільськогосподарської цистерни на елементи трансмісії колісного трактора в процесі розгону / А. П. Кожушко, О. С. Трембач // Вісник Національного технічного університету “ХПІ”. Сер. : Автомобіле- та тракторобудування : зб. наук. пр. – Харків : НТУ “ХПІ”, 2023. – № 1. – С. 55-63.

3. Ребров О. Ю., Коробка Т. О., Лахман С. В. Математична модель дизельного двигуна в безрозмірних величинах з урахуванням його завантаження і подачі палива. Вісник Національного технічного університету “ХПІ”. Харків: НТУ "ХПІ", 2012. № 19. С. 31-36.

4. Ребров О. Ю. Наукове обґрунтування підвищення ефективності колісних рушіїв сільськогосподарських тракторів на енергоємних технологічних операціях обробітку ґрунту [Електронний ресурс] : дис. д-ра техн. наук : спец. 05.22.02 : галузь знань 13. Олексій Юрійович Ребров ; наук. консультант Кальченко Б. І. ; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". Харків, 2021. С. 423.

5. Якунін М. Є. Обґрунтування раціональних параметрів і режимів навантаження пневматичних шин колісних тракторів сільськогосподарського призначення [Електронний ресурс] : дис. ... д-ра філософії : спец. 133 : галузь знань 13. Максим Євгенович Якунін; наук. керівник Ребров О. Ю.; Нац. техн. ун-т “Харків. політехн. ін-т”. Харків, 2023. С. 172.

6. Абрамов, Дмитрій Володимирович. Концепція покращення функціональної стабільності динамічних та енергоперетворюючих властивостей автомобілів : дис. ... док. техн. наук : спец. 05.22.02 - автомобілі та трактори [Електронний ресурс] / Абрамов Дмитрій Володимирович ; М-во освіти і науки України, ХНАДУ. - Харків, 2018. - 480 с.

УДК 631.3

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ГІБРИДНИХ ТРАНСМІСІЙ У КОЛІСНИХ РОБОТИЗОВАНИХ ПЛАТФОРМАХ ДЛЯ АГРАРНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ

Череватенко Р. В. аспірант, Пелипенко Є. С. к.т.н., доц.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Метою дослідження є аналіз особливостей застосування колісних роботизованих платформ у сільському господарстві та обґрунтування доцільності використання гібридних трансмісій для підвищення енергоефективності і тягових властивостей при виконання технологічних операцій в умовах змінних експлуатаційних навантажень.

У сучасному аграрному секторі простежується активне впровадження роботизованих платформ [1], призначених для виконання енерговитратних технологічних процесів, зокрема оранки, культивації та передпосівного обробітку ґрунту. Потреба у використанні таких рішень обумовлена прагненням

до підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва, покращення точності виконання операцій і зменшення впливу людського чинника. Важливими передумовами є нестача кваліфікованих працівників, а також наявність значних площ потенційно небезпечних і замінованих територій в Україні, що суттєво ускладнює застосування традиційної техніки з оператором. За таких умов автономні та дистанційно керовані машини сприяють підвищенню безпеки виконання робіт, зниженню ризиків для персоналу та забезпеченню безперервності технологічних процесів.

Колісні роботизовані платформи розглядаються як ефективна альтернатива класичним тракторам завдяки спрощеній конструкції ходової частини, зниженим втратам на кочення та можливості більш раціональної реалізації тягового зусилля шляхом оптимального розподілу крутного моменту між рушіями. Додатковою перевагою таких платформ є гнучкість компонувальних рішень і можливість інтегрування модульних енергетичних систем.

Особливого значення набуває використання гібридних трансмісій [2], які дозволяють здійснювати безступінчасте регулювання тягово-швидкісних режимів, реалізовувати індивідуальний привід коліс і підвищувати енергоефективність машини. До складу гібридних трансмісій входять двигун внутрішнього згоряння, електричні машини, силова електроніка та накопичувачі енергії, що забезпечує можливість раціонального керування потоками енергії та її розподілом між тяговими і допоміжними системами.

Разом із тим створення подібних трансмісій супроводжується низкою складних інженерних завдань. Одним із ключових є забезпечення високої енергетичної ефективності в умовах змінних навантажень, що вимагає узгодження режимів функціонування джерел енергії та виконавчих приводів. Важливим аспектом залишається оптимальний розподіл крутного моменту між рушіями, від якого залежать тягові характеристики, стійкість руху та прохідність платформи на різних типах опорної поверхні. Окрему проблему становить інтеграція валу відбору потужності, для якого необхідно підтримувати стабільну частоту обертання незалежно від режиму руху машини та забезпечувати його узгоджену роботу з тяговим приводом і допоміжними системами.

Додатковими обмеженнями виступають масогабаритні показники трансмісії, де значну частку маси складають електродвигуни, силова електроніка та накопичувачі енергії. Це негативно впливає на енергоефективність, прохідність та маневреність платформи, а також суттєво ускладнює компонування вузлів і агрегатів. При створенні багатовісних сільськогосподарських роботизованих платформ виникає також необхідність застосування роздавальної коробки передач, яка забезпечує передачу та розподіл потужності між декількома ведучими мостами [3]. Такий вузол повинен гарантувати синхронізацію роботи рушіїв, рівномірний розподіл навантаження між осями та можливість адаптації трансмісії до різних режимів руху й умов експлуатації. Крім того, конструкція роздавальної коробки має забезпечувати

високий ККД, надійність роботи та мінімальні втрати потужності, що є особливо важливим для енергонасичених мобільних машин аграрного призначення.

Висновок.

Проведений аналіз підтвердив перспективність застосування колісних роботизованих платформ у сільському господарстві. Використання гібридних та електромеханічних трансмісій забезпечує підвищення енергоефективності, покращення тягових характеристик і безпеки виконання робіт. Водночас актуальними залишаються задачі оптимізації розподілу потужності, зниження маси та удосконалення компонування систем.

Список використаних джерел

1. Пелипенко Є. С. Аналіз конструктивних особливостей автономних самохідних платформ з гібридною трансмісією сільськогосподарського призначення / Є. С. Пелипенко, Р. В. Череватенко // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Серія: Автомобіле- та тракторобудування : зб. наук. пр. / Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т". Харків : НТУ "ХПІ", 2025. № 1. С. 139-150. https://doi.org/10.20998/2078-6840.2025.1.16.

2. Даниленко В. Д., Кожушко А. П. Концепція вибору конструктивної схеми безступінчастої електромеханічної трансмісії колісного трактора. Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я : тези доп. 33-ї міжнар. наук.-практ. конф. MicroCAD-2025, 14-17 травня 2025 р. / ред. Є. І. Сокол ; уклад. Г. В. Лісачук ; Нац. техн. ун-т "Харків. політехн. ін-т" [та ін.]. Електрон. текст. дані. Харків : НТУ "ХПІ", 2025. С. 306.

3. Kozhushko, A., Veretennikov, I., Shevtsov, V., Karpov, V., Dudka, O. Analysis of Changes in the Speed and Power Ranges of Dual-Flow On-Board Transmissions Based on the Power Adder Principle. Innovations in Mechanical Engineering IV. ICIEng 2025. Lecture Notes in Mechanical Engineering. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-93554-1_42.

УДК: 629.021

ДО ПИТАННЯ УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ СИНХРОНІЗАТОРА КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ ВАНТАЖНОГО АВТОМОБІЛЯ

Шушляпін С.В. канд. техн. наук, доцент; Сорочинський А.В. студент

(ДБТУ, м. Харків, Україна)

Directions for improving the design of synchronizers that will increase the reliability and durability of truck gearboxes, reduce operating costs, and improve driving comfort and safety are proposed.

Вступ. Синхронізатор коробки передач - ключовий механізм, що забезпечує плавне перемикання передач за рахунок вирівнювання частоти обертання шестерні відповідної передачі і вторинного вала. На частку синхронізаторів припадає 14 % всіх відмов коробки передач, що призводить до значних витрат на ремонт та простоїв транспортних засобів.

Актуальність теми обумовлена необхідністю:

- підвищення надійності і довговічності коробок передач вантажних автомобілів;
- зниження експлуатаційних витрат;
- мінімізації простоїв транспортних засобів в ремонті.

В ході проведеного аналізу існуючих конструкцій синхронізаторів розглянуто типи існуючих синхронізаторів (конусні, кулькові, дискові інерційні та ін.), виявлені слабкі місця типових конструкцій: знос тертьових поверхонь, недостатня міцність деталей, великі габарити, вивчені вимоги до синхронізаторів: висока ефективність дії, зносостійкість, малі габарити.

Ключовими проблемами експлуатації синхронізаторів у вантажних автомобілях є: високі навантаження в наслідок передачі значних крутних моментів; прискорений знос при позаштатних режимах роботи (агресивне водіння, перевантаження); відсутність вбудованих засобів діагностики технічного стану без демонтажу коробки передач.

Виділяються наступні напрями вдосконалення конструкції:

- застосування зносостійких матеріалів для тертьових поверхонь (наприклад, сплавів з підвищеною твердістю або покриттям);
- оптимізація геометрії блокувальних елементів (кут нахилу конуса, форма канавок);
- поліпшення системи мащення зони тертя;
- розробка модульної конструкції для спрощення ремонту і заміни зношених деталей;
- впровадження елементів діагностики (датчики зносу, температури).

При конструктивному удосконаленні передбачається використання програмного забезпечення для аналізу міцності (Ansys, SolidWorks Simulation) з оцінкою напружень і деформацій, створення 3D моделей синхронізаторів з різними геометричними параметрами, моделювання процесу синхронізації з урахуванням реальних умов експлуатації, аналітичного визначення ширини кільця тертя в залежності від допустимого тиску і кута нахилу конуса.

Експериментальна перевірка запропонованих рішень включає стендові випробування прототипів синхронізаторів, порівняльний аналіз показників зносу і часу синхронізації для стандартних і вдосконалених конструкцій, оцінку впливу нових матеріалів і покриттів на довговічність синхронізатора.

Економічну ефективність від впровадження нових рішень слід очікувати в зниженні витрат на ремонт і заміну синхронізаторів за рахунок збільшення їх ресурсу, скорочення простоїв транспортних засобів завдяки підвищенню надійності, окупності впровадження нових конструктивних рішень протягом 1…2 років експлуатації.

Висновки. Запропоновані напрями вдосконалення конструкції синхронізаторів дозволять: підвищити надійність і довговічність коробок передач вантажних автомобілів; знизити експлуатаційні витрати; поліпшити комфорт і безпеку водіння.

Подальші дослідження доцільно зосередити на розробці методів експрес діагностики стану синхронізаторів без демонтажу коробки передач та оптимізації технологічних процесів відновлення зношених деталей.

Список використаних джерел

1. Наукові журнали:

International Journal of Automotive and Mechanical Engineering. Журнал включений в базу даних Scopus, публікує дослідження в галузі машинобудування, автомобільної техніки та інжинірингу. Може містити статті, присвячені розробці і поліпшенню трансмісійних систем.

International Journal of Vehicle Design (IJVD). Видання охоплює питання проектування і розробки транспортних засобів, включаючи інженерні аспекти. У журналі можуть публікуватися роботи, пов'язані з поліпшенням конструкцій автомобільних компонентів, в тому числі синхронізаторів.

SAE International Journal of Commercial Vehicles. Журнал, що випускається товариством автомобільних інженерів (SAE International), орієнтований на комерційну автомобільну техніку. Може містити дослідження і розробки в області трансмісій вантажних автомобілів.

2. Патентні бази даних:

PATENTSCOPE (Всесвітня організація інтелектуальної власності, BOIB). Дозволяє шукати міжнародні патентні заявки (PCT) і документи з більш ніж 68 національних і регіональних патентних відомств. Тут можна знайти патенти на винаходи, пов'язані з синхронізаторами і трансмісіями.

Espacenet (Європейське патентне відомство). Надає доступ до патентних документів більш ніж 90 країн. Є функція машинного перекладу текстів патентів на деякі мови.

USPTO (United States Patent and Trademark Office). База даних патентів США, де можна шукати винаходи, пов'язані з трансмісійними системами.

J-PlatPat (Патентне відомство Японії). Містить відомості про винаходи, корисні моделі, промислові зразки і товарні знаки Японії. Доступна опція перекладу повних текстів документів на англійську мову.

KIPRIS (Патентне відомство Південної Кореї). Дозволяє шукати винаходи, корисні моделі, промислові зразки і товарні знаки Кореї. Тексти патентних документів доступні англійською мовою.

УДК 621.436

ПЕРСПЕКТИВИ МОДЕРНІЗАЦІЇ БЕНЗИНОВИХ V-ПОДІБНИХ ДВИГУНІВ

Шушляпін С.В. канд. техн. наук, доцент; Гаранжа С.В. студент

(ДБТУ, м. Харків, Україна)

This paper examines the prospects for modernizing gasoline V-type engines as a strategically important area that combines the preservation of their key advantages (power, reliability) with the resolution of environmental and economic challenges.

Актуальність модернізації V-подібних бензинових двигунів. Незважаючи на зростання популярності електромобілів та гібридних систем, ДВЗ залишаються ключовим елементом транспортної галузі на найближчі десятиліття.

V-подібні двигуни залишаються затребуваними в сегменті важких автомобілів, позашляховиків та спецтехніки завдяки високій потужності та крутному моменту.

Основні виклики: посилення екологічних норм (Євро 7 та аналогічні стандарти), необхідність зниження витрати палива, підвищення ККД.

До ключових напрямів модернізації як термодинамічних процесів, так і конструктивного вдосконалення слід віднести:

1. Оптимізація процесу згоряння з впровадженням технології HCCI (Homogeneous Charge Compression Ignition). Така технологія передбачає самозаймання паливно-повітряної суміші без іскри, підвищення повноти згоряння до 95…97 % (проти 75 % у циклі Отто), зниження викидів NO_x і CO_2. Однак, слід зауважити на проблемні питання HCCI: нестабільність на холостих і максимальних обертах, ризик детонації.

2. Розділення робочого циклу (SCC - Split Cycle Combustion), що передбачає розділення тактів впуску/стиснення та робочого ходу/випуску між різними циліндрами. Переваги такого напряму: збільшення ступеня стиснення, зменшення викидів CO_2 та NO_x до 80 %, зростання ККД на 5…10 % порівняно з сучасними дизельними двигунами.

3. Застосування змінного ступеня стиснення (VCR - Variable Compression Ratio), що дозволить адаптацію ступеня стиснення до навантаження (наприклад, від 8,5:1 до 18:1). Реалізація можлива за допомогою гідравлічних приводів або ексцентрикових механізмів. Прикладом слугує концепт Lotus Omnivore (ступінь стиснення 10:1…40:1) - робота на будь-якому рідкому паливі.

4. Впровадження інтелектуальних систем керування: мікропроцесорне регулювання фаз газорозподілу (системи EVCP, VVT), електрогідравлічні приводи клапанів (Valvetrain EHVS), адаптивні алгоритми для оптимізації роботи в реальному часі.

5. Зниження механічних втрат: застосування легких сплавів і композитних матеріалів для блоку циліндрів і поршнів, зменшення тертя за рахунок нанопокриттів та інноваційних мастильних матеріалів.

З точки зору екологічних та економічних аспектів виділяються напрами зниження викидів токсичних речовин в разі застосування рециркуляції відпрацьованих газів (EGR) з електронним керуванням, багатоступеневим впорскуванням палива (CR/SFCR).

В економічному плані доцільність модернізації визвана збереженням виробничої інфраструктури для ДВЗ й можливістю модернізації існуючих моделей без повної заміни парку техніки.

Серед технологічних бар'єрів видиляються складнощі впровадження технологій HCCI та SCC, які повязані з високою вартістю прототипування та необхідністю перебудови виробничих ліній. Рішення цього питання може бути поетапна інтеграція технологій (наприклад, гібридні режими роботи - HCCI на середніх навантаженнях, цикл Отто на пікових), підготовка фахівців з адаптивних систем управління.

Аналіз відкритих джерел інформації дозволив окреслити перспективи модернізації V-подібних бензинових двигунів, серед яких слід очікувати: підвищення ефективності бензинових ДВЗ до 2030 р. - до 50 % (за оцінками DOE); зростання частки адаптивних двигунів зі змінними параметрами (ступенем стиску, фаз газорозподілу); конвергенцію з гібридними та водневими технологіями: V-подібні двигуни як елемент мультипаливних систем.

Висновок. Модернізація бензинових V-подібних двигунів - стратегічно важливий напрям, що поєднує збереження їхніх ключових переваг (потужність, надійність) з вирішенням екологічних та економічних завдань. Впровадження HCCI, SCC, VCR та інтелектуальних систем управління дозволить продовжити життєвий цикл ДВЗ в умовах глобальної трансформації транспорту.

Список використаних джерел

1. Mihara Y. Research trend of friction loss reduction in internal combustion engines // Tribology Online. 2017. Vol. 12, No. 3. P. 82–89.
2. Heywood J. B. Internal Combustion Engine Fundamentals. McGraw-Hill Education, 2018. 1080 p.
3. Stone R. Introduction to Internal Combustion Engines. Palgrave Macmillan, 2017. 528 p.
4. Офіційний сайт SAE International (Society of Automotive Engineers): публікації по инноваціям в ДВЗ. URL: https://www.sae.org.
5. Офіційний сайт DOE (U.S. Department of Energy): звіти з ефективності двигунів. URL: https://www.energy.gov.

УДК 631.372:631.3.004.1:528.8

ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ МТА ЗА УМОВ ПАРАЛЕЛЬНОГО ВОДІННЯ НА ОСНОВІ ОПТИМІЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОХОДІВ

Щербінський І. О., аспірант, Макаренко М. Г., доцент

Державний біотехнологічний університет

Обґрунтовано науково-методичний підхід до підвищення експлуатаційної ефективності машинно-тракторного агрегату за умов паралельного водіння. Запропоновано математичну постановку оцінювання ефективності МТА через інтегральний критерій, що враховує перекриття, пропуски, питомі витрати пального та тривалість польової операції.

Сучасне аграрне виробництво дедалі більше орієнтується на цифровізацію технологічних процесів, точне землеробство та раціональне використання машинно-тракторних агрегатів. У цих умовах ефективність МТА визначається не лише потужністю трактора чи конструктивними параметрами сільськогосподарської машини, а й точністю просторового позиціонування, стабільністю траєкторії руху, раціональністю технологічних проходів, швидкісним режимом і рівнем інформаційної підтримки оператора. Особливого значення набувають системи паралельного водіння, які зменшують відхилення від заданої траєкторії, скорочують перекриття й пропуски, підвищують рівномірність обробітку та знижують вплив людського фактора [1; 2; 3].

Наукова проблема полягає в тому, що ефективність паралельного водіння часто ототожнюють лише з точністю GNSS/RTK-навігації. Проте реальний експлуатаційний ефект формується ширшим комплексом чинників - схемою руху агрегату по полю, кількістю технологічних і холостих проходів, величиною перекриттів, стабільністю використання робочої ширини захвату, швидкістю руху, тривалістю розворотів, витратами пального та змінною продуктивністю. Тому паралельне водіння доцільно розглядати як інформаційно-технологічну основу підвищення експлуатаційної ефективності МТА.

Відповідно до міжнародних підходів до оцінювання систем позиціонування важливим показником є точність навігаційних даних супутникових пристроїв у динамічних польових умовах [6]. Проте для агроінженерного аналізу недостатньо фіксувати лише факт застосування навігаційної системи. Необхідно кількісно оцінювати її вплив на площу перекриттів і пропусків, тривалість операції, витрати пального, продуктивність і технологічну якість роботи агрегату. Дослідження ефективності тракторного водіння підтверджують, що перекриття й пропуски безпосередньо впливають на витрати матеріалів, тривалість операції та загальну виробничу ефективність польових робіт.

У працях Макаренка М. Г. та Щербінського І. О. паралельне водіння розглядається не лише як засіб стабілізації руху, а як основа енергооптимального планування траєкторій МТА з урахуванням прогнозу витрати палива,

навантаження на вал відбору потужності та мінімізації перекриттів і пропусків [1]. Також обґрунтовано доцільність використання алгоритмів штучного інтелекту й машинного навчання для підвищення ефективності експлуатації МТА при паралельному водінні [2]. Це створює передумови для переходу від пасивної навігаційної підтримки до прогнозного управління ефективністю польових операцій.

Застосування інтелектуальних систем керування в МТА дозволяє зменшити залежність якості агротехнічних операцій від суб'єктивних дій оператора, підвищити стабільність технологічного процесу та забезпечити раціональніше використання технічного потенціалу агрегату [3]. В умовах точного землеробства ефективність МТА доцільно пов'язувати також із застосуванням комбінованих машин, що дає змогу скоротити кількість проходів, зменшити ущільнення ґрунту та підвищити продуктивність польових робіт [4].

Важливим чинником ефективності паралельного водіння є маневрові якості МТА, оскільки розвороти, вхід у наступний прохід і стабільність руху на розворотних смугах істотно впливають на непродуктивні витрати часу та точність виконання технологічної операції [5]. Тому оптимізація технологічних проходів має враховувати не лише прямолінійні ділянки руху, а й параметри розворотів, довжину гону, форму поля, наявність клиноподібних ділянок, перешкод і зон зі складними умовами руху.

Методологічно експлуатаційну ефективність МТА доцільно розглядати як інтегральну характеристику, що формується під впливом трьох груп чинників: траєкторних, технологічних та експлуатаційних. До траєкторних належать відхилення агрегату від заданої лінії, стабільність суміжних проходів і надійність GNSS/RTK-позиціонування. До технологічних — робоча ширина захвату, схема руху, кількість проходів, довжина гону, розворотні смуги, площа перекриттів і пропусків. До експлуатаційних — швидкість руху, витрати пального, продуктивність, тривалість основного й допоміжного часу та стабільність технологічного процесу.

Математично ефективність використання МТА за умов паралельного водіння можна подати через співвідношення між корисно обробленою площею, площею перекриттів, площею пропусків, витратами пального та тривалістю операції. Нехай площа поля становить S, конструктивна ширина захвату агрегату — B, довжина і-го технологічного проходу — L_i, фактична відстань між суміжними проходами — d_i, швидкість руху — v_i. Тоді ширина перекриття і пропуску між суміжними проходами визначається як:

$b_{пер,i}=\max(0, B-d_i)$, $b_{проп,i}=\max(0,d_i-B)$.

Відповідно площа перекриттів і площа пропусків становитимуть:

$$S_{\text{пер}} = \sum_{i=1}^{n-1} L_i \cdot \max(0, B - d_i), \tag{1}$$

$$S_{\text{проп}} = \sum_{i=1}^{n-1} L_i \cdot \max(0, d_i - B). \tag{2}$$

Ці залежності показують, що відхилення фактичної відстані між проходами від конструктивної ширини захвату призводить або до повторного обробітку частини площі, або до появи необроблених смуг. Тому одним із завдань паралельного водіння є забезпечення умови $d_i \to B$, за якої $S_{пер} \to 0$ і $S_{проп} \to 0$.

Коефіцієнт використання робочої ширини захвату доцільно подати як:

$$K_B = \frac{S}{S + S_{пер}}$$

Чим більшою є площа перекриттів, тим меншим стає значення K_B, а отже нижчою є технологічна ефективність використання конструктивної ширини агрегату.

Змінна продуктивність МТА може бути визначена як: $W=S/T$, де T — загальна тривалість виконання польової операції:

$$T = \sum_{i=1}^{n} \frac{L_i}{v_i} + \sum_{j=1}^{m} t_{розв,j} + T_{доп}, \tag{3}$$

де $t_{розв,j}$ — час j-го розвороту, $T_{доп}$ — допоміжний час. Отже, підвищення продуктивності може бути досягнуте не лише збільшенням швидкості руху, а й зменшенням кількості проходів, скороченням холостих переміщень, оптимізацією розворотів і зменшенням площі повторного обробітку.

Питомі витрати пального на одиницю корисно обробленої площі можна подати так: $q_S=Q/S$, де Q — загальна витрата пального за операцію. Якщо погодинна витрата пального на і-му проході становить $q_i(v_i, R_i)$, *де* R_i — тяговий опір агрегату, тоді:

$$Q = \sum_{i=1}^{n} q_i(v_i, R_i) \cdot \frac{L_i}{v_i} + Q_{розв} + Q_{доп}. \tag{4}$$

Узагальнений критерій оптимізації експлуатаційної ефективності МТА за умов паралельного водіння можна подати у вигляді:

$$J = \alpha \frac{S_{пер}}{S} + \beta \frac{S_{проп}}{S} + \gamma \frac{Q}{S} + \delta \frac{T}{S} \to \min, \tag{5}$$

де J — інтегральний критерій непродуктивних втрат; α, β, γ, δ - вагові коефіцієнти значущості перекриттів, пропусків, витрат пального та тривалості виконання операції. Оптимізаційна задача повинна розв'язуватися з урахуванням обмежень: $v_{min} \le v_i \le v_{max}$, $|e_i| \le e_{max}$, $S_{прол} \le S_{прол.доп}$, де e_i — бічне відхилення агрегату від заданої траєкторії, e_{max} — допустиме відхилення, $S_{прол.доп}$ — допустима площа пропусків за агротехнічними вимогами.

Запропонована математична постановка підтверджує, що оптимізація паралельного водіння не зводиться лише до зменшення бічної похибки траєкторії. Вона має охоплювати одночасне зменшення перекриттів, пропусків, непродуктивного часу та питомих витрат пального. У такій постановці оптимізація технологічних проходів утворює єдину експлуатаційну задачу:

забезпечити максимальну корисну продуктивність агрегату за мінімальних ресурсних втрат і допустимої якості виконання операції.

Наукова новизна запропонованого підходу полягає в тому, що паралельне водіння розглядається не як окрема функція навігаційного супроводу, а як інформаційно-технологічна основа підвищення експлуатаційної ефективності МТА. Практичне значення дослідження полягає у можливості використання його результатів під час планування польових робіт, вибору базових ліній руху, налаштування систем паралельного водіння, визначення раціональної швидкості агрегату та оцінювання економічної доцільності впровадження GNSS/RTK-навігації.

Висновки

Установлено, що експлуатаційна ефективність МТА за умов паралельного водіння визначається не лише точністю GNSS/RTK-позиціонування, а комплексом взаємопов'язаних параметрів: схемою технологічних проходів, робочою шириною захвату, швидкістю руху, кількістю розворотів, тривалістю допоміжного часу, величиною перекриттів і пропусків. Його слід розглядати як інформаційно-технологічну основу оптимізації польової операції, а не лише як засіб навігаційної підтримки оператора.

Практичне застосування запропонованого підходу дозволить підвищити продуктивність польових робіт, скоротити непродуктивні переміщення, зменшити витрати пального, знизити вплив людського фактора та забезпечити стабільнішу якість виконання агротехнічних операцій.

Список використаних джерел

1. Макаренко М. Г., Щербінський І. О. Енергооптимальне планування траєкторій машинно-тракторного агрегату з використанням ШІ-прогнозу витрати палива та навантажень на ВВП. Молодь і технічний прогрес в АПК : матеріали XX Міжнар. наук.-практ. конф., 26–27 листоп. 2025 р. Харків : ДБТУ, 2025. С. 41–44.

2. Макаренко М. Г., Шевченко І. О., Щербінський І. О. Використання алгоритмів штучного інтелекту та машинного навчання для підвищення ефективності експлуатації тракторів при паралельному водінні. Інжиніринг технічних систем агропромислового виробництва : зб. тез III Всеукр. наук.-практ. конф. молодих вчених, 15 листоп. 2024 р. Дніпро, 2024. Ч. 1. С. 27–31.

3. Макаренко М. Г., Калашник Є. А. Впровадження інтелектуальних систем керування в МТА для зменшення впливу людського фактора та підвищення ефективності агротехнічних операцій. Технічний прогрес в АПК : матеріали XX Міжнар. наук.-практ. конф., 21–22 трав. 2025 р. Харків : ДБТУ, 2025. С. 55–58.

4. Макаренко Т. В., Макаренко М. Г., Гармаш Д. О. Інноваційні підходи до підвищення ефективності машинно-тракторних агрегатів у точному землеробстві шляхом впровадження комбінованих машин. Технічний прогрес в АПК : матеріали XX Міжнар. наук.-практ. конф., 21–22 трав. 2025 р. Харків : ДБТУ, 2025. С. 209–212.

5. Макаренко М. Г., Хейло В. О. Дослідження маневрових якостей машинно-тракторних комбінованих агрегатів. Технічний прогрес в АПК : матеріали XX Міжнар. наук.-практ. конф., 21–22 трав. 2025 р. Харків : ДБТУ, 2025. С. 61–65.

6. ISO 12188-1:2010. Tractors and machinery for agriculture and forestry — Test procedures for positioning and guidance systems in agriculture — Part 1: Dynamic testing of satellite-based positioning devices. Geneva : International Organization for Standardization, 2010.

УДК 637.1:656.1:631.171

ТРАНСПОРТУВАННЯ ПРОДУКТІВ ПЕРЕРОБКИ МОЛОКА. ВИМОГИ ДО ЗАСОБІВ ПЕРЕВЕЗЕННЯ ПРОДУКТІВ МОЛОКА

Сиромятніков П.С., доцент, Мартинюк А.В., студент

Державний біотехнологічний університет

У роботі розглянуто особливості транспортування продуктів переробки молока, вимоги до транспортних засобів та основні види спеціалізованого транспорту. Проаналізовано конструктивні характеристики транспортних систем для перевезення молочної продукції та визначено фактори, що впливають на збереження якості продукції під час транспортування. Встановлено, що використання сучасних рефрижераторних та ізотермічних транспортних систем забезпечує скорочення втрат продукції та підвищення санітарної безпеки перевезень.

Продукти переробки молока належать до швидкопсувної продукції, тому транспортування молочних продуктів потребує суворого дотримання санітарно-гігієнічних вимог та температурного режиму [1–3]. До основних продуктів переробки молока належать вершки, сметана, сир, масло, йогурти, кефір та інші кисломолочні продукти [4–6]. Порушення умов транспортування призводить до погіршення якості продукції, розвитку мікрофлори та скорочення термінів зберігання.

У сучасному молочному виробництві використовують автомобільний, контейнерний та рефрижераторний транспорт. Найбільш поширеним є використання спеціалізованих рефрижераторних автомобілів та ізотермічних контейнерів, які забезпечують підтримання стабільної температури під час перевезення. Основні засоби транспортування продуктів переробки молока наведені в табл. 1.

Однією з основних вимог до транспортних засобів є підтримання оптимального температурного режиму. Кількість теплової енергії, необхідної для охолодження продукції, визначають за формулою:

$$Q=cm(t_1-t_2), \qquad (1)$$

де Q – кількість теплової енергії, кДж;

c – питома теплоємність продукту, кДж·кг$^{-1}$;

m – маса продукції, кг; t_1 – початкова температура продукту, °С;

t_2 – температура зберігання, °С.

Таблиця 1 – Засоби транспортування продуктів переробки молока

Вид транспорту	Призначення	Особливості	Переваги
Рефрижераторний автомобіль	Перевезення молочних продуктів	Система охолодження	Контроль температури
Ізотермічний контейнер	Транспортування фасованої продукції	Теплоізоляція	Збереження якості
Контейнерний транспорт	Масове перевезення продукції	Герметичність	Санітарна безпека
Внутрішньогосподарський	Переміщення продукції в межах підприємства	Електрокари та транспортери	Автоматизація процесу
Спеціалізований	Перевезення масла та сирів	Стабільний мікроклімат	Зниження втрат продукції

Сучасні транспортні засоби для перевезення молочних продуктів обладнуються холодильними установками, системами автоматичного контролю температури, вентиляції та санітарного очищення. Особливо важливим є забезпечення герметичності транспортного відсіку та підтримання стабільної температури, оскільки навіть короткочасне порушення температурного режиму негативно впливає на якість продукції [2, 5]. Схему транспортної системи для перевезення продуктів переробки молока наведено на рис. 1.



Рис. 1. Схема сучасної транспортної системи для перевезення продуктів переробки молока

Продуктивність транспортної системи визначають за формулою:

$$Q_t = mt \quad (2)$$

де Q_t – продуктивність транспортної системи, т·год$^{-1}$;

m – маса перевезеної продукції, т;

t – тривалість транспортування, год.

У сучасних молокопереробних підприємствах активно впроваджуються цифрові системи моніторингу та **Smart Logistics** технології, що дозволяють контролювати температуру, вологість та маршрути перевезення у режимі реального часу [3–7]. Використання автоматизованих систем контролю забезпечує зменшення втрат продукції та підвищення ефективності логістичних процесів. Основні характеристики транспортних засобів наведені в табл. 2.

Таблиця 2 – Характеристики транспортних засобів для перевезення продуктів переробки молока

Показник	Стандартний транспорт	Сучасний спеціалізований транспорт
Наявність охолодження	Часткова	Автоматизована
Контроль температури	Відсутній	Автоматичний
Втрати продукції, %	3,5	0,9
Рівень автоматизації, %	32	87
Витрати пального, л·100 км$^{-1}$	29	22
Термін збереження якості, діб	3–5	7–10

Аналіз отриманих результатів свідчить, що використання сучасних транспортних засобів забезпечує підвищення ефективності перевезення продуктів переробки молока та збереження їх якості. Найбільший ефект досягається при використанні рефрижераторних систем, автоматизованого контролю температури та цифрового моніторингу логістичних процесів.

Висновки

Таким чином, транспортування продуктів переробки молока є важливим етапом технологічного процесу у молочній промисловості. Використання спеціалізованих транспортних засобів та сучасних систем контролю дозволяє забезпечити високу якість продукції, скоротити втрати та підвищити ефективність виробництва.

Список використаних джерел

1. Сиромятников Ю. М. Вплив технологічних заходів на структурно-агрегатний склад ґрунту при вирощуванні буряку цукрового // Вісник аграрної науки. 2023. Т. 101, № 11. С. 60–66. DOI: https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202311-08.

2. Сиромятников Ю. М., Харченко О. М. Фізико-механічні основи та оптимізація режимів центрифугування при витопленні бджолиного воску // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. 2025. № 27. С. 176–193. DOI: https://doi.org/10.31359/2311-441X-2025-27-176.

3. Сиромятников Ю. М., Шабля В. П., Харченко О. М., Бєлих О. В. Біологічний контроль вароозу за допомогою мікробних препаратів: інноваційні підходи в екологічному бджільництві // Свинарство і агропромислове виробництво. 2024. № 4(82). С. 80–93. DOI: https://doi.org/10.37143/2786-7730-2024-4(82)6.

4. Сиромятников Ю. М., Сиромятніков П. С., Харченко О. М., Бєлих О. В. Огляд сучасних підходів до вдосконалення технологій витоплення бджолиного воску: технічні рішення та інженерні перспективи // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. 2025. № 26. С. 45–88. DOI: https://doi.org/10.64165/journal-ts.2025.26.45-88.

5. Syromiatnykov Y., Vircava I. Adaptation Mechanisms of Soybean to Salinity and Drought: A Botanical Perspective // International Journal of Biological Engineering and Agriculture. 2024. Vol. 14, No. 2. P. 197–207. DOI: https://doi.org/10.51699/ijbea.v2i14.4162.

6. Syromiatnykov Y., Syromyatnikov P. Energy-saving technologies in the production of environmentally friendly feed: Ways to improve efficiency // AGRO ILM – O‘zbekiston qishloq va suv xo‘jaligi. 2025. P. 122–124. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.18042577.

7. Сиромятников Ю.М., Сиромятніков П.С. Тренди та інновації в аграрній механізації: підвищення сталості та енергоефективності у тваринництві. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів: Науковий журнал. – Харків: ДБТУ, 2024. – Вип. 25. С. 8-33. DOI: 10.37700/ts.2024.25.8-33

УДК 631.171:636:620.9

ЕНЕРГОРЕСУРСИ ТА ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ ТВАРИННИЦЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ

Сиромятников Ю.М., канд. техн. наук, Сиромятніков П.С., доцент, Машталь В.В., студент

Державний біотехнологічний університет

У роботі розглянуто сучасні підходи до використання енергоресурсів та енергозберігаючих технологій при проектуванні тваринницьких підприємств. Проведено аналіз основних напрямів зниження енерговитрат у системах вентиляції, освітлення та забезпечення мікроклімату. Встановлено, що комплексне використання автоматизованих систем управління, теплоутилізації та відновлюваних джерел енергії дозволяє знизити експлуатаційні витрати на 25–40 %.

Сучасні тваринницькі підприємства характеризуються значним рівнем енергоспоживання, що пов’язано з необхідністю забезпечення стабільного мікроклімату, функціонування систем вентиляції, освітлення, водопостачання та механізації технологічних процесів [1–4]. В умовах зростання вартості енергоносіїв особливого значення набуває впровадження енергозберігаючих технологій, які забезпечують зменшення питомих витрат енергії та підвищення ефективності виробництва [5, 6].

Одним із основних елементів енергоефективного проектування є оптимізація теплового балансу приміщень. Теплові втрати через огороджувальні конструкції визначаються за формулою:

$$Q = kF(t_{in} - t_{out}) \quad (1)$$

де: Q – теплові втрати, Вт;

k – коефіцієнт теплопередачі, Вт·м$^{-2}$·°С$^{-1}$;

F – площа поверхні теплообміну, м^2;

t_{in} – температура всередині приміщення, °С;

t_{out} – температура зовнішнього середовища, °С.

Для зменшення теплових втрат використовують багатошарові теплоізоляційні матеріали, сендвіч-панелі та системи рекуперації тепла. Використання автоматизованих систем регулювання вентиляції дозволяє підтримувати оптимальні параметри мікроклімату при мінімальному енергоспоживанні [1, 3]. Основні енергозберігаючі технології, що застосовуються у сучасному тваринництві, наведені в табл. 1.

Потужність вентиляційної установки визначається залежністю:

$$N = \frac{L\Delta P}{3600\eta} \ , \quad (2)$$

де N – потужність вентилятора, кВт;

L – продуктивність вентиляційної системи, м^3·год$^{-1}$;

ΔР – перепад тиску, Па;

η – коефіцієнт корисної дії вентилятора.

Таблиця 1 – Основні енергозберігаючі технології у тваринництві

Технологія	Призначення	Зниження енерговитрат, %	Особливості
LED-освітлення	Освітлення приміщень	50–70	Низьке споживання електроенергії
Рекуперація тепла	Повторне використання тепла	20–35	Висока ефективність у зимовий період
Сонячні панелі	Генерація електроенергії	15–40	Залежність від інсоляції
Біогазові установки	Отримання теплової енергії	25–50	Використання органічних відходів
Smart Farm системи	Автоматизація процесів	10–25	Контроль у реальному часі

У сучасних тваринницьких комплексах важливе значення має використання відновлюваних джерел енергії. Найбільш ефективними є сонячні електростанції, теплові насоси та біогазові установки, що працюють на органічних відходах тваринництва [5,6]. Схему комплексної енергозберігаючої системи тваринницького підприємства наведено на рис. 1.

Вихід біогазу при анаеробному бродінні органічної сировини визначають за формулою:

$$V_b = my \ , \quad (3)$$

де V_b – об’єм біогазу, м^3; m – маса органічної сировини, кг; y – питомий вихід біогазу, м^3·кг$^{-1}$.

Використання біогазових комплексів дозволяє одночасно вирішувати проблему утилізації органічних відходів та забезпечення підприємства власними

енергоресурсами. При цьому зменшуються викиди парникових газів та підвищується екологічна безпека виробництва [2, 4].

Суттєве значення при проектуванні тваринницьких підприємств має цифровізація виробничих процесів. Інтелектуальні системи моніторингу дозволяють автоматично контролювати температуру, вологість, концентрацію аміаку та рівень енергоспоживання. Впровадження концепції Smart Farm забезпечує оптимізацію роботи обладнання та скорочення експлуатаційних витрат [5 - 7]. Порівняльну характеристику традиційної та енергоефективної систем проектування наведено в табл. 2.

Таблиця 2 – Порівняння традиційної та енергоефективної систем проектування

Показник	Традиційна система	Енергоефективна система
Питоме енергоспоживання, кВт·год·т$^{-1}$ продукції	430	295
Витрати теплової енергії, МДж·м$^{-2}$	570	380
Викиди CO_2, кг·рік$^{-1}$	12800	8500
Рівень автоматизації, %	40	88

Комплексне використання енергозберігаючих технологій забезпечує значне підвищення енергоефективності тваринницьких підприємств. Найбільший ефект досягається при поєднанні теплоізоляційних рішень, систем рекуперації тепла, автоматизованого управління мікрокліматом та використання біогазових установок (рис.1).



Рис. 1. Схема енергозберігаючої системи тваринницького підприємства з використанням сонячних панелей, біогазової установки та автоматизованої системи управління мікрокліматом

Висновки

Таким чином, енергоефективне проектування тваринницьких підприємств є важливим напрямом підвищення економічної ефективності та екологічної безпеки аграрного виробництва. Використання сучасних енергозберігаючих технологій дозволяє зменшити залежність від традиційних енергоносіїв,

скоротити експлуатаційні витрати та забезпечити стабільність функціонування підприємств у сучасних умовах.

Список використаних джерел

1. Сиромятников Ю. М. Вплив технологічних заходів на структурно-агрегатний склад ґрунту при вирощуванні буряку цукрового // Вісник аграрної науки. 2023. Т. 101, № 11. С. 60–66. DOI: https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202311-08.

2. Сиромятников Ю. М., Харченко О. М. Фізико-механічні основи та оптимізація режимів центрифугування при витопленні бджолиного воску // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. 2025. № 27. С. 176–193. DOI: https://doi.org/10.31359/2311-441X-2025-27-176.

3. Сиромятников Ю. М., Шабля В. П., Харченко О. М., Бєлих О. В. Біологічний контроль вароозу за допомогою мікробних препаратів: інноваційні підходи в екологічному бджільництві // Свинарство і агропромислове виробництво. 2024. № 4(82). С. 80–93. DOI: https://doi.org/10.37143/2786-7730-2024-4(82)6.

4. Сиромятников Ю. М., Сиромятніков П. С., Харченко О. М., Бєлих О. В. Огляд сучасних підходів до вдосконалення технологій витоплення бджолиного воску: технічні рішення та інженерні перспективи // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. 2025. № 26. С. 45–88. DOI: https://doi.org/10.64165/journal-ts.2025.26.45-88.

5. Syromiatnykov Y., Vircava I. Adaptation Mechanisms of Soybean to Salinity and Drought: A Botanical Perspective // International Journal of Biological Engineering and Agriculture. 2024. Vol. 14, No. 2. P. 197–207. DOI: https://doi.org/10.51699/ijbea.v2i14.4162.

6. Syromiatnykov Y., Syromyatnikov P. Energy-saving technologies in the production of environmentally friendly feed: Ways to improve efficiency // AGRO ILM – O‘zbekiston qishloq va suv xo‘jaligi. 2025. P. 122–124. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.18042577.

7. Сиромятников Ю.М., Сиромятніков П.С. Тренди та інновації в аграрній механізації: підвищення сталості та енергоефективності у тваринництві.

8. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів: Науковий журнал. – Харків: ДБТУ, 2024. – Вип. 25. С. 8-33. DOI: 10.37700/ts.2024.25.8-33

UDC 629.36

CLASSIFICATION OF SPECIALIZED VEHICLES

Kozlov Yu.Yu. junior research fellow

Kharkiv branch of Leonid Pohorilyy Ukrainian Research Institute for Forecasting and Testing of Agricultural Machinery and Technologies

Shevchenko I.O., Ph.D. in Engineering, Associate Professor, Goncharenko O.O.

State Biotechnological University

The process of creating specialized vehicles, especially in a market economy and small-scale production, involves finding compromises among conflicting requirements.

The fleet of specialized vehicles in Ukraine today represents a variety of types and designs, and therefore its main structural division can be determined by the following groups of superstructures "by body type": dump trucks and garbage trucks; vans (refrigerated; vans with heated bodies, for transportation of explosives, for transportation of animals); tanks (for transportation of bulk, powdery, dusty building materials, including cement trucks; for transportation of bulk food products: flour, grain, compound feed, bran; for transportation of liquid foodstuffs; for transportation of dangerous goods in accordance with ADR; platforms (container ships; with a swap body, for transportation of cars); skeletal structures (panel trucks; truss trucks); specialized vehicles with lifting devices [1]. An analytical justification for the methodology for developing design assessment documents for IT-based designs is proposed. This methodology includes a classification of design change safety levels into white, green, yellow, orange, and red. It contains a general framework, assessment and evaluation methods, terminology, classification by types and types, criteria for classifying various impacts, a list of equipment, and engineering assessment algorithms taking into account a risk-based approach and automation of activities and personnel requirements. This methodology is based on the most complex assessment of specialized vehicles and their most hazardous properties, namely, brakes and stability, which serve as the basis for developing the developed methodology. It has been established that the greatest challenge faced by researchers when replacing full-scale testing with calculations or computer modeling is the lack of or unreliability of initial data.

Conclusion.

For the purpose of identifying missing initial data, simplified experimental methods are proposed that can be implemented using commonly available equipment, thereby ensuring the availability of testing.

List of sources used

1. Автомобіль вантажний. Сучасні конструкції: підручник для здобувачів ступеня вищої освіти ЗВО / А. Т. Лебедєв, В. Д. Мигаль, І.О. Шевченко, М.Л. Шуляк; за ред. проф. А.Т. Лебедєва; ХНТУСГ. Харків: ТОВ «Планета-Прінт», 2021. 369 с.

UDC 629.3.015

ANALYSIS OF FACTORS REDISTRIBUTING VERTICAL LOADS ON THE PROPULSION UNITS OF A POWER VEHICLE

Myasushka M.S. research fellow

Kharkiv branch of Leonid Pohorilyy Ukrainian Research Institute for Forecasting and Testing of Agricultural Machinery and Technologies

Shtefan D.V. master

State Biotechnological University

At the current stage of society's development, it is impossible to adhere to advanced resource-saving and efficient technologies for growing agricultural products without the use of modern mechanization, since the timely and high-quality execution of field work and transport operations is a key stage in the agricultural production process.

The efficiency of using energy resources, in particular medium-duty vehicles, which are widely used by agricultural producers as the least expensive and most profitable to use, affects not only the unit cost of production, but also the financial and economic performance indicators and economic sustainability of the enterprise.

When performing transport operations on surfaces with varying load-bearing capacity or when traveling on slopes, it is necessary to redistribute the weight carried by the drives. This is because, for various reasons, the surface on which the vehicle is traveling has uneven load-bearing capacity, which reduces the traction and grip of the drive [1]. Another reason why it is necessary to redistribute the weight falling on the drive is movement on slopes. This is due to the fact that to increase lateral stability, it is necessary to add additional load to the drive located higher up the slope, which makes it possible to perform transport operations on surfaces with a higher terrain slope. In addition, it has been repeatedly established that when carrying out field work, it is sometimes necessary to leave the field with damaged drive units due to a puncture or a broken wheel, since in field conditions on soils with low bearing capacity, replacing the wheel drive unit is quite labor-intensive, and sometimes impossible. In addition, after carrying out such work on a field with low bearing capacity, the latter suffers significant man-made damage, the elimination of which requires additional operations related to leveling and loosening the soil layer.

Conclusion.

Thus, the analysis of the above-mentioned factors predetermines the need to search for technical solutions and methods for redistributing the weight (vertical load) falling on the drive of a wheeled vehicle during movement and the relevance of the research being conducted.

List of sources used

1. Динамічні властивості і стабільність функціонування автотранспортних засобів / Д.В. Абрамов, Н.М. Подригало, М.А. Подригало, О.С. Полянський, В. Л. Файст Х.: ХНАДУ, 2014. 204 с.

UDC 629.113-592

CALCULATIONS OF BRAKING PROPERTIES OF SPECIALIZED VEHICLES

Kozlov Yu.Yu. junior research fellow

Kharkiv branch of Leonid Pohorilyy Ukrainian Research Institute for Forecasting and Testing of Agricultural Machinery and Technologies

Telychko A.Y. mater

State Biotechnological University

The computational method for determining braking system effectiveness is based on testing the ratios of adhesion levels achieved by the wheels of all axles of specialized vehicles and the braking coefficient, as prescribed by Regulation No. 13.

There are two types of calculations for the braking system of specialized vehicles: verification and design. The verification calculation verifies the compliance of the braking system of specialized vehicles with known design parameters with regulatory requirements for braking efficiency. The design calculation selects and calculates the brake mechanisms, brake drive, and control and corrective devices based on the braking dynamics of the specialized vehicles, the specified deceleration, mass distribution, and its geometric dimensions to meet regulatory requirements. When calculating the braking system efficiency of specialized vehicles, the following parameters are examined: the level of deceleration developed in normal mode (clause 2.1.1 of Appendix 4 to UN Regulations No. 13 – N2, N3, O3, O4); the level of deceleration developed in emergency mode, when diagonally mounted brake mechanisms or the mechanisms of one axle are operational (clause 2.2.1 of Appendix 4 to UN Regulations No. 13 – N2, N3, O3, O4); the ability of the parking brake system to hold the vehicle on a descent with a standard gradient (clause 2.3.1 of Appendix 4 to UN Regulations No. 13 – N2, N3, O3, O4); the levels of adhesion implemented by the vehicle axles (Appendix 10 to UN Regulations No. 13 – N2, N3, O3, O4). In accordance with paragraph 3.1.4.1 of Annex 10 of UN Regulation No. 13, to verify compliance with the requirements for the ratio of available adhesion levels, it is necessary to calculate the available adhesion curves for the front and rear axles using the formulas provided in UN Regulation No. 13 (engineering calculations).

Conclusion.

Using a calculation-analytical method for determining the effectiveness of a braking system significantly simplifies and reduces the cost of assessing the conformity of specialized vehicles.

List of sources used

1. Regulation No. 13. Uniform provisions concerning the approval of vehicles of categories M, N and O with regard to braking. Website. https://unece.org/sites/default/files/2024-03/R013r9e.pdf. (date of access: 18.04.2026).

UDC 656.13:631

JUSTIFICATION OF TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL SUPPORT FOR THE HARVESTING PROCESS

Lebedeva I.A. senior research fellow

Kharkiv branch of Leonid Pohorilyy Ukrainian Research Institute for Forecasting and Testing of Agricultural Machinery and Technologies

Huzevatyi E.Y. master

State Biotechnological University

Harvesting is the final stage of fieldwork associated with agricultural crop cultivation. The volume of harvested crops depends largely on its timely and high-quality execution. This is especially important in regions where harvesting takes place under unfavorable conditions, complicated by excessive moisture or drought, as delaying the harvest increases grain losses.

Harvesting, particularly of leguminous crops, occurs during periods of heavy rainfall or sleet. Surface waterlogging reduces the maneuverability of wheeled vehicles used to transport crops from the fields. It should be noted that farms currently experience an acute shortage of high-traffic wheeled power vehicles capable of performing their assigned duties of transporting agricultural goods using trailers.

This ultimately reduces the efficiency of using road transport, increasing overall costs, transportation expenses and the cost of agricultural products [1].

The efficiency of using vehicles during harvesting can be increased by:

- by increasing the traction properties of power vehicles;
- by reducing the normal pressure on the ground of vehicles;
- through the use of loading trailers;
- through the use of trailers that serve as "transport compensators";
- through the use of high-capacity energy vehicles;
- through the use of high-traffic energy sources.

It should be noted that the use of heavy-duty energy vehicles is limited due to the weak bearing capacity of the soil during the harvesting period, and the use of trailer-transfer devices leads to increased damage to soybean seeds and a decrease in its cost.

Conclusion.

In this regard, increasing the efficiency of using vehicles, in particular the KrAZ family, which is the most common in the region's agriculture, can be achieved by reducing the normal pressure on the soil, increasing traction and coupling properties, and using trailers that can act as compensators when the vehicle is not in use for harvesting.

List of sources used

1. Величко О. П. Логістика в системі менеджменту підприємств аграрного сектору економіки : монографія. Дніпропетровськ : Акцепт П.П., 2015. 525 с.

UDC 631.373

THE STATE AND PROSPECTS OF USING FREIGHT TRANSPORT IN AGRICULTURE

Myasushka M.S. research fellow

Kharkiv branch of Leonid Pohorilyy Ukrainian Research Institute for Forecasting and Testing of Agricultural Machinery and Technologies

Vashechko S.S. master

State Biotechnological University

To solve transport problems related to the delivery of agricultural goods, both standardized vehicles and specialized agricultural machinery with trailer systems are used, mostly with a service life of more than 10 years.

Transportation work in agricultural production includes: transportation of mineral and organic fertilizers, delivery of seeds and herbicides, transportation of crops, etc. At the same time, the vehicles used in agricultural production for the transportation of goods differ significantly from those used in other industries, which is caused by a number of specific features – the variety of goods transported, the seasonality of the work, urgency, dimensions, and other factors. Industrial observations have established that the main volume of freight transportation is carried out in the spring-autumn period and to carry it out it is necessary to use the entire available potential of available vehicles and trailer capacities [1].

In order to optimize the process of handling agricultural products during their transportation, not only single vehicles are used, but also agricultural trailers, which have a design adapted for such purposes. Trailers of this type are designed for transporting feed, grain and vegetable crops, livestock and poultry, fertilizers, silage, and other bulk materials. Agricultural trailers come in a variety of styles, including curtain-sided, flatbed, sealed, dump, and for transporting livestock and poultry. Universal agricultural trailers that can be paired with a truck or tractor are particularly in demand. Trailers for transporting grain and agricultural crops vary in body shape and volume, unloading method, and number of axles. Due to their light weight, grain trailers have a high load capacity of up to 35 tons and a volume of up to 92 cubic meters. They are equipped with permanently attached sides and may also have a special tarpaulin with a quick-tensioning system to protect the cargo from dirt and dust.

Conclusion.

Recently, the operation of a vehicle with a trailer as part of a road train has been given increasing importance, as these units are the most efficient and productive.

List of sources used

1. Журавльов В.І. Організація та управління автомобільними перевезеннями : підручник. Київ : Вища школа, 2010. 368 с.

УДК 629.113.012.8

ВДОСКОНАЛЕННЯ РЕСОРНОЇ ПІДВІСКИ КОМЕРЦІЙНОГО АВТОМОБІЛЯ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ПЛАВНОСТІ ХОДУ

Макаренко М. Г., доцент, Бондаренко П. М., здобувач вищої освіти

Державний біотехнологічний університет

У роботі обґрунтовано напрями вдосконалення ресорної підвіски вантажного автомобіля з метою підвищення плавності ходу. На основі аналізу динамічних процесів, частотних характеристик та експлуатаційних умов визначено ключові параметри підвіски, що впливають на коливання підресореної маси. Запропоновано комплекс інженерних рішень щодо оптимізації жорсткісних і демпфуючих характеристик із урахуванням змінного навантаження та дорожніх умов.

Плавність ходу вантажного автомобіля є важливою експлуатаційною характеристикою, що визначає не лише комфорт водія, а й збереження вантажу, рівень динамічних навантажень на елементи конструкції та загальну надійність транспортного засобу. В умовах агропромислового комплексу комерційні автомобілі часто експлуатуються на дорогах із нерівним покриттям, що призводить до виникнення інтенсивних вертикальних коливань, ударних навантажень і підвищеного зносу вузлів ходової частини.

Конструкція підвіски таких автомобілів базується на використанні залежної ресорної системи, яка відзначається простотою, високою міцністю та здатністю сприймати значні навантаження. Водночас така підвіска має обмежені можливості адаптації до змін умов експлуатації, зокрема до коливань маси вантажу. При русі без навантаження або з частковим завантаженням підвіска працює в режимі підвищеної жорсткості, що спричиняє передачу значної частини дорожніх нерівностей на раму і кабіну. У результаті зростає рівень вібрацій, знижується комфорт водія та прискорюється втома конструкційних елементів.

Якісний аналіз процесу вертикальних коливань свідчить, що після проходження дорожньої нерівності підресорена маса автомобіля здійснює затухаючі коливання (рис. 1). При недостатньому демпфуванні ці коливання мають значну тривалість і амплітуду, що негативно впливає на стійкість руху та комфорт. У разі надмірного демпфування підвіска втрачає здатність ефективно поглинати енергію удару, внаслідок чого збільшується передача короткочасних, але інтенсивних навантажень на раму автомобіля. Таким чином, забезпечення оптимального рівня демпфування є одним із ключових завдань при вдосконаленні підвіски.

Не менш важливим є врахування частотних характеристик системи. У процесі руху автомобіль піддається впливу збурень різної частоти, які залежать від профілю дороги та швидкості руху. Якщо ці збурення збігаються з власними характеристиками підвіски, виникає резонанс, що супроводжується різким збільшенням амплітуди коливань. Це призводить до зниження керованості,

погіршення контакту коліс із дорогою та зростання навантажень на елементи підвіски. Тому одним із напрямів удосконалення є зміщення робочих характеристик підвіски таким чином, щоб уникнути роботи в резонансній зоні (рис. 2).

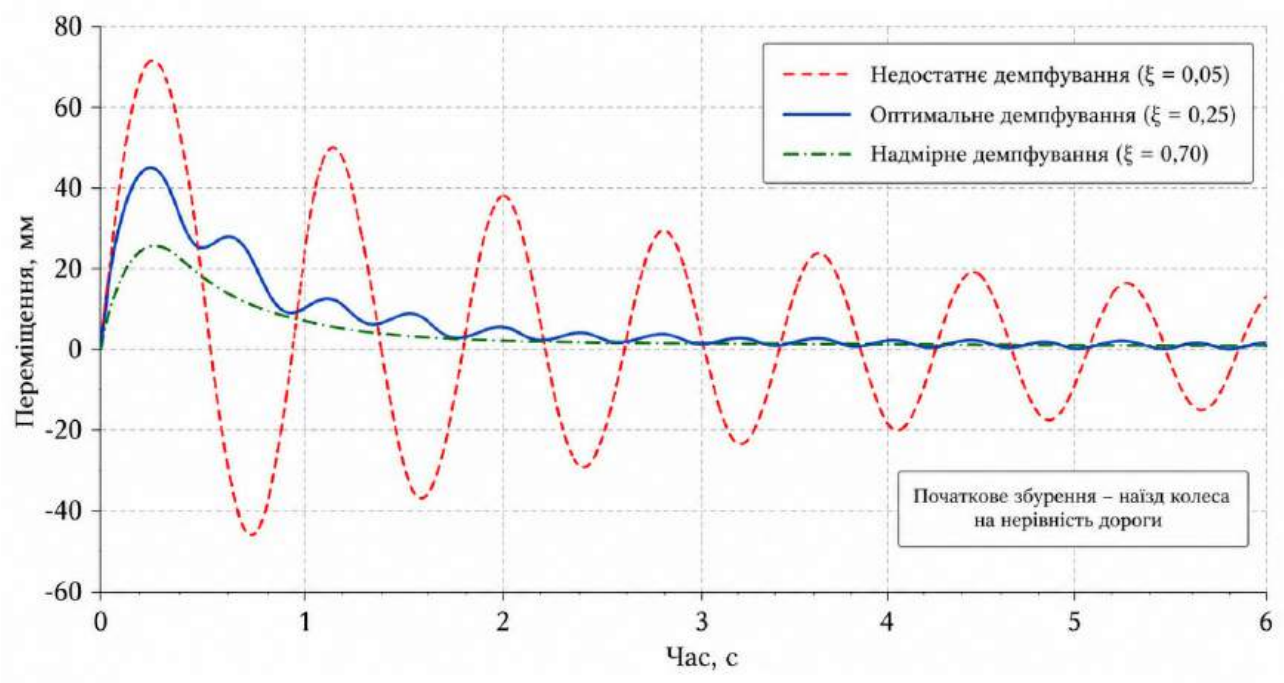


Рис. 1. Залежність переміщення підресореної маси від часу при різних режимах демпфування

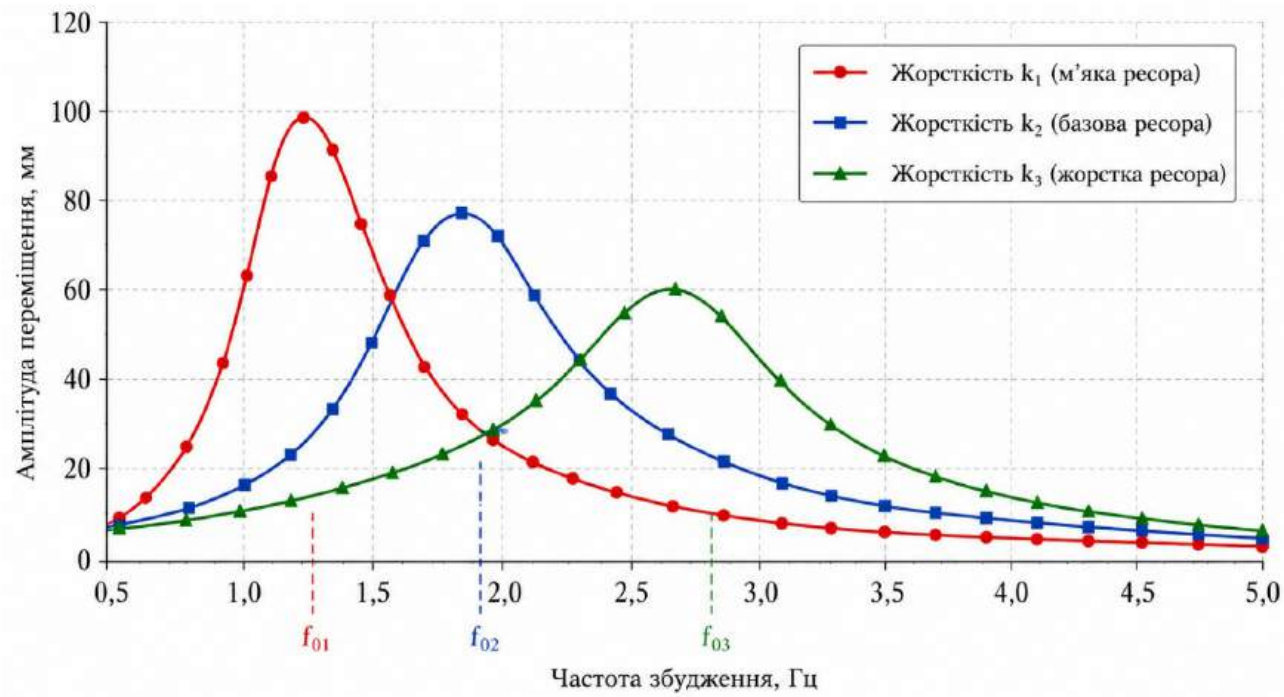


Рис. 2. Залежність амплітуди коливань від частоти збурення при різній жорсткості ресор

Окрему увагу слід приділити характеру зміни жорсткості ресори залежно від навантаження. Традиційна ресорна підвіска має переважно лінійну

характеристику, що означає однакову жорсткість незалежно від режиму роботи. Проте в умовах змінного навантаження це є недоліком, оскільки при малих навантаженнях підвіска є надто жорсткою, а при великих — недостатньо ефективно обмежує переміщення моста. Застосування прогресивної характеристики жорсткості дозволяє частково вирішити цю проблему, забезпечуючи м’якіший режим роботи при малих навантаженнях і більш жорсткий — при зростанні навантаження.

На основі проведеного аналізу обґрунтовано доцільність використання прогресивної ресори, конструкція якої передбачає поетапне підключення додаткових елементів у процесі деформації. Це дозволяє адаптувати жорсткість підвіски до реальних умов експлуатації та зменшити рівень коливань підресореної маси. Одночасно з цим доцільним є застосування амортизаторів із характеристиками, що забезпечують ефективне гасіння коливань без суттєвого зростання жорсткості системи. Важливим аспектом є також технічний стан вузлів кріплення ресор, оскільки зношення втулок і шарнірів призводить до появи додаткових ударних навантажень і погіршення плавності ходу.

Додатковим резервом підвищення ефективності підвіски є зниження передачі високочастотних вібрацій на раму автомобіля. Це може бути досягнуто шляхом застосування еластичних елементів у зонах контакту ресори з рамою або вдосконалення конструкції опорних вузлів. Такі рішення дозволяють зменшити інтенсивність вібрацій без суттєвого впливу на несучу здатність підвіски.

Висновок.

Підвищення плавності ходу комерційного автомобіля досягається шляхом комплексного вдосконалення ресорної підвіски. Найбільш ефективними заходами є застосування прогресивної характеристики жорсткості, оптимізація демпфуючих властивостей амортизаторів, покращення технічного стану вузлів кріплення та зменшення передачі вібрацій на раму. Реалізація зазначених рішень дозволяє знизити амплітуду коливань, підвищити комфорт водія та забезпечити більш сприятливі умови експлуатації транспортного засобу в умовах агропромислового комплексу.

Список використаних джерел

1. Макаренко М. Г., Кулаков Ю. М. Дослідження параметрів, що характеризують допустимі коливання автомобіля // Автомобільний транспорт в аграрному секторі: проектування, дизайн та технологічна експлуатація : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. – Харків : ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2019. – С. 55.

2. Макаренко М. Г., Кулаков Ю. М., Савчук С. Ю. Дослідження швидкості руху автомобіля по нерівних дорогах // Автомобільний транспорт в аграрному секторі: проектування, дизайн та технологічна експлуатація : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. – Харків : ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2019. – С. 58.

3. Подригало М. А. та ін. Динаміка автомобіля. Харків: ХНАДУ, 2008.

4. Gillespie T. D. Fundamentals of Vehicle Dynamics. SAE International, 1992.

5. Wong J. Y. Theory of Ground Vehicles. John Wiley & Sons, 2008.

УДК 629.113.012.8:629.3.027

МОДЕРНІЗАЦІЯ АВТОМОБІЛЯ MAN TGM З РОЗРОБКОЮ АДАПТИВНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ПІДВІСКОЮ

Макаренко М. Г., доцент, Майхровський А. В., здобувач вищої освіти

Державний біотехнологічний університет

У роботі розглянуто модернізацію автомобіля MAN TGM шляхом розробки адаптивної системи керування підвіскою, здатної змінювати жорсткість і демпфування відповідно до режиму руху, навантаження та стану дорожнього покриття. Обґрунтовано, що традиційна підвіска з фіксованими характеристиками не забезпечує оптимального поєднання плавності ходу, стійкості та довговічності конструкції в широкому діапазоні експлуатаційних умов. Запропоновано інженерне рішення, спрямоване на зменшення амплітуди вертикальних коливань, зниження динамічних навантажень і підвищення стабільності руху комерційного автомобіля.

Сучасні комерційні автомобілі середнього класу, до яких належить MAN TGM, експлуатуються в умовах змінного навантаження, різної якості дорожнього покриття та широкого діапазону швидкісних режимів. Один і той самий автомобіль може виконувати перевезення по магістральних дорогах, міських маршрутах, промислових зонах, будівельних майданчиках та дорогах із локальними пошкодженнями покриття. У таких умовах підвіска повинна одночасно забезпечувати плавність ходу, стабільність положення кузова, збереження контакту коліс із дорогою та обмеження динамічних навантажень на раму, мости й кузовне обладнання.

Актуальність модернізації підвіски MAN TGM полягає в тому, що традиційна система з фіксованими характеристиками не може бути однаково ефективною для всіх режимів експлуатації. При русі порожнього автомобіля жорсткість підвіски часто виявляється надмірною, що призводить до збільшення вертикальних прискорень кабіни та рами. При русі з повним навантаженням, навпаки, зростає ризик надмірного ходу підвіски, пробою обмежувачів і підвищення напружень у несучих елементах. Тому технічно доцільним є перехід від пасивної підвіски до адаптивної системи, яка змінює свої параметри відповідно до фактичного режиму руху.

Плавність ходу автомобіля визначається характером коливань підресорених і непідресорених мас. Підресорена маса включає раму, кабіну, кузов і вантаж, а непідресорена — колеса, частину мостів і елементи, що безпосередньо взаємодіють із дорогою. При наїзді колеса на нерівність виникає збурення, яке через шину, міст і пружні елементи підвіски передається на раму. Якщо жорсткість і демпфування підібрані нераціонально, енергія збурення не розсіюється достатньо швидко, а переходить у вертикальні коливання кузова. Саме це знижує комфорт, погіршує стійкість і збільшує втомне навантаження на елементи конструкції.

Аналіз конструкції підвіски комерційних автомобілів показує, що її основними параметрами є жорсткість пружних елементів, демпфувальні характеристики амортизаторів, хід підвіски, маса непідресорених елементів і характеристики шин. Для MAN TGM можуть застосовуватися різні варіанти підвісок залежно від модифікації, однак спільною проблемою для традиційних систем є обмежена здатність адаптуватися до зміни навантаження та дорожнього профілю. Фіксована характеристика амортизатора є компромісною: вона не може одночасно забезпечити м'яке проходження дрібних нерівностей і жорстке гасіння великих переміщень підвіски.

Основний недолік пасивної підвіски полягає в тому, що її параметри закладаються на етапі проєктування для умовного середнього режиму. Проте в реальній експлуатації автомобіль постійно переходить між режимами розгону, гальмування, повороту, руху по хвилястому покриттю, проїзду локальних перешкод і руху з різним завантаженням. У кожному з цих режимів потрібна інша реакція підвіски. Для плавного руху по рівній дорозі бажаними є менша жорсткість і помірне демпфування. Для руху по нерівностях великої амплітуди потрібне підвищене демпфування, щоб обмежити хід підвіски. Для повороту або інтенсивного гальмування необхідно зменшити крен і клювання кузова, тобто тимчасово підвищити опір переміщенню підвіски.

Запропонована модернізація автомобіля MAN TGM передбачає розробку адаптивної системи керування підвіскою, яка забезпечує електронне регулювання демпфування та, за потреби, корекцію ефективної жорсткості. Конструктивно система може включати керовані амортизатори з електромагнітними або електрогідравлічними клапанами, датчики вертикальних прискорень рами, датчики ходу підвіски, датчики швидкості автомобіля, датчики навантаження на осі та електронний блок керування. Для підвищення ефективності можливе застосування пневматичних пружних елементів або допоміжних пневмогідравлічних модулів, що дозволяють регулювати висоту кузова та підтримувати оптимальне положення рами незалежно від маси вантажу.

Принцип роботи адаптивної системи полягає у безперервному оцінюванні динамічного стану автомобіля. Електронний блок керування отримує інформацію про вертикальні прискорення, швидкість переміщення підвіски, положення кузова, швидкість руху та навантаження. На основі цих даних система визначає, який режим є пріоритетним у конкретний момент: комфортний, стабілізаційний або захисний. У комфортному режимі демпфування зменшується для зниження передачі дрібних нерівностей на кабіну. У стабілізаційному режимі демпфування збільшується для зменшення крену, клювання та розгойдування. У захисному режимі система обмежує хід підвіски при великих збуреннях, щоб запобігти пробою і перевантаженню елементів конструкції.

Особливу увагу доцільно приділити адаптації підвіски до завантаження автомобіля. Для комерційного транспорту зміна маси вантажу суттєво впливає на власні частоти коливань і положення статичної рівноваги. Якщо параметри

підвіски не змінюються, то порожній автомобіль має надмірно жорстку реакцію, а завантажений — підвищену інерційність і схильність до розгойдування. Адаптивна система дозволяє компенсувати цю зміну шляхом корекції демпфування та підтримання раціональної висоти кузова. Це підвищує не лише плавність ходу, а й стабільність геометрії підвіски, положення фар, кутів нахилу кузова та розподілу навантаження між осями.

Характер впливу модернізації на коливальний процес доцільно подати через залежність амплітуди вертикальних коливань підресореної маси від частоти збурення. Для традиційної підвіски характерним є виражений максимум у зоні власної частоти, що свідчить про резонансне підсилення коливань. Для адаптивної системи цей максимум знижується за рахунок збільшення демпфування саме в критичному частотному діапазоні. Така залежність показана на рис. 1. Зменшення резонансного піка означає, що автомобіль менше реагує на повторювані нерівності дороги, а вертикальні прискорення рами та кабіни знижуються.

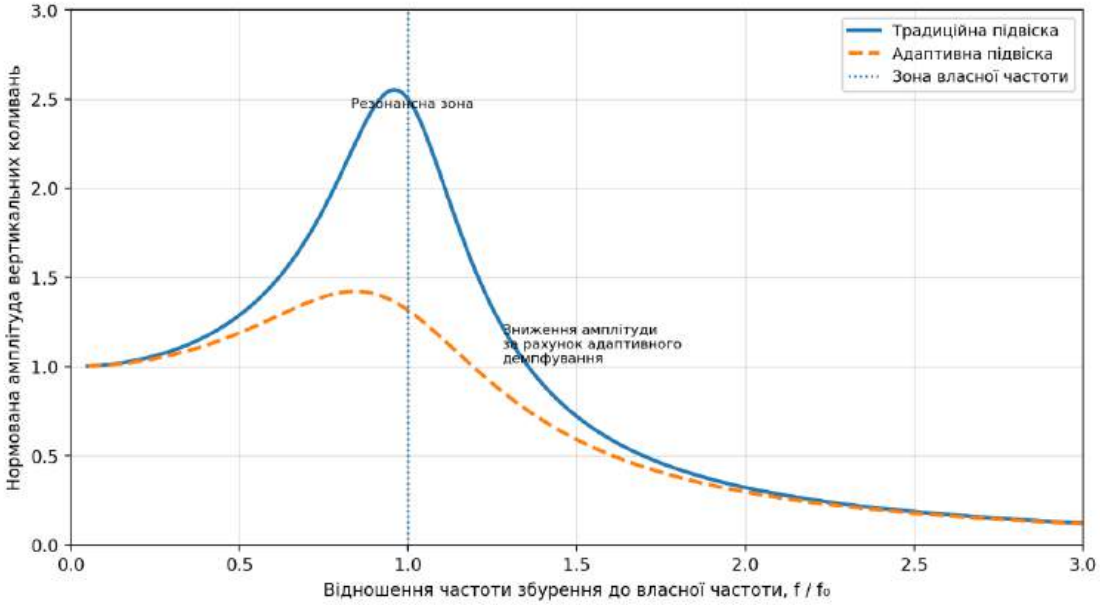


Рис. 1. Залежність амплітуди вертикальних коливань підресореної маси від частоти збурення для традиційної та адаптивної підвіски.

Другим важливим параметром є залежність коефіцієнта демпфування від швидкості переміщення підвіски. У традиційному амортизаторі ця характеристика зазвичай є фіксованою і визначається конструкцією клапанів. В адаптивній системі демпфування змінюється відповідно до швидкості ходу підвіски: при малих переміщеннях воно може бути зниженим, що підвищує комфорт, а при швидких і значних переміщеннях — збільшеним, що забезпечує гасіння ударних впливів.

Фізична сутність підвищення плавності ходу полягає у керованому розсіюванні енергії, що надходить від нерівностей дороги. У пасивній підвісці розсіювання енергії залежить лише від механічних характеристик амортизатора, тому система не може змінити свою реакцію відповідно до дорожньої ситуації. В адаптивній підвісці електронне керування дозволяє збільшувати демпфування тоді, коли потрібно швидко погасити коливання, і зменшувати його тоді, коли

пріоритетом є ізоляція кабіни від дрібних вібрацій. Саме така вибірковість забезпечує перевагу адаптивної системи над пасивною.

Інженерне впровадження запропонованого рішення повинно передбачати збереження надійності та ремонтопридатності автомобіля. Для цього адаптивні елементи доцільно інтегрувати без радикальної зміни несучої конструкції рами та мостів. Керовані амортизатори можуть встановлюватися в штатні точки кріплення або з мінімальною модернізацією кронштейнів. Датчики ходу підвіски доцільно розміщувати так, щоб вони були захищені від механічних пошкоджень, вологи та забруднення. Електронний блок керування має мати захист від вібрацій, перепадів напруги та температурних впливів.

Очікуваний технічний ефект полягає у зменшенні амплітуди вертикальних коливань підресореної маси, зниженні середньоквадратичних прискорень кабіни, зменшенні динамічних навантажень на раму та вузли підвіски, а також покращенні контакту коліс з дорогою. Для комерційного автомобіля це має практичне значення, оскільки підвищується середня безпечна швидкість руху на нерівних дорогах, зменшується ризик пошкодження вантажу, покращуються умови праці водія та збільшується ресурс деталей ходової частини.

Висновок.

Модернізація автомобіля MAN TGM шляхом розробки адаптивної системи керування підвіскою є технічно обґрунтованим напрямом підвищення його експлуатаційних властивостей. Найбільш раціональною є система, що поєднує електронно-кероване демпфування, контроль положення кузова та адаптацію до навантаження. Такий підхід дозволяє перейти від компромісної пасивної підвіски до функціонально гнучкої системи, яка забезпечує кращу плавність ходу, стійкість руху та довговічність конструкції в реальних умовах експлуатації.

Список використаних джерел

1. Лебедєв А. Т., Антощенков В. М., Бойко М. Ф., Мазоренко Д. І., Макаренко М. Г., Подригало М. А., Карпенко В. А. Трактори та автомобілі. Ч. 3. Шасі : навч. посіб. Київ : Вища освіта, 2004. 335 с.

2. Волков В. П., Вільський Г. Б. Теорія руху автомобіля : підручник. Суми : Університетська книга, 2010. 320 с.

3. Макаренко М. Г., Кулаков Ю. М. Дослідження параметрів, що характеризують допустимі коливання автомобіля // Автомобільний транспорт в аграрному секторі: проектування, дизайн та технологічна експлуатація : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. Харків : ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2019. С. 55.

4. Макаренко М. Г., Кулаков Ю. М., Савчук С. Ю. Дослідження швидкості руху автомобіля по нерівних дорогах // Автомобільний транспорт в аграрному секторі: проектування, дизайн та технологічна експлуатація : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. Харків : ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2019. С. 58.

5. Wong J. Y. Theory of Ground Vehicles. 4th ed. Hoboken : John Wiley & Sons, 2008. 528 p.

УДК 629.113.004.67:629.3.017

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА СТІЙКОСТІ ГАЛЬМУВАННЯ КОМЕРЦІЙНОГО АВТОМОБІЛЯ ШЛЯХОМ УДОСКОНАЛЕННЯ АЛГОРИТМУ ЕЛЕКТРОННОГО РОЗПОДІЛУ ГАЛЬМІВНОГО ЗУСИЛЛЯ В СИСТЕМІ ABS

Макаренко М. Г., доцент, Дорофєєв О. В., здобувач вищої освіти

Державний біотехнологічний університет

У роботі досліджено підвищення ефективності та стійкості гальмування комерційного автомобіля шляхом удосконалення алгоритму електронного розподілу гальмівного зусилля в системі ABS. Обґрунтовано доцільність переходу до адаптивного керування гальмівними моментами з урахуванням динамічного перерозподілу навантаження, коефіцієнта зчеплення, ступеня ковзання та режиму руху. Показано, що запропонований підхід дозволяє скоротити гальмівний шлях, підвищити курсову стійкість і забезпечити більш повне використання потенціалу зчеплення коліс із дорогою.

Ефективність гальмування комерційних автомобілів визначається не лише конструкцією гальмівної системи, але й якістю алгоритмів керування, що реалізуються в електронних системах. Для важких транспортних засобів характерні значні інерційні сили, високий центр мас та змінний розподіл навантаження, що ускладнює процес гальмування. У зв’язку з цим класичні підходи до формування гальмівних зусиль, засновані на фіксованих або квазистатичних залежностях, не забезпечують оптимального використання зчеплення коліс із дорогою в усьому діапазоні режимів експлуатації [2].

Під час гальмування автомобіля відбувається інтенсивний динамічний перерозподіл нормальних реакцій між осями. Зі збільшенням уповільнення зростає навантаження на передню вісь і зменшується на задню. Це призводить до зміни максимально допустимих гальмівних сил, які можуть бути реалізовані кожним колесом без втрати зчеплення. Якщо розподіл гальмівного зусилля не відповідає цьому процесу, виникає передчасне блокування коліс, що супроводжується зменшенням коефіцієнта зчеплення та втратою стійкості руху [5].

Антиблокувальна система (ABS) забезпечує запобігання повному блокуванню коліс шляхом модуляції тиску в гальмівних контурах. Однак її класичний алгоритм має реактивний характер, оскільки втручання відбувається після досягнення критичного рівня ковзання. Електронний розподіл гальмівного зусилля (EBD), що інтегрується в систему ABS, дозволяє частково враховувати зміну навантаження між осями, але у більшості випадків базується на спрощених залежностях і не враховує повною мірою динаміку процесу гальмування.

Дослідження [3; 4] показують, що швидкість руху, характер дорожнього профілю та нерівності покриття впливають на умови контакту колеса з дорогою і, відповідно, на реалізацію гальмівних сил. Це означає, що алгоритм розподілу гальмівного зусилля повинен враховувати не лише статичні параметри, але й динамічні фактори, які змінюються в процесі руху. У роботах з теорії автомобіля

[2] доведено, що максимальна ефективність гальмування досягається при підтриманні ковзання колеса в області максимуму коефіцієнта зчеплення.

З метою підвищення ефективності гальмування запропоновано удосконалення алгоритму електронного розподілу гальмівного зусилля, яке базується на адаптивному підході. Алгоритм передбачає використання розширеного набору вхідних параметрів: швидкість руху автомобіля, уповільнення, ступінь ковзання коліс, різниця швидкостей обертання коліс, оцінка коефіцієнта зчеплення, а також оцінка поточного навантаження на осі. Це дозволяє формувати гальмівні моменти з урахуванням фактичного стану транспортного засобу.

На початковому етапі гальмування алгоритм здійснює оцінку режиму: службове, інтенсивне або аварійне гальмування. При службовому гальмуванні пріоритетом є плавність і стабільність, тому тиск у гальмівних контурах змінюється поступово. При інтенсивному гальмуванні система переходить у режим максимального використання зчеплення, а при аварійному — у режим швидкої модуляції тиску з мінімальним запізненням.

Ключовим елементом алгоритму є оцінювання динамічного перерозподілу навантаження. Величина уповільнення використовується як індикатор зміни нормальних реакцій, що дозволяє коригувати співвідношення гальмівних сил між передньою і задньою осями. На відміну від традиційних систем, де обмеження гальмівного зусилля на задній осі є фіксованим, у запропонованому алгоритмі воно змінюється залежно від навантаження автомобіля та інтенсивності гальмування.

Додатково алгоритм враховує асиметрію умов зчеплення. У випадку різнорідного дорожнього покриття під колесами лівого і правого борту виникає різниця гальмівних сил, що створює розвертальний момент. Удосконалений алгоритм обмежує цей момент шляхом корекції тиску в контурах, забезпечуючи компроміс між ефективністю гальмування і курсовою стійкістю.

Фізична сутність процесу гальмування визначається залежністю коефіцієнта зчеплення від ступеня ковзання колеса. Як показано на рис. 1, максимальна гальмівна сила досягається при певному значенні ковзання, що відповідає оптимальному режиму взаємодії шини з дорогою. Підтримання роботи колеса в цій області є основним завданням системи ABS з удосконаленим алгоритмом розподілу гальмівного зусилля.

Розподіл гальмівного зусилля між осями залежно від уповільнення наведено на рис. 2. У традиційній системі ця залежність є обмеженою і не враховує повною мірою динамічні процеси. В адаптивній системі передбачається більш гнучке регулювання, що дозволяє ефективно використовувати зчеплення кожної осі без перевищення критичних значень.

Додатковою перевагою адаптивного алгоритму є можливість інтеграції з іншими електронними системами автомобіля, такими як система курсової стійкості та система контролю тяги. Це дозволяє формувати комплексний підхід до керування динамікою автомобіля, у якому гальмівна система працює узгоджено з іншими системами активної безпеки.

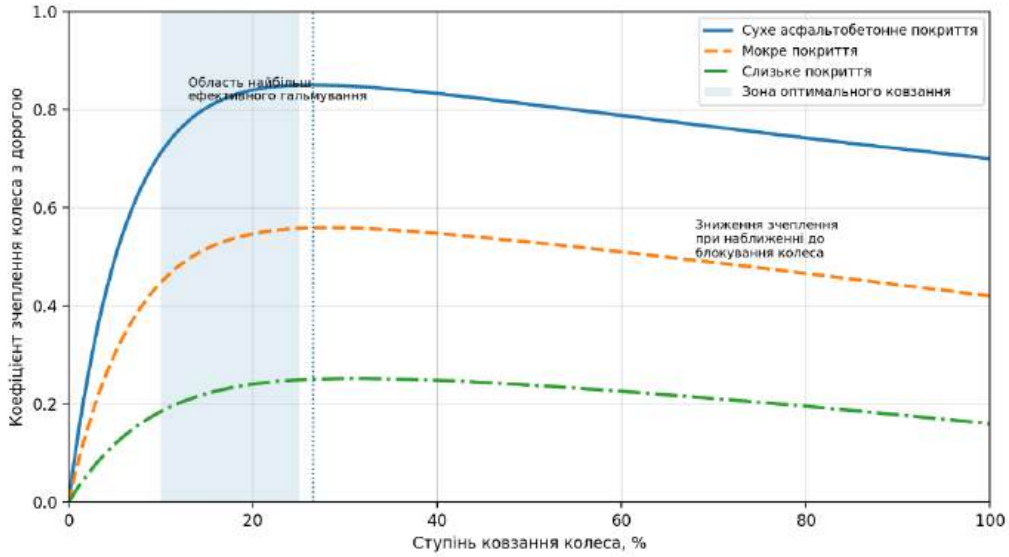


Рис. 1. Залежність коефіцієнта зчеплення колеса з дорогою від ступеня ковзання для різних дорожніх умов.

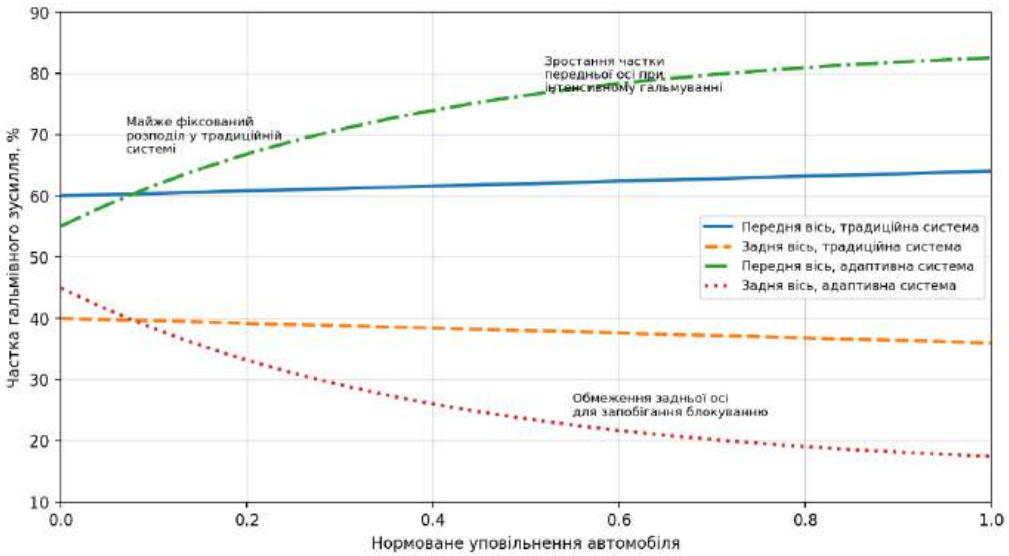


Рис. 2. Залежність розподілу гальмівного зусилля між осями від уповільнення автомобіля для традиційної та адаптивної систем.

Очікуваний ефект від впровадження запропонованого алгоритму полягає у скороченні гальмівного шляху, підвищенні ефективності використання зчеплення, зменшенні ймовірності блокування коліс і заносу, а також покращенні керованості автомобіля під час гальмування. Для комерційного транспорту це має особливе значення, оскільки підвищується безпека перевезень і зменшується ризик аварійних ситуацій.

Висновок.

Удосконалення алгоритму електронного розподілу гальмівного зусилля в системі ABS є перспективним напрямом розвитку гальмівних систем комерційних автомобілів. Адаптивний підхід дозволяє враховувати динамічні зміни стану автомобіля та дорожніх умов, забезпечуючи більш ефективне і

стабільне гальмування. Це створює передумови для подальшого розвитку інтелектуальних систем керування транспортними засобами.

Список використаних джерел

1. Лебедєв А. Т., Антощенков В. М., Бойко М. Ф., Мазоренко Д. І., Макаренко М. Г., Подригало М. А., Карпенко В. А. Трактори та автомобілі. Ч. 3. Шасі : навч. посіб. Київ : Вища освіта, 2004. 335 с.

2. Волков В. П., Вільський Г. Б. Теорія руху автомобіля : підручник. Суми : Університетська книга, 2010. 320 с.

3. Макаренко М. Г., Кулаков Ю. М. Дослідження параметрів, що характеризують допустимі коливання автомобіля // Автомобільний транспорт в аграрному секторі: проектування, дизайн та технологічна експлуатація : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. Харків : ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2019. С. 55.

4. Макаренко М. Г., Кулаков Ю. М., Савчук С. Ю. Дослідження швидкості руху автомобіля по нерівних дорогах // Автомобільний транспорт в аграрному секторі: проектування, дизайн та технологічна експлуатація : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. Харків : ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2019. С. 58.

5. Wong J. Y. Theory of Ground Vehicles. 4th ed. Hoboken : John Wiley & Sons, 2008. 528 p.

УДК 629.113.012.8:629.3.027

ПІДВИЩЕННЯ ПЛАВНОСТІ ХОДУ АВТОМОБІЛЯ КРАЗ Н23.2R ШЛЯХОМ УДОСКОНАЛЕННЯ БАЛАНСИРНОЇ ПІДВІСКИ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ПНЕВМОГІДРАВЛІЧНОЇ СИСТЕМИ З ЕЛЕКТРОННИМ КЕРУВАННЯМ

Макаренко М. Г., доцент, Харін Р. О., здобувач вищої освіти

Державний біотехнологічний університет

У роботі досліджено підвищення плавності ходу автомобіля КрАЗ Н23.2R шляхом модернізації балансирної ресорної підвіски із застосуванням пневмогідравлічної системи з електронним керуванням. Обґрунтовано доцільність адаптивного регулювання жорсткості та демпфування для зниження амплітуди коливань і динамічних навантажень. Показано, що комплексне вдосконалення підвіски дозволяє зменшити вплив нерівностей дороги, підвищити стабільність руху та ресурс елементів конструкції.

Проблема забезпечення високої плавності ходу важких автомобілів залишається однією з ключових у транспортній інженерії, особливо в умовах експлуатації техніки в агропромисловому комплексі. Автомобілі типу КрАЗ Н23.2R функціонують у середовищі, де дорожнє покриття характеризується значною нерівністю, змінною несучою здатністю та випадковим профілем мікро- і макронерівностей. У таких умовах формується складний спектр збурень, який включає як низькочастотні коливання великої амплітуди, так і високочастотні вібрації малої амплітуди. Сукупна дія цих факторів призводить до інтенсивного

коливального процесу, що негативно впливає на технічний стан автомобіля та ефективність його використання.

Як показують дослідження [3; 4], допустимі параметри коливань транспортного засобу визначаються не лише характеристиками підвіски, але й швидкістю руху, масою вантажу та параметрами дорожнього профілю. Зі збільшенням швидкості руху відбувається зростання інтенсивності динамічних навантажень, що особливо проявляється в області частот, близьких до власних частот підресореної системи. Це призводить до виникнення резонансних явищ, які супроводжуються різким збільшенням амплітуди коливань і прискорень.

Балансирна ресорна підвіска автомобіля КрАЗ Н23.2R виконує функцію рівномірного розподілу навантаження між мостами та забезпечення постійного контакту коліс із дорогою. Конструкція підвіски включає листові ресори, балансирний механізм, амортизатори та вузли кріплення до рами. Така схема є конструктивно простою і надійною, проте має обмежені можливості щодо адаптації до змінних умов експлуатації. Основними параметрами, що визначають динамічну поведінку підвіски, є жорсткість пружних елементів та інтенсивність демпфування.

Аналіз експлуатаційних властивостей показує, що штатна підвіска має низку недоліків. Жорсткість листових ресор є практично постійною і не враховує зміну маси вантажу, що призводить до неузгодженості між параметрами підвіски та умовами руху. Демпфування, яке забезпечується стандартними гідравлічними амортизаторами, має фіксовану характеристику і не забезпечує ефективного гасіння коливань у широкому діапазоні швидкостей переміщення. Крім того, наявність тертя між листами ресори створює додаткові нелінійності, які ускладнюють керування коливальним процесом.

З метою підвищення ефективності роботи підвіски запропоновано інтегрувати пневмогідравлічну систему з електронним керуванням. Така система дозволяє реалізувати адаптивну зміну жорсткості та демпфування залежно від режиму руху. Пневматичний елемент забезпечує змінну жорсткість за рахунок стискання газу, а гідравлічна частина відповідає за регулювання демпфування шляхом зміни пропускної здатності клапанів. Електронний блок керування аналізує сигнали від датчиків прискорення, переміщення та швидкості руху і формує керуючі впливи, що дозволяють оптимізувати роботу підвіски в реальному часі.

Характер впливу модернізації на коливальний процес ілюструється залежністю амплітуди коливань від частоти збурення (рис. 1). У випадку штатної підвіски спостерігається різке зростання амплітуди в області резонансу, що свідчить про недостатнє демпфування. У модернізованій системі пік амплітуди зменшується за рахунок адаптивного регулювання демпфування, що дозволяє ефективно гасити коливання в критичних режимах.

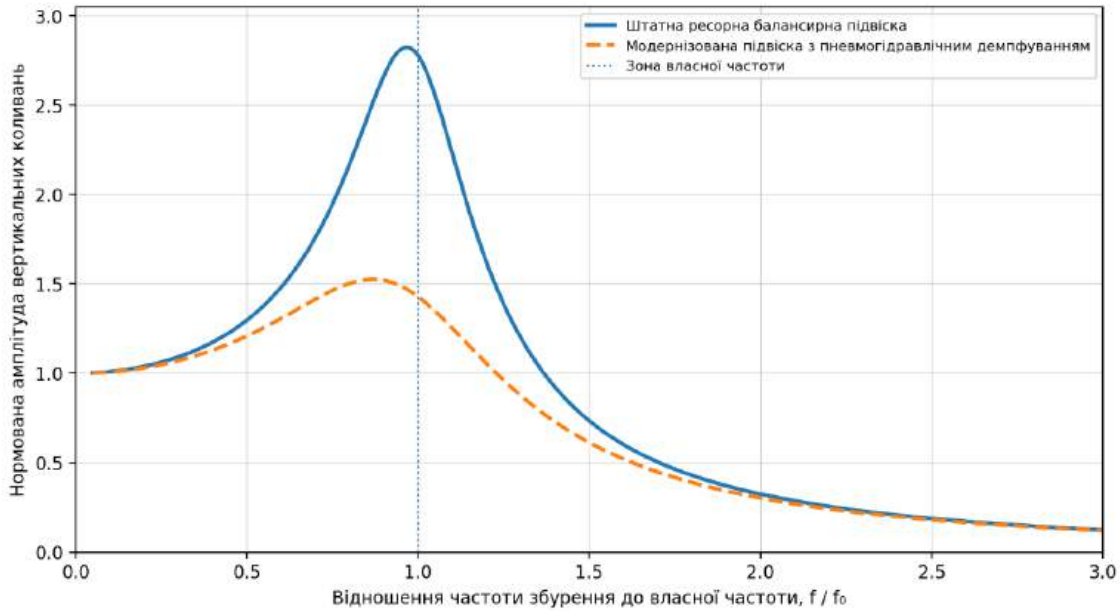


Рис. 1. Залежність амплітуди вертикальних коливань підресореної маси від частоти збурення для штатної та модернізованої підвіски.

Додатково важливим є аналіз залежності коефіцієнта демпфування від швидкості переміщення підвіски (рис. 2). У традиційній системі ця характеристика є практично незмінною, що не дозволяє одночасно забезпечити комфорт і стійкість руху. У пневмогідравлічній системі демпфування змінюється за нелінійним законом: при малих швидкостях воно знижується, забезпечуючи м'якість ходу, а при великих — зростає, обмежуючи амплітуду коливань і запобігаючи пробою підвіски.

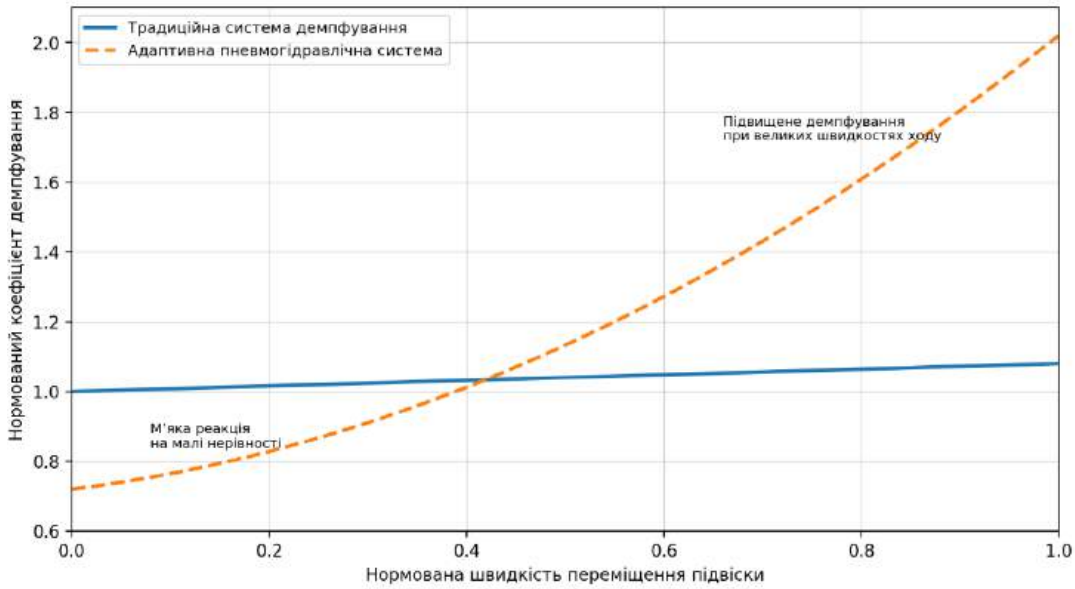


Рис. 2. Залежність коефіцієнта демпфування від швидкості переміщення підвіски для традиційної та адаптивної систем.

Інженерне вдосконалення також включає оптимізацію конструкції листових ресор із застосуванням прогресивної жорсткості, модернізацію кріплень балансирного механізму та використання додаткових демпферів для

гасіння кутових коливань. Комплексна реалізація цих заходів дозволяє забезпечити більш ефективне поглинання енергії збурень та зменшити передачу вібрацій на раму автомобіля.

Очікуваний ефект від впровадження запропонованого рішення полягає у зниженні амплітуди коливань підресореної маси, зменшенні динамічних навантажень на елементи конструкції та підвищенні стабільності руху автомобіля. Зниження рівня вібрацій сприяє покращенню умов праці водія та збільшенню ресурсу вузлів підвіски. Особливо важливим є зменшення впливу резонансних режимів, що досягається завдяки адаптивному регулюванню параметрів підвіски.

Висновок.

Удосконалення балансирної підвіски автомобіля КрАЗ Н23.2R шляхом застосування пневмогідравлічної системи з електронним керуванням є ефективним технічним рішенням, яке дозволяє підвищити плавність ходу за рахунок оптимізації процесів коливання, регулювання жорсткості та демпфування відповідно до умов експлуатації. Запропонований підхід має перспективи подальшого розвитку в напрямі створення інтелектуальних адаптивних підвісок для важких транспортних засобів.

Список використаних джерел

1. Лебедєв А. Т., Антощенков В. М., Бойко М. Ф., Мазоренко Д. І., Макаренко М. Г., Подригало М. А., Карпенко В. А. Трактори та автомобілі. Ч. 3. Шасі : навч. посіб. Київ : Вища освіта, 2004. 335 с.

2. Волков В. П., Вільський Г. Б. Теорія руху автомобіля : підручник. Суми : Університетська книга, 2010. 320 с.

3. Макаренко М. Г., Кулаков Ю. М. Дослідження параметрів, що характеризують допустимі коливання автомобіля // Автомобільний транспорт в аграрному секторі: проектування, дизайн та технологічна експлуатація : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. – Харків : ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2019. – С. 55.

4. Макаренко М. Г., Кулаков Ю. М., Савчук С. Ю. Дослідження швидкості руху автомобіля по нерівних дорогах // Автомобільний транспорт в аграрному секторі: проектування, дизайн та технологічна експлуатація : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. – Харків : ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2019. – С. 58.

5. Wong J. Y. Theory of Ground Vehicles. 4th ed. Hoboken : John Wiley & Sons, 2008. 528 p.

УДК 629.113.014:629.3.027

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ РУЛЬОВОГО МЕХАНІЗМУ З ГІДРОПІДСИЛЮВАЧЕМ КОМЕРЦІЙНОГО АВТОМОБІЛЯ ШЛЯХОМ ЕЛЕКТРОННО-КЕРОВАНОГО РЕГУЛЮВАННЯ ПІДСИЛЮВАЛЬНОЇ ДІЇ ЗАЛЕЖНО ВІД РЕЖИМУ РУХУ

Макаренко М. Г., доцент, Коваленко А. М., здобувач вищої освіти

Державний біотехнологічний університет

У роботі досліджено підвищення ефективності рульового керування комерційного автомобіля шляхом удосконалення гідропідсилювача з використанням електронно-керованого регулювання підсилювальної дії. Обґрунтовано необхідність адаптації коефіцієнта підсилення залежно від швидкості руху, динамічних параметрів та умов експлуатації. Показано, що запропоноване рішення забезпечує підвищення точності керування, інформативності рульового колеса та курсової стійкості транспортного засобу.

Підвищення рівня керованості та безпеки комерційних автомобілів є актуальною науково-технічною задачею, що обумовлена ускладненням умов експлуатації та зростанням вимог до ефективності транспортних систем. Для автомобілів великої маси характерні значні інерційні навантаження, що впливають на процес керування та формують підвищені вимоги до рульового механізму. Особливої актуальності проблема набуває при русі в змінних режимах, коли швидкість, дорожні умови та навантаження змінюються в широких межах. Як показано у роботах [2; 5], ефективність керування транспортним засобом визначається не лише кінематичними параметрами рульового приводу, а й характером взаємодії між водієм і системою підсилення.

Традиційні рульові механізми з гідропідсилювачем забезпечують зниження зусилля на рульовому колесі за рахунок використання гідравлічного тиску, що створюється насосом і розподіляється клапанним механізмом. Однак такі системи мають фіксовану характеристику підсилення, яка визначається конструктивними параметрами та не змінюється в процесі руху. Це призводить до необхідності компромісу між комфортом керування та точністю реакції автомобіля на керуючі впливи. За низьких швидкостей недостатній рівень підсилення ускладнює маневрування, тоді як при високих швидкостях надмірне підсилення знижує інформативність керма та погіршує курсову стійкість [2].

Аналіз конструкції рульового механізму показує, що ключовими елементами, які визначають підсилювальну дію, є розподільний клапан, насос гідропідсилювача та силовий циліндр. Характеристика підсилення формується залежно від перепаду тиску в робочих порожнинах, що, у свою чергу, залежить від геометрії клапанних каналів та параметрів робочої рідини. У штатній системі відсутня можливість оперативного регулювання цих параметрів, що обмежує адаптивність рульового керування до змінних умов руху.

Результати досліджень [3; 4] свідчать, що динамічні процеси в автомобілі мають складний характер і залежать від швидкісного режиму, характеристик дорожнього профілю та властивостей підвіски. Аналогічно, процес керування також повинен враховувати зміну зовнішніх і внутрішніх факторів. Зокрема, при збільшенні швидкості руху зростає чутливість автомобіля до малих кутів повороту керма, що вимагає зменшення підсилювальної дії для запобігання надмірним відхиленням траєкторії.

З метою підвищення ефективності рульового керування запропоновано застосування електронно-керованого гідропідсилювача, який забезпечує адаптивне регулювання коефіцієнта підсилення. Конструктивно система включає електрогідравлічний регулюючий клапан, датчики швидкості руху, кута повороту керма та зусилля на рульовому колесі, а також електронний блок керування. Така система дозволяє формувати змінну характеристику підсилення відповідно до поточного режиму руху.

Принцип роботи системи полягає у зміні тиску в гідравлічному контурі залежно від швидкості руху та параметрів керування. При малих швидкостях забезпечується максимальне підсилення, що знижує фізичне навантаження на водія та покращує маневреність автомобіля. При збільшенні швидкості підсилювальна дія зменшується, що підвищує точність керування та стабільність руху. Такий підхід відповідає сучасним тенденціям розвитку автомобільних систем керування, спрямованих на підвищення адаптивності та інтелектуалізації транспортних засобів [5].

Характер зміни коефіцієнта підсилення залежно від швидкості руху наведено на рис. 1. Як видно, для традиційної системи характерна практично стала величина підсилення, тоді як у модернізованій системі спостерігається його зменшення зі зростанням швидкості. Це забезпечує більш адекватну реакцію автомобіля на керуючі впливи в різних режимах руху.

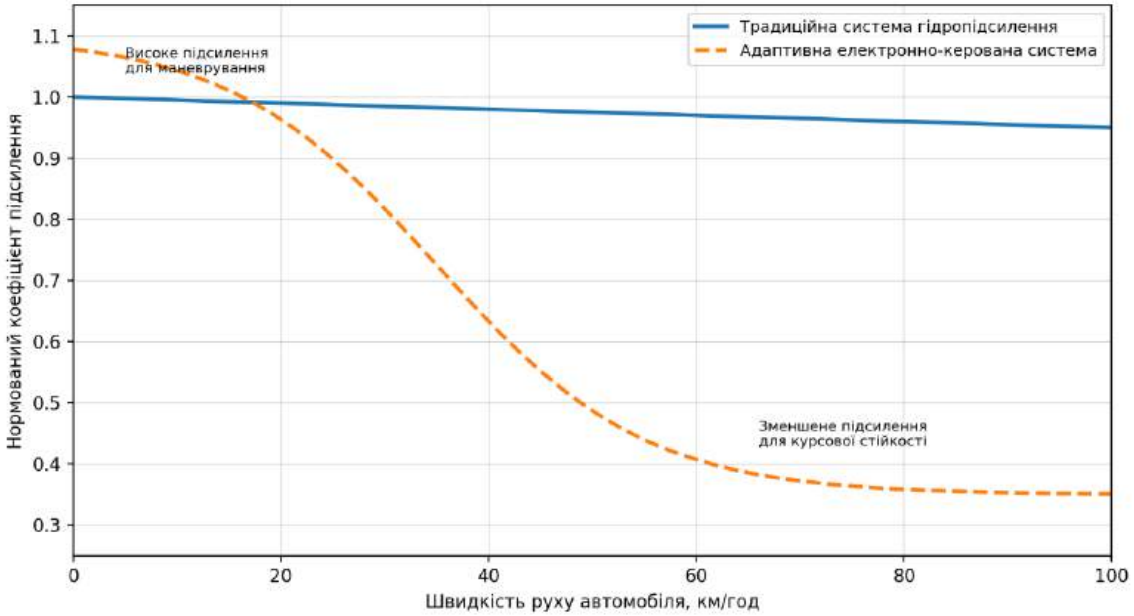


Рис. 1 – Залежність коефіцієнта підсилення рульового механізму від швидкості руху для традиційної та адаптивної систем.

Крім того, важливим є врахування динамічних процесів у рульовому приводі, зокрема коливань та зворотних реакцій від дорожнього покриття. У модернізованій системі реалізується регулювання демпфувальних властивостей шляхом зміни гідравлічного опору при різних швидкостях повороту керма. Це дозволяє зменшити амплітуду коливань і підвищити стабільність рульового керування.

Залежність демпфувального ефекту від швидкості повороту керма наведено на рис. 2. Для адаптивної системи характерне зростання демпфування при збільшенні швидкості повороту, що сприяє зниженню коливальних процесів і підвищенню точності керування.

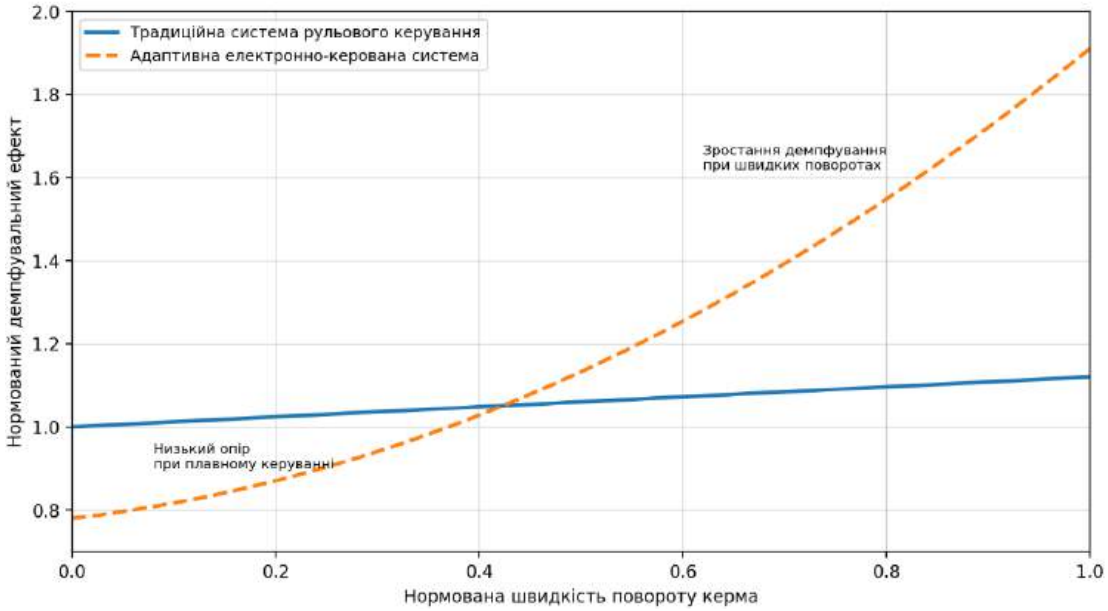


Рис. 2 – Залежність демпфувального ефекту рульового механізму від швидкості повороту керма для традиційної та адаптивної систем.

Фізична сутність підвищення ефективності рульового керування полягає у зменшенні невідповідності між керуючим впливом водія та реакцією автомобіля. Адаптивне регулювання підсилювальної дії дозволяє оптимізувати передачу зусиль у рульовому приводі, зменшити ймовірність перерегулювання та покращити стабільність руху. Крім того, підвищується інформативність рульового колеса, що дозволяє водієві більш точно оцінювати стан дорожнього покриття та поведінку автомобіля.

Очікуваний ефект від впровадження запропонованої системи полягає у зниженні зусиль на рульовому колесі при маневруванні, підвищенні точності керування, зменшенні відхилень траєкторії руху та покращенні курсової стійкості. Адаптивне керування дозволяє забезпечити оптимальні умови роботи рульового механізму в широкому діапазоні швидкостей і навантажень.

Висновок.

Удосконалення рульового механізму з гідропідсилювачем шляхом впровадження електронно-керованого регулювання підсилювальної дії є перспективним напрямом розвитку конструкцій комерційних автомобілів. Запропоноване рішення дозволяє підвищити рівень безпеки та ефективності

експлуатації транспортного засобу за рахунок адаптації характеристик рульового керування до умов руху.

Список використаних джерел

1. Лебедєв А. Т., Антощенков В. М., Бойко М. Ф., Мазоренко Д. І., Макаренко М. Г., Подригало М. А., Карпенко В. А. Трактори та автомобілі. Ч. 3. Шасі : навч. посіб. Київ : Вища освіта, 2004. 335 с.

2. Волков В. П., Вільський Г. Б. Теорія руху автомобіля : підручник. Суми : Університетська книга, 2010. 320 с.

3. Макаренко М. Г., Кулаков Ю. М. Дослідження параметрів, що характеризують допустимі коливання автомобіля // Автомобільний транспорт в аграрному секторі: проектування, дизайн та технологічна експлуатація : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. Харків : ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2019. С. 55.

4. Макаренко М. Г., Кулаков Ю. М., Савчук С. Ю. Дослідження швидкості руху автомобіля по нерівних дорогах // Автомобільний транспорт в аграрному секторі: проектування, дизайн та технологічна експлуатація : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. Харків : ХНТУСГ ім. П. Василенка, 2019. С. 58.

5. Макаренко М. Г., Бондаренко В. О. Використання інтелектуальних систем керування стійкістю та тяговим контролем автомобіля // Молодь і індустрія 4.0 в XXI столітті : матеріали Міжнар. форуму. Харків : ДБТУ, 2024. С. 154.

Секція 2

СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІ МАШИНИ ТА ІНЖЕНЕРІЯ ТВАРИННИЦТВА

УДК 631.372

ІСТОРІЧНИЙ ШЛЯХ ДО МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ В РОСЛИННИЦТВІ

Анікєєв О.І. доцент, канд. техн наук, Ільїна Н.О., ст. викладач, Радченко Є.С. магістрант.

(Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна)

У роботі наведено етапи розвитку нових галузей математики, зокрема лінійного програмування, принципу статистичного імітаційного моделювання.

Дослідження проблем, пов'язаних із використанням техніки, дозволило умовно виділити чотири періоди в їх науковій розробці. Ці періоди пов'язані з становленням рівня механізації сільського виробництва.

Перший, довоєнний. В Україні перша вітчизняна сільськогосподарська техніка стала з'являтися наприкінці 20-х – на початку 30-х років. [1], другий етап – це повоєнні роки. У 50-х і на початку 60-х років знову підсилилася увага до розробки питань економіки й організації використання машин. Наприкінці 50-х років усю сільськогосподарську техніку, що перебуває в МТС, продали колгоспам і радгоспам. На їх базі розпочали розбудову мережі підприємств «Сільгосптехніка» [1].

Третій етап характеризується інтенсивним наповненням МТП господарств автотракторною технікою та машинами. Розвиток нових галузей математики, зокрема лінійного програмування й обчислювальної техніки, дозволяє вирішувати ряд планових задач сільськогосподарського виробництва й знаходити для них нові оптимальні рішення.

На при кінці 80-х років можна вважати початком четвертого етапу розвитку досліджень проблем використання техніки. Науковці дійшли до висновку, що тільки системний аналіз у поєднанні з математичним моделюванням властивих йому процесів і взаємозв'язків є найбільш ефективним напрямом наукових досліджень у галузі сільськогосподарського виробництва [2]. У наукових працях академіка Л.В. Погорілого вперше обґрунтовано необхідність застосування системного аналізу для дослідження проблем машиновикористання. [3] Це здійснюється шляхом узагальнення ретроспективних даних або методом моделювання на ЕОМ. Для спрощення обчислювальної процедури на ЕОМ використовується принцип статистичного імітаційного моделювання.

Були роботи по застосуванню імітаційного моделювання в задачах інженерної підтримки сільськогосподарського виробництва, а також розробки з оптимального складу машинно-тракторного парку і керування використанням техніки на основі оптимальних графіків завантаження МТП. Було розроблено моделі: імітаційну парку машин; агрегатну і матричну системи машин для комплексної механізації рослинництва; а також методи оптимізації експлуатаційних систем сільськогосподарської техніки,

У роботах І.І. Мельника, С.М. Бондаря [4, 5] система вбачається, як деяка цілісність, що складається з взаємозалежних елементів, кожний з який чинить свій внесок у характеристики цілого й у свою чергу також може бути системою. Завдання подібного моделювання виробити рекомендації (методи, способи та ін.) щодо ефективності системи (як „поводитися" у середовищі щоб досягти мети системи).

В наукових працях В.І. Пастухова виконано постановку і аналіз задачі прийняття раціональних рішень машиновикористання за трьома критеріями збереженості: ресурсів, довкілля та біологічного потенціалу сільськогосподарських культур [6]. Вченим вирішено науково-технічну проблему, що має значення для підвищення ефективності використання машин у складі комплексів при виробництві продукції рослинництва. Розроблена система критеріїв оцінки комплексів машин, які охоплюють витрати ресурсів під час виконання технологічного процесу, реалізацію біологічного потенціалу рослин та показники впливу функціонування сільськогосподарської техніки на довкілля. За результатами імітаційного моделювання функціонування машинних агрегатів визначаються статистичні характеристики зазначених критеріїв. Згортка результатів проводиться за допомогою числових статистичних характеристик та обчислення ймовірностей переваг комбінацій комплексів, що порівнюються.

Свого часу було виконано дослідження з розробки агротехнологій блочно-варіантних систем для господарств різних технологічних рівнів, результати якого дозволили встановити сучасний стан технологічних процесів по основних сільськогосподарських культурах, в тому числі – ранніх зернових культур.

Список використаних джерел

1. Білоусько Я. Узагальнення та прогнозні оцінки форм машиновикористання у сільському господарстві. // Техніка АПК. – 1998. – №2. – С. 8–9.

2. Сидорчук О.В. Системотехніка аграрного виробництва та інженерні аспекти його розвитку // Вісник Львів. ДАУ: Агроінженерні дослідження. – 2000. №4. – С. 5–12.

3. Л.В. Погорілий, В.Г. Бильский, Н.П. Кононенко Наукові основи підвищення продуктивності сільськогосподарської техніки. – К.: Урожай, 1989. – 240с

4. Бондар С.М. Поєднання системного та ситуаційного підходів при обґрунтуванні комплексів машин для основного обробітку ґрунту. // Науковий вісник НАУ, 2004. Вип. 73 (част. 2). – С. 42-55.

5. Бондар С.М., Мельник І.І., Гречкосій В.Д. Проектування технологічних процесів у рослинництві: навчальний посібник / За ред. І.І. Мельника. — Ніжин: АСПЕКТ – Поліграф — 2005 — 192 с.: іл.

6. Пастухов В.І. Обґрунтування оптимальних комплексів машин для механізації польових робіт: Автореф. дис... д-ра техн. наук / Харк. нац. техн. ун-т сіл. госп-ва ім. П. Василенка. — Харків.: 2004. — 38 с.

УДК 631. 362

РЕЗУЛЬТАТИ ВІБРОСЕПАРАЦІЇ НАСІННЄВОГО МАТЕРІАЛУ РІПАКУ

Козаченко О.В., д.т.н., професор, Рибалка А.М., магістрант

Державний біотехнологічний університет

Метою дослідження є експериментальне визначення впливу вібросепарації на якість насіннєвого матеріалу ріпаку після попередньої сепарації на робочих органах зерноочисних машин загального призначення.

Для проведення експериментальних досліджень щодо ефективності процесу вібросепарації насіннєвого матеріалу ріпаку на першому етапі необхідно було визначити наступні показники та конструктивно-технологічні параметри віброфрикційного сепаратора: установочні значення основних параметрів, величину подачі вихідного матеріалу на робочі поверхні сепаратора; вид фрикційного покриття робочих поверхонь та загальний об'єм насіннєвого матеріалу, що прийнято для дослідів. Ці параметри вібраційного сепаратора було обрано за результатами відомих попередніх досліджень [1, 2] та на підставі пробних дослідів при вивченні технологічного процесу розділення насіннєвої суміші ріпаку від важковідокремлюваних засмічувачів. Конструктивним удосконаленням віброфрикційного сепаратора для розділення насіннєвих матеріалів сільськогосподарських культур [3, 4] є застосування у живильнику додаткової відбивної пластини попереднього розділення компонентів за пружністю. Раціональне значення кута нахилу відбивної пластини було прийнято на основі теоретичних досліджень $\alpha = 30^0$.

Виходячи із загальних вимог до протікання технологічного процесу розділення компонентів насіннєвих сумішей, а саме – одношаровий рух часточок по робочих площинах сепаратора, була обрана подача на одну робочу поверхню на рівні 4,7 кг/год (продуктивність сепаратора за подачею).

На етапі підготовчих дослідів були визначені значення установочно-кінематичних параметрів віброфрикційного сепаратора при проведенні експериментальних досліджень: кут нахилу робочої фрикційної неперфорованої поверхні у поздовжньому напрямку - 4,9°; у поперечному напрямку - 2,6°; кут спрямованості коливань робочого органу установки - 30,0°; кут установки відбивної площини живильника – 22^0; амплітуда коливань - 1,2 мм; частота коливань робочого органу віброфрикційного сепаратора - 190,0 рад/с.

Неперфоровані фрикційні поверхні були облицьована абразивним полотном. При установці однієї робочої поверхні продуктивність вібраційної насіннєочисної машини складала 3,9 кг/год. При сепарації на машині насіннєвий матеріал потрапляв у сім приймальників продуктів поділу (фракцій) від кожного пакету робочих дек, які при необхідності можна об'єднувати щодо доцільності віднесення до кондиційної або некондиційної частини насіннєвого матеріалу ріпаку.

Результати експериментальних дослідів щодо виділення насіння бур'янистих рослин та домішок з одночасним процесом сортування насіння ріпаку на вібраційному сепараторі представлено у таблиці 1.

Таблиця 1 - Результати вібросепарації насіннєвої суміші ріпаку

Найменування показників	Вихідні дані	Номери фракцій						
		I	II	III	IV	V	VI	VII
Розподілення по фракціях, %	100,0	15,7	21,9	31,9	16,6	9,3	2,7	1,9
Розподілення зростаючим підсумком, %	100,0	15,7	37,6	69,5	86,1	95,4	97,1	100
Вміст насіння основної культури, %	88,2	99,1	98,2	97,5	97,0	96,4	69,3	58,4
Вміст насіння бур'янистих домішок, %	11,8	0,9	1,8	2,5	3,0	3,6	30,7	41,6
Схожість, %	62,0	93,0	91,5	91,9	91,0	90,0	46,0	41,0
Енергія проростання, %	51,0	92,7	92,5	91,7	90,0	90,0	38,0	32,0
Маса 1000 насінин, г	2,9	3,81	3, 51	3,23	2,96	2,62	2,34	2,28
Якість насіння	Н	К	К	К	К	К	Н	Н

Н – некондиційний матеріал; К – кондиційний матеріал

Аналіз одержаних результатів очищення та сортування насіннєвого матеріалу ріпаку, що представлено в таблиці 1, дозволяє зробити наступні висновки. Сепарування дозволяє розділити вихідний матеріал (суміш насіння основної культури та домішок) на окремі групи за фізико-механічними властивостями. За один пропуск вихідного насіннєвого матеріалу через віброфрикційний сепаратор отримано поділ на сім фракцій із наступними характеристиками за фракціями.

Вихідний матеріал насіннєвої суміші ріпаку, що був прийнятий для досліджень, за своїм посівними властивостями є некондиційним: схожість – 62, 0 %; енергія проростання – 51,0 %; маса 1000 насінин – 2.9 г. Вміст основної культури становить 88,2 %, а вміст бур'янистих домішок становить 11.8 %.

Після розділення насіннєвої суміші ріпаку на 7 фракцій спостерігаються такі закономірності.

Найкраща очистка досягнута у фракціях I–V, де вміст насіння ріпаку зріс до 96,4–99,1%. Фракції VI та VII є відходами, оскільки містять величезну кількість бур'янистих домішок (30,7% та 41,6% відповідно).

Фракції з I по V мають високі показники схожості (90,0–93,0%) та енергії проростання (90,0–92,7%), що значно перевищує вихідні дані. Це свідчить про те, що сепарація успішно виділила найбільш життєздатне насіння.

Спостерігається чітка кореляція: чим вища маса насінини, тим вищі її посівні якості. Найважче насіння у фракції I (3,81 г) має найвищу схожість. Зі зменшенням маси (до 2,28 г у VII фракції) різко знижується схожість та енергія проростання насіння ріпаку.

Аналіз одержаних результатів сепарації на віброфрикційному сепараторі дозволяє виконати розподіл одержаних фракцій насіннєвого матеріалу за технологічним призначенням.

До насіннєвого фонду відносяться фракції I, II, III: сумарно ці фракції складають 69,5% від загальної маси; мають найвищу масу 1000 насінин (3,23–3,81 г); відзначаються максимальною чистотою та енергією проростання. Саме ці фракції доцільно використовувати для посіву.

До товарного насіння відносяться фракції IV, V: складають 25,9% від маси; мають добру схожість, але меншу масу 1000 штук насінин. Ці фракції можуть бути використані для переробки або як резервний фонд.

Відходи (кормові домішки) складають фракції VI та VII, при цьому вони: складають лише 4,6% від загальної маси; містять основну масу бур'янів та недорозвинене, непродуктивне насіння ріпаку (схожість 41–46%).

Таким чином, сепарація насіннєвого матеріалу ріпаку була високоефективною. Вона дозволила з низькоякісної вихідної суміші виділити майже 70% висококласного посівного матеріалу та очистити його від основної маси бур'янистих засмічувачів.

Висновки.

Таким чином, проведені експериментальні дослідження процесу сепарації насіннєвого матеріалу ріпаку на віброфрикційному сепараторі показали його ефективність, що зумовлює доцільність його застосування у технологічних лініях післязбирального обробітку насіннєвого матеріалу ріпаку.

Вважати доцільним застосування попереднього очищення вороху на насіннєчисних машинах загального призначення із повітряно-решітними робочими органами для одержання цільової фракції з високими показниками.

Список використаних джерел

1. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Очистка і сортування насіння. Т. III, розділ 7. Харків: Око, 2006. 407 с.

2. Козаченко О.В., Алієв Е.Б., Піх Є.О. Чисельне моделювання процесу попередньої сепарації насіннєвої суміші на гвинтовому живильнику віброфрикційного сепаратора. Техніка, енергетика, транспорт АПК. ВНАУ. 2024 № 2 (125). С. 36-46. DOI: 10.37128/2520-6168-2024-2-4. (Англ. мовою).

3. Козаченко О.В., Алієв Е.Б., Бакум М.В., Михайлов А.Д., Крекот М.М. Обґрунтування ефективності використання віброфрикційного сепаратора при підготовці насіннєвого матеріалу гірчиці. Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН. 2021. 31. С. 142-151. DOI: 10.36710/ioc-2021-31-13.

4. Козаченко О.В., Рибалка А.М. Дослідження попереднього розділення насіннєвого матеріалу ріпаку за пружністю. Матеріали міжнародної науково-

практичної конференції «Молодь і технічний прогрес в АПК» 26-27 листопада 2025 р. – Харків: ДБТУ. 2025. С. 166-168.

УДК 631.3:631.879

АНАЛІЗ МАШИН ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ РОСЛИННИХ РЕШТОК

Безпалий О.Г. магістрант

Державний біотехнологічний університет

Розглянуто актуальність використання рослинних решток у сучасних технологіях землеробства як важливого ресурсу для збереження родючості ґрунту, накопичення органічної речовини, зменшення випаровування вологи та захисту поверхні поля від водної й вітрової ерозії. Обґрунтовано необхідність якісного подрібнення та рівномірного розподілу соломи, стерні, стебел і листя після збирання врожаю, оскільки надмірна кількість неподрібнених решток може ускладнювати роботу сівалок і ґрунтообробних агрегатів. Проаналізовано основні типи машин для подрібнення рослинних залишків.

У сучасному аграрному виробництві питання раціонального використання рослинних решток особливо актуальні, оскільки після збирання зернових, технічних і грубостеблових культур на поверхні поля залишається велика кількість соломи, стерні, стебел, листя та інших органічних залишків. У традиційних технологіях така маса тривалий час розглядалася як побічний продукт або відходи виробництва. У сучасному землеробстві рослинні рештки є важливим ресурсом для підтримання родючості ґрунту, збереження вологи, регулювання температурного режиму верхнього шару ґрунту та зменшення водної і вітрової ерозії. Особливе значення вони мають у системах мінімального, нульового та консервацийного обробітку ґрунту, де формування мульчувального шару є однією з основних умов стабільного функціонування агроекосистеми.

Надмірна кількість неподрібненої або нерівномірно розподіленої рослинної маси може створювати технологічні труднощі. Довгі фракції соломи та стебел ускладнюють роботу сівалок і ґрунтообробних агрегатів, спричиняють забивання робочих органів, погіршують якість загортання насіння, знижують рівномірність сходів та можуть створювати умови для накопичення шкідників та збудників хвороб. Тому важливим завданням є не лише збереження рослинних решток на поверхні поля, а й забезпечення їх оптимального фракційного складу та рівномірного розподілу. Ефективне вирішення цього завдання можливе завдяки застосуванню спеціалізованих машин для подрібнення рослинних решток і правильному вибору їх конструкційних та режимних параметрів.

До незернової частини врожаю належать солома, полова, короткі фрагменти стебел, листя та інші органічні залишки, що утворюються під час збирання зернових культур. Їх кількість і склад залежать від культури, сорту, урожайності, вологості рослинної маси, конструкції зернозбирального комбайна та режимів його роботи. У сучасній практиці застосовують кілька напрямів використання незернової частини врожаю, збирання у цілісному вигляді,

збирання у подрібненому вигляді, пресування, а також окреме збирання полови. Копицева та валкова технології дають змогу заготовляти солому для господарських потреб, однак мають низку недоліків, серед яких втрати полови, забруднення рослинної маси ґрунтом, додаткові витрати на підбирання і транспортування, а також часовий розрив між збиранням зерна та завершенням робіт із незерновою частиною врожаю.

Більш перспективним із погляду ресурсозбереження та підтримання родючості ґрунту є подрібнення рослинних решток із рівномірним розкиданням їх по поверхні поля. Такий спосіб дає змогу повернути органічну масу в ґрунтову систему, зменшити потребу в додаткових органічних добривах, поліпшити фізико-механічні властивості ґрунту та створити сприятливі умови для наступних культур.

Для подрібнення рослинних залишків використовують комбайнові соломоподрібнювачі, роторні мульчувачі, подрібнювачі стерні, ножові котки, дискові агрегати, машини вертикального обробітку та комбіновані знаряддя. За конструктивною схемою роторні мульчувачі поділяють на машини з вертикальною та горизонтальною віссю обертання ротора. Основними вузлами мульчувача є рама, корпус, ротор, ножі, опорні колеса, захисні елементи та зчіпний пристрій. Найбільший вплив на якість подрібнення мають тип робочого органа, частота обертання ротора, кількість ножів, форма леза, кут його встановлення, зазор між ножем і протирізальними елементами та швидкість руху агрегату.

Робочі органи машин для подрібнення решток можна класифікувати за механізмом дії на різальні, ударно-різальні, зминальні та розподільчі. Різальні органи забезпечують відокремлення частин рослинної маси за рахунок дії леза. Ударно-різальні робочі органи, зокрема молоткові ротори, поєднують удар і різання, що забезпечує інтенсивне руйнування грубостеблових решток, але часто супроводжується підвищеними енерговитратами. Зминальні органи, наприклад ножові котки, діють через надлом, притискання та часткове руйнування стебел. Розподільчі пристрої забезпечують рівномірне розкидання подрібненої маси по ширині захвату агрегату.

Список використаних джерел

1. Tang Y., Cui X., Xu H., Peng D., Liang B. Managing Residue Return Increases Soil Organic Carbon, Total Nitrogen in the Soil Aggregate, and the Grain Yield of Winter Wheat. *Agronomy*. 2024. Vol. 14. No. 7. DOI: 10.3390/agronomy14071584.

2. Сало В. М., Богатирьов Д. В., Лещенко С. М. Щодо надійності технологічного процесу подрібнення пожнивних решток. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин*. 2023. Вип. 53. С. 93–101. URL: https://dspace.kntu.kr.ua/server/api/core/bitstreams/60e1042d-26d9-4181-a551-e2d837031d7f/content

3. Карабін В. П., Олексюк А. В. Огляд машин для мульчування сільськогосподарських культур. *Актуальні задачі сучасних технологій:*

матеріали IX Міжнар. наук.-тех. конф. молод. уч. та студ. (м. Тернопіль, 25-26 листопада 2020 р.) Тернопіль: ТНТУ, 2020. С. 73.

4. Скляр Р.В. Способи різання та класифікація різальних апаратів. Електронний навчальний ресурс ТДАТУ. URL: https://elib.tsatu.edu.ua/dep/mtf/tsapk_2/page20.html

УДК 631.362

ВПЛИВ ФРАКЦІЙНОГО СКЛАДУ КОМПОНЕНТІВ В СУМІШІ НА ЯКІСТЬ ПРОЦЕСУ ВІБРОСЕПАРАЦІЇ

Козаченко О.В., доктор технічних наук, професор, Піх Є.О., аспірант

Державний біотехнологічний університет

Представлено результати проведення чисельного моделювання процесу попередньої сепарації насіннєвої суміші на гвинтовому живильнику з використанням програмних пакетів чисельного моделювання, які містять моделі дискретних елементів.

Для теоретичних розрахунків в якості об’єкту обрано насіннєву суміш ріпаку. Аналіз складу насіннєвої суміші ріпаку показав наявність трьох груп основних компонентів: основна культура (насіння ріпаку), рослинні домішки (частинки стебла, листя тощо) та важковідокремлювані насінини бур'янів (підмаренник, пікульник тощо). Проведено апроксимацію форми представлених компонентів у вигляді скупчення кулястих частинок, на яких базується метод дискретних елементів [1]. Моделювання проводилось в два етапи. Перший етап полягав у моделюванні траєкторії руху окремих частинок компонентів насіннєвої суміші при зміні геометричних параметрів гвинтового живильника віброфрикційного сепаратора [2]. Другий етап полягав у моделюванні траєкторії руху потоку суміші компонентів по обґрунтованій гвинтовій пластині живильника віброфрикційного сепаратора. Фізичні моделі чисельного моделювання обрані такі самі, як і для першого етапу. В якості факторів досліджень прийнято фракційний вміст компонентів в суміші – $\chi_н$, $\chi_д$, $\chi_б$ і швидкість подачі суміші – Q (шт/с). [3]. При цьому повинна виконуватися умова:

$$\chi_н + \chi_д + \chi_б = 1. \quad (1)$$

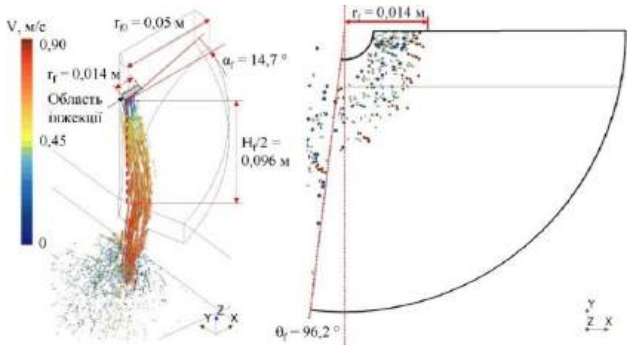


Рис. 1. Розрахункова схема другого етапу чисельного моделювання гвинтового живильника віброфрикційного сепаратора

Рух компонентів суміші по гвинтовій пластині живильника супроводжується їх розділенням по ширині. Розподіл кожного компонента по ширині пластини може бути представлений нормальним розподілом Гауса, характерними величинами якого є середнє значення μ і середньоквадратичне відхилення σ (рис. 2.).

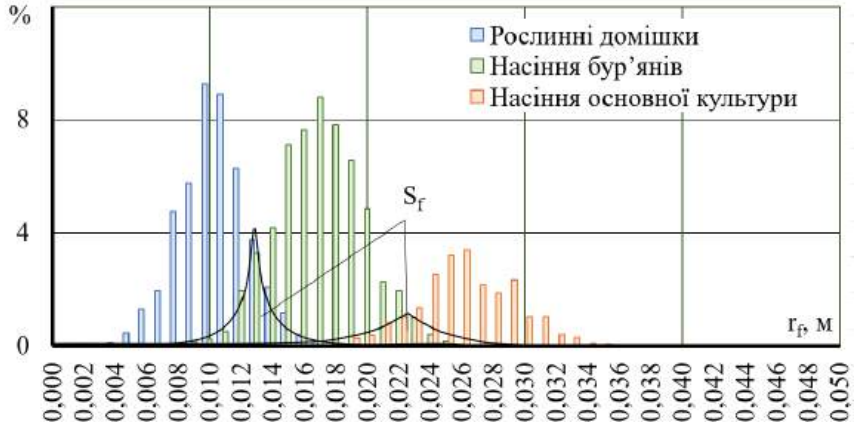


Рис. 2. Нормальний розподіл кожної фракції суміші по ширині гвинтової пластини живильника віброфрикційного сепаратора

Аналізуючи гістограму рис. 2 видно, що зменшення сумарної площі S_f перекриття розподілу компонентів по ширині гвинтової пластини призводить до більш високої якості розділення. Тому в якості критерію виберемо саме S_f і розрахуємо його для кожного досліду. Провівши аналіз отриманих даних в програмному пакеті Wolfram Cloud отримано рівняння регресії залежності S_f від фракційного вмісту компонентів в суміші $\chi_н$, $\chi_д$, $\chi_б$ при швидкості подачі Q =100 шт./с:

$$S_f = 0{,}00245064 - 0{,}00220809\, x_5 - 0{,}00100382\, x_5^2 - 0{,}00156842\, x_6 + \\ + 0{,}00348766\, x_5 x_6 - 0{,}00170857\, x_6^2 - 0{,}00252848\, x_7 + 0{,}0029476\, x_5 x_7 + \\ + 0{,}00275697\, x_6 x_7 - 0{,}000159834\, x_7^2. \qquad (2)$$

Статистична обробка отриманого рівняння регресії (2) для дослідів і 95 % довірчої ймовірності табличний коефіцієнт Стьюдента (t-statistic) складає 2,09. Виключаючи незначущі коефіцієнти регресії, тобто ті, у яких розрахований коефіцієнт Стьюдента (t-statistic) менше за табличне, і розкодовуючи рівняння (2) остаточно маємо:

$$S_f = 0{,}0179479 - 0{,}000156261\, \chi_б - 0{,}000172867\, \chi_д + 1{,}39507 \cdot 10^{-6}\, \chi_б \chi_д - \\ - 0{,}000164661\, \chi_н + 1{,}10279 \cdot 10^{-6}\, \chi_б \chi_н + 1{,}17904 \cdot 10^{-6}\, \chi_д \chi_н. \qquad (3)$$

Графічна візуалізація залежностей (2) наведена на рис. 2 у вигляді тривимірної тернарної діаграми.

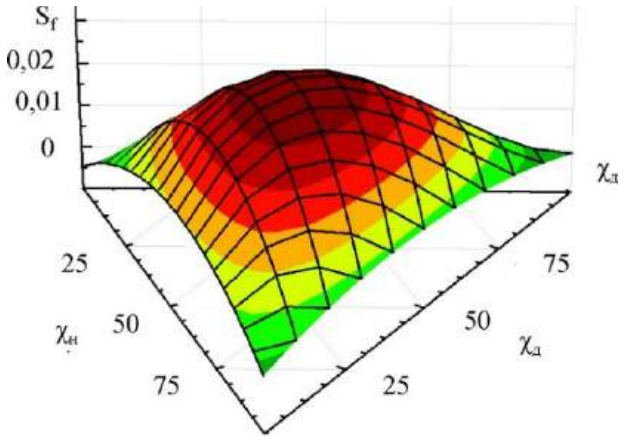


Рис. 2. Тернарна діаграма залежності сумарної площі S_f перекриття розподілу компонентів по ширині гвинтової пластини від фракційного вмісту компонентів в суміші $\chi_н$, $\chi_д$, $\chi_б$

Аналіз рис. 2 показує, що в середині тернарної діаграми спостерігається найбільше значення сумарної площі S_f на відміну від її країв. Це пов'язано із тим, що компоненти знаходяться в рівних співвідношеннях, що підвищує ймовірність їх взаємодії між собою при русі. Підвищення кількості взаємодій компонентів між собою значно змінює траєкторії їх руху на відміну від одиничного руху, який досліджувався на першому етапі моделювання. Для обґрунтування раціонального значення швидкості подачі Q приймаємо фракційний вміст компонентів в суміші $\chi_н$ = 33,3 %, $\chi_д$ = 33,3 %, $\chi_б$ = 33,4 % при якому спостерігалась найбільша сумарна площа S_f. Швидкість подачі варіювали від 10 шт./с до 200 шт./с. В результаті чисельного моделювання отримана відповідна залежність (рис. 3):

$$S_f = -8 \cdot 10^{-8} Q^2 + 5 \cdot 10^{-5} Q + 0{,}0068, \; R^2 = 0{,}9757 \qquad (4)$$

В якості критерію оцінки прийнята умова, що сумарна площа S_f повинна бути найменшою, а швидкість подачі Q – найбільшою. Математично її можна записати наступним чином:

$$\begin{cases} S_f(Q) \to \min, \\ Q \to \max. \end{cases} \qquad (5)$$

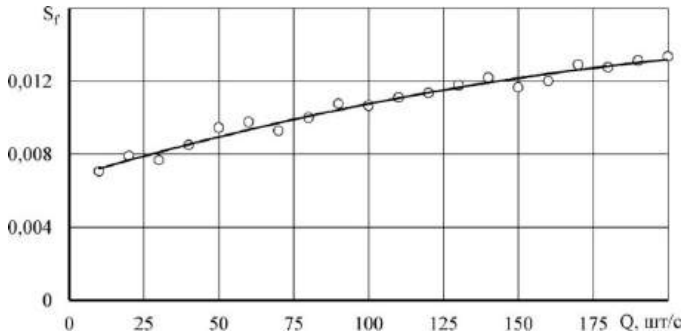


Рис. 3. Залежність сумарної площі S_f перекриття розподілу компонентів по ширині гвинтової пластини від швидкості подачі Q

Вираз (5) можна перетворити шляхом ранжування функції і об'єднання у єдиний критерій (рис. 4):

$$X = \frac{\max\left[S_f(Q)\right] - S_f(Q)}{\max\left[S_f(Q)\right] - \min\left[S_f(Q)\right]} \times \frac{Q - \min[Q]}{\max[Q] - \min[Q]} \to \max. \quad (6)$$

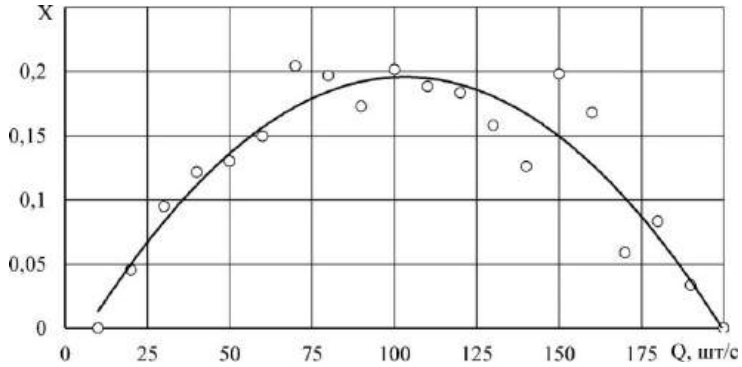


Рис. 4. Залежність критерію оптимізації X від факторів досліджень

Вирішуючи рівняння (6) у програмному пакеті Wolfram Cloud отримуємо наступне раціональне значення швидкості подачі Q = 103 шт/с.

Висновок

За результатами моделювання траєкторії руху потоку суміші компонентів по обґрунтованій гвинтовій пластині живильника віброфрикційного сепаратора визначена залежність сумарної площі S_f перекриття розподілу компонентів по ширині гвинтової пластини від фракційного вмісту компонентів в суміші $\chi_н$, $\chi_д$, $\chi_б$ і швидкості подачі Q. В якості критерію оцінки прийнята умова, що сумарна площа S_f повинна бути найменшою, а швидкість подачі Q – найбільшою. Вирішуючи математично задану умову методом ранжування функції і об'єднання у єдиний критерій отримане раціональне значення швидкості подачі суміші Q = 103 шт/с.

Список використаних джерел

1. Алієв Е. Б. (2023). Чисельне моделювання процесів агропромислового виробництва: підручник. Київ: Аграрна наука, 340 с. ISBN 978-966-540-584-9. DOI: 10.31073/978-966-540-584-9.

2. Козаченко О.В., Алієв Е.Б., Піх Є.О. Чисельне моделювання процесу попередньої сепарації насіннєвої суміші на гвинтовому живильнику віброфрикційного сепаратора. Техніка, енергетика, транспорт АПК. ВНАУ. 2024 № 2 (125). С. 36-46. DOI: 10.37128/2520-6168-2024-2-4. (Англ. мовою).

3. О.В. Козаченко, Е.Б. Алієв, Є.О. Піх Рух насіннєвої суміші по гвинтовій поверхні живильника віброфрикційного сепаратора. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодерж. Міжвід. наук.-техн. зб. 2024. Вип. 54. С. 84-93. DOI:10.32515/2414-3820.2024.54.84-93.

УДК 631.362

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ТА РЕЖИМУ ВІБРАЦІЇ ЖИВИЛЬНИКА НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВІБРОСЕПАРАТОРА

Козаченко О.В., д.т.н., професор, Ярошенко Д.В., магістрант

Державний біотехнологічний університет

Виконано теоретичний аналіз конструктивно-режимних параметрів живильника наефективність роботи віброфрикційного сепаратора.

Ефективність сепарації насіннєвих сумішей сільськогосподарських культур на віброфрикційному сепараторі (ВФС) суттєво залежить від конструктивних параметрів живильника. Виходячи вимог рівномірності подачі вихідного насіннєвого матеріалу на робочі поверхні ВФС, запобігання склепоутворення в зоні вихідного отвору живильника його, зазвичай, встановлюють на вібростолі [1, 2]. Це зумовлює доцільність проведення DEM-аналізу із урахуванням впливу кута нахилу та вібрації живильника.

Згідно обраного плану, дослідження проводились для кута нахилу, що змінювався в межах 10-35º. При цьому визначалась зміна напрямку руху та швидкості потоку насіння та оцінка рівномірності розподілу вихідного потоку насіннєвого матеріалу при різних кутах нахилу. Аналіз впливу частоти вібрації (1100 – 1700 об/хв.) передбачав моделювання ефекту коливань на рівномірність потоку насіннєвого матеріалу через вихідний отвір живильника та визначення критичної частоти коливань, за якої потік стає стабільним або імпульсним. Шляхом порівняння комбінованих впливів здійснювався вибір раціональних параметрів кута нахилу та частоти вібрації для забезпечення рівномірного потоку, візуалізація траєкторій частинок та статистичний аналіз. При цьому необхідно враховувати узгодження конструктивно-режимних характеристик віброфрикційного сепаратора, виходячи із конструктивних особливостей живильника та його розміщення на рамній конструкції пакетів фрикційних робочих поверхонь.

Аналіз одержаних результатів (рис. 1) показав, що оптимальна область рівномірності потоку знаходиться при куті нахилу 20–25° та частоті 1400–1500 об/хв; зменшення кута нахилу живильника (<15°) призводять до повільного руху насіння, що може спричиняти збільшення нерівномірності подачі насіннєвого матеріалу на робочі фрикційні поверхні ВФС; збільшення частоти коливань (>1600 об/хв) створюють хаотичний рух компонентів насіннєвого матеріалу, що може зменшувати рівномірність подачі та зниження ефективності сепарації. Оптимальний кут нахилу 22,5° забезпечує стабільний потік насіння, зменшуючи ризик скупчення частинок та покращуючи рівномірність їхнього розподілу. Збільшення кута нахилу понад 25° призводить до нерівномірного прискорення частинок і погіршення рівномірності потоку. Графік швидкостей підтверджує стабільний розподіл частинок у потоці, що покращує ефективність сепарації вихідного насіннєвого матеріалу.

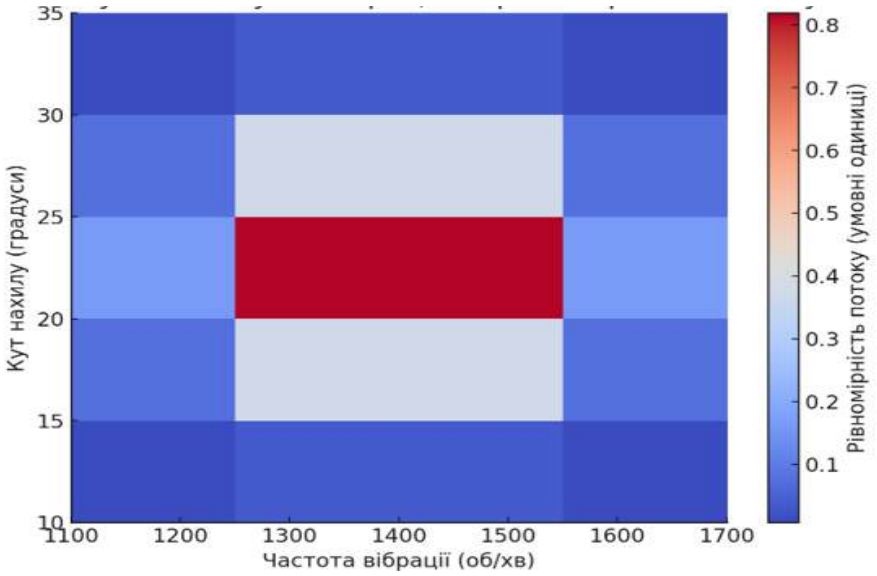


Рис. 1. Вплив кута нахилу та частоти вібрації живильника на рівномірність потоку

Для обраних раціональних параметрів був проведений статистичний аналіз траєкторій частинок насіннєвої суміші через дозувальний отвір живильника сепаратора. Розрахунки проведені при наступних значеннях вхідних параметрів: кут нахилу - 22,5°, частота вібрації - 1450 об/хв, кількість частинок - 200, часові кроки - 100. Інтерпретація результатів моделювання процесу передбачає візуалізацію, що дає змогу оцінити рівномірність руху частинок у часі та оцінювати статистичні характеристики: середнє зміщення по X - показує тенденцію горизонтального руху; стандартне відхилення по X - характеризує варіативність у горизонтальній площині; середнє зміщення по Y: вказує на середній рух вниз; стандартне відхилення по Y: оцінює розкид швидкостей подачі.

Висновки.

Оптимальне поєднання параметрів (кут нахилу 22,5° та частота вібрації 1450 об/хв) забезпечує рівномірний розподіл насіння, що є ключовим фактором для підвищення ефективності роботи віброфрикційного сепаратора. Подальші дослідження можуть бути зосереджені на додаткових факторах, таких як форма отвору живильника та вплив матеріалу поверхонь.

Список використаних джерел

1. Козаченко О.В. Обгрунтування ефективності використання віброфрикційного сепаратора при підготовці насіннєвого матеріалу гірчиці/ О.В. Козаченко, Е.Б. Алієв, М.В. Бакум, А.Д. Михайлов, М.М. Крекот// Науково-технічний бюлетень Інституту олійних культур НААН, № 31, 2021. С. 1-10.

2. Козаченко О.В., Ярошенко Д.В. Теоретичний аналіз функціонування живильника віброфрикційного сепаратора. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Молодь і технічний прогрес в АПК» 26-27 листопада 2025 р. – Харків: ДБТУ. 2025. С. 168-170.

УДК. 631.354

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ОБЧІСУВАННЯ РОСЛИН ДВОБАРАБАННИМ ОБЧІСУВАЛЬНИМ ПРИСТРОЄМ

Козаченко О.В., д.т.н., проф., Рішко Є. І., магістрант

Державний біотехнологічний університет

Представлено методичні підходи та результати математичного моделювання процесу взаємодії стебла рослин з робочими органами обчісувального пристрою та траєкторії руху зерен після взаємодії з зубцями барабанів із урахуванням аеродинамічного опору в каналах жниварки.

Переспективним напрямком збирання врожаю зернових культур із урахуванням зональних умов та стану культури на сьогодні слід вважати застосування жниварок обчісувального типу, що адаптовані для агрегатування із серійними зернозбиральними комбайнами провідних виробників та продукують низку технологічних переваг та спрямованість на енергозбереження. Перевагою двобарабанної схеми обчісувального пристрою полягає у забезпеченні ретельнішого вичісування зерна з колосків за рахунок створення додаткового активного повітряного потоку в каналах та повторного впливу на рослину, що знижує втрати за жаткою при виконанні технологічного процесу [1, 2].

Метою дослідження є підвищення ефективності збирання зернових культур шляхом оптимізації конструктивно-режимних параметрів двобарабанної обчісувальної жниварки.

Для математичного моделювання процесу обчісування рослин двобарабанним пристроєм, враховуючи гнучкість стебел та аеродинамічний ефект, доцільно використати методи чисельного розв’язання диференціальних рівнянь, використовуючи основні етапи моделювання, що запропоновано в попередніх дослідженнях за обраним науковим напрямком [3, 4].

Чисельне моделювання передбачає використання методу скінченних різниць або методу Рунге-Кутта для розв’язання рівнянь руху, візуалізацію деформації стебел та траєкторії переміщення зерен після обчісування, що визначає, зокрема, форму кожуха двобарабанного обчісувального пристрою.

Для вивчення процесу взаємодії рослини з робочим органом обчісувального пристрою був створений відповідний код для моделювання в Python, використовуючи бібліотеки SciPy та NumPy. Розроблений код включає моделювання стебла як гнучкої балки (метод скінченних різниць), розрахунок удару зубця барабана (з урахуванням взаємодії із зернами), аеродинамічний ефект (вплив потоку повітря) та чисельне розв’язання рівнянь руху.

Відхилення стебла в моделі представлено параметром y_1, який вимірюється в метрах (м). Це величина, що описує, наскільки кінчик стебла відхиляється від його початкового положення під впливом аеродинамічних сил та ударного навантаження. Це пов'язано з висотою рослин культури, що збирається. Для вирішення нашої задачі у моделі висота стебла становить $L = 0.5$ м (припустима середня висота рослини). Відхилення y_1 показує, наскільки вершина стебла

відхиляється під дією зовнішніх сил. Наприклад, якщо $y_1 = 0.05$ м, це означає, що вершина стебла рослини змістилася на 5 см від рівноважного положення.

Для моделювання траєкторії руху зерен після взаємодії з зубцями барабанів, потрібно врахувати: початкову швидкість зерен після зіткнення з зубцем барабана, кут вильоту зерна, який залежить від кута атаки зубця та швидкості барабана, аеродинамічний опір, що впливає на подальший рух зерна та гравітацію, яка змушує зерно рухатися по параболічній траєкторії. При цьому чисельне моделювання руху зерен після вильоту передбачає урахування початкових припущень щодо швидкості та кута вильоту зерен, які можна визначати розрахунково.

Аналіз одержаних результатів розрахунків показав, що траєкторія руху зерна після взаємодії з зубцем обчісувального барабану носить параболічний характер. Зерно після контакту з зубом, для певних режимів роботи пристрою, може долати значну відстань, що зумовлює доцільність застосування даної характеристики в якості якісного показника технологічного процесу (рис. 1).

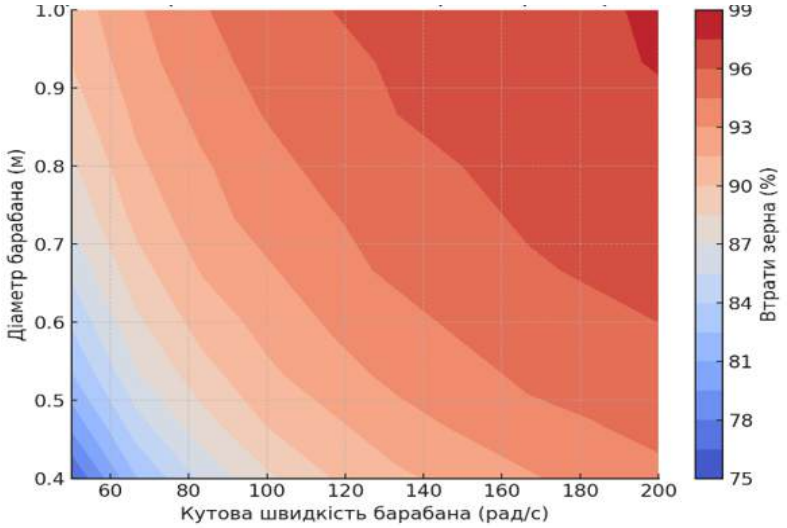


Рис. 1. Залежність втрат зерна від конструктивно-режимних параметрів обчісувального барабану

Висновок.

За результататми теоретичних досліджень встановлено, що моделювання траєкторії руху зерен після взаємодії з зубцями барабанів, потрібно врахувати: початкову швидкість зерен після зіткнення з зубцем барабана, кут вильоту зерна, який залежить від кута атаки зубця та швидкості барабана, аеродинамічний опір, що впливає на подальший рух зерна та гравітацію, яка змушує зерно рухатися по параболічній траєкторії. При цьому чисельне моделювання руху зерен після вильоту передбачає урахування початкових припущень щодо швидкості та кута вильоту зерен, які можна визначати розрахунково.

Траєкторія руху зерна після взаємодії з зубцем обчісувального барабану носить параболічний характер. Зерно після контакту з зубом, для певних режимів роботи пристрою, може долати значну відстань, що зумовлює доцільність застосування даної характеристики в якості якісного показника технологічного процесу

Список використаних джерел

1. Козаченко О.В. Аналіз енергоємності процесу двобарабанного обчісувального пристою / О. В. Козаченко, А.М. Пахучий, А.В. Солоницький //Збірник тез доповідей XVIII Міжнародної наукової конференції «Раціональне використання енергії в техніці. TechEnergy 2022» (17-19 травня 2022 року). Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ. 2022. С. 32-36.

2. Козаченко О.В., Писаренко Д.В. Підвищення ефективності обчісувальної жниварки. Матеріали XIX міжнародного форуму молоді "Молодь і індустрія 4.0 в XXI столітті". – Харків: ДБТУ. 2023. С. 116.

3. Kozachenko O. Experimental Substantiation of the Rational Parameters for a Reaping Machine of the Comb Type for Harvesting Oil Flax Seeds Kozachenko O., Pakhuchyi A., Shkregal O., Sorokin S, Dyakonov S., GusarenkoN, Kadenko V.// EasternEuropean Journal of Enterprise Technologies. Vol 5, № 1(107), 2020.c. 64 - 69.

4. Козаченко О.В., Рішко Є.І. До визначення раціональних параметрів обчісувального барабану. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Молодь і технічний прогрес в АПК» 26-27 листопада 2025 р. – Харків: ДБТУ. 2025. С. 164-166.

УДК 631.362

РЕЗУЛЬТАТИ РОЗДІЛЕННЯ НАСІННЄВОЇ СУМІШІ СОНЯШНИКУ В ВЕРТИКАЛЬНО РОЗМІЩЕНОМУ РОБОЧОМУ КАНАЛІ ВІБРОПНЕВМАТИЧНОГО СЕПАРАТОРА

Сіняєва О.В., ст.викл., Крекот М.М., Козій О.Б., к.т.н., доценти, Гаць А.В., Дмитрук Е.М., Охмат О.С., здобувачі ВО

Державний біотехнологічний університет

Виконано аналіз результатів розділення насіннєвої суміші соняшнику в вертикально розміщеному робочому каналі вібропневматичного сепаратора.

Мета досліджень: Виконати аналіз результатів розділення насіннєвої суміші соняшнику в вертикально розміщеному робочому каналі вібропневматичного сепаратора.

Основні матеріали досліджень: Врожайність соняшнику залежить від декількох факторів і один з них це використання посівного матеріалу високої якості. Для того,щоб отримати насіннєвий матеріал високої якості потрібно використовувати машини для очищення та сортування насіннєвої суміші. Саме такими машинами є повітряно-очисні та вібропневматичні машини. На одній з таких машин, а саме на вібропневматичному сепараторі і проводилися дослідження . Дослідження проводилися на немодернізованому та модернізованому сепараторі, і результати цих досліджень, а також порівняльний аналіз наведені нижче в таблицях та у висновках.

Дослідження роботи лабораторної установки виконувались на насіннєвій суміші соняшника яка містила 80 % повноцінного насіння культури, 14,9 % неповноцінного (пустотілого) насіння та 4,9 % смітної домішки. Результати досліджень вібропневматичного сепаратора наведені в таблицях 1 та 2.

Як видно з порівнянь досліджень не модернізованого та модернізованого сепараторів нерівномірність повітряного потоку значно впливає на якість сепарації. Так у немодернізованому сепараторі в очищену фракцію (вміст I та II приймачів) виділилося 97,64 % матеріалу з вмістом у ньому кондиційного насіння соняшнику 81,97 %, не кондиційного насіння соняшнику 15,07 % і смітної домішка 2,95%.

Таблиця 1. Результати розділення насіннєвої суміші соняшнику в вертикальному робочому каналі вібропневматичного сепаратора

Фракція	Приймач продуктів розділення			
	I	II	III	IV
Вихід відсортованого матеріалу соняшнику, %	90,39	7,25	1,21	1,15
Кондиційне насіння соняшнику, %	88,01	6,74	0,14	0,10
Не кондиційне насіння соняшнику, %	9,36	86,26	11,74	8,7
Смітна домішка, %	2,63	7,00	88,12	91,20

Таблиця 3. Результати розділення насіннєвої суміші соняшнику в вертикальному робочому каналі вібропневматичного сепаратора обладнаного жалюзійним розподільником повітряного потоку

Фракція	Приймач продуктів розділення			
	I	II	III	IV
Вихід відсортованого матеріалу соняшнику, %	91,42	6,41	1,1	1,07
Кондиційне насіння соняшнику, %	89,31	6,46	0	0
Не кондиційне насіння соняшнику, %	8,27	87,09	4,85	1,1
Смітна домішка, %	2,42	6,45	95,15	98,9

В свою чергу вібропневматичний сепаратор обладнаний жалюзійним розподільником повітряного потоку при трохи більшому виходу очищеної фракції 97,83 %, забезпечує вищу якість сепарації. Так в очищеній фракції буде міститися більше кондиційного насіння соняшнику 83,88 %, але менше не кондиційного насіння соняшнику 13,43 % і смітної домішка 2,68 %.

Висновки: Результати сепарації на модернізованому сепараторі більш точно відображають результати розрахунків отриманих за допомогою математичного апарату при заданих вихідних параметрах насіннєвої суміші соняшнику і регульованих параметрів вібропневматичного сепаратора.

Список використаних джерел

1. Підвищення якості сепарації пневматичними сепараторами [Текст] / М.М. Крекот, О.В. Сіняєва, А.О. Животченко, В.М. Немашкало // Сучасна інженерія агропромислових і харчових виробництв : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., 25-26 листоп. 2021 р. - 2022

2. Патент 155168 Україна. B07B13/00. Віброфрикційний сепаратор. Козаченко О.В., Бакум М.В., Піх Є.О., Завгородній О.І., Михайлов А.Д., Крекот М.М.,; u202302842; ДБТУ заявл. 12.06.2023, опубл. 25.01.2024, бюл. № 4/2024.

УДК 631.362

АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ РОБОТ ВІБРОПНЕВМАТИЧНОГО СЕПАРАТОРА ОБЛАДНАНОГО ЖАЛЮЗІЙНИМ РОЗПОДІЛЬНИКОМ ПОВІТРЯНОГО ПОТОКУ

Бакум М.В., Крекот М.М., к.т.н., доценти, Сіняєва О.В.,ст.викл., Михайлов А.Д., Козій О.Б., к.т.н., доценти, Гавриленко О.В., Шлик А.С., Дмитрук Е.М. здобувачі ВО

Державний біотехнологічний університет

Виконано аналіз результатів експериментальних досліджень робот вібропневматичного сепаратора обладнаного жалюзійним розподільником повітряного потоку.

Мета досліджень: Виконати аналіз результатів експериментальних досліджень робот вібропневматичного сепаратора обладнаного жалюзійним розподільником повітряного потоку.

Основні матеріали досліджень: Для отримання високих врожаїв необхідно мати високоякісний насіннєвий матеріал. Для отримання високоякісного посівного матеріалу використовують машини для очищення та сортування. Одним з таких прикладів є вібропневматичний сепаратор, обладнаний жалюзійним розподільником повітряного потоку. Завдяки вібрації та повітряному потоку відбувається якісне сепарування насіннєвого матеріалу. Також вібропневматичний сепаратор в подальшому був модернізований,а саме обладнаний жалюзійним розподільником повітряного потоку. Були проведені експериментальні дослідження. Результати експериментальних досліджень представлені в таблицях.

Таблиця 1. Розподілення значень швидкостей (м/с) повітряного потоку по довжині і висоті робочого каналу вібропневматичного сепаратора

		Довжина сепарувального каналу, мм								
		10	20	30	40	50	60	70	80	90
Висота сепарувального каналу, мм	15	10,2	9,8	8,5	7,9	7,4	6,8	6,2	5,7	4,9
	30	10,4	10,0	8,6	8,1	7,5	7,0	6,4	5,9	5,0
	35	10,5	10,1	9,6	8,9	8,1	7,6	7,1	6,8	6,1
	60	10,7	10,3	9,7	9,0	8,3	7,9	7,3	7,0	6,5

Як видно з результатів швидкість повітряного потоку по висоті робочого каналу стає більш рівномірною. Також видно що падіння швидкості по довжині каналу буде меншим а середня швидкість повітряного потоку збільшиться на виході з 5,62 м/с для не модеренізованого сепаратора до 6,72 м/с для модернізованого.

Таблиця 2. Розподілення значень швидкостей (м/с) повітряного потоку по довжині і висоті робочого каналу вібропневматичного сепаратора обладнаного жалюзійним розподільником повітряного потоку

		Довжина сепарувального каналу, мм								
		10	20	30	40	50	60	70	80	90
Висота сепарувального каналу, мм	15	10,8	10,5	10,1	9,9	9,6	9,2	8,8	8,3	7,8
	30	10,8	10,4	9,6	8,8	8,5	8	7,4	7,3	7
	35	10,7	10,2	9,3	8,5	7,8	7,4	7,3	6,8	6,5
	60	10	9,9	9,1	7,9	7,5	6,9	6,4	6,3	5,6

Дослідження роботи лабораторної установки виконувались на насіннєвій суміші соняшника яка містила 80 % повноцінного насіння культури, 14,9 % неповноцінного (пустотілого) насіння та 4,9 % смітної домішки.

Результати розрахунків дальності переміщення часточок вздовж робочого каналу вібропневматичного сепаратора отримані при математичному моделюванні у більшій мірі відповідають результатам сепарації на модернізованому сепараторі аніж не модернізованому.

Висновки: Результати розрахунків дальності переміщення часточок вздовж робочого каналу вібропневматичного сепаратора отримані при математичному моделюванні у більшій мірі відповідають результатам сепарації на модернізованому сепараторі аніж не модернізованому.

Список використаних джерел

1. Напрямки покращення конструкцій пневматичних сепараторів [Текст] / М. М. Крекот, О. В. Сіняєва, І. С. Сільонов, Д. О. Ткаченко // Сучасна інженерія агропромислових і харчових виробництв : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., м. Харків, 25-26 листоп. 2021 р. - Харків : ДБТУ, 2021. - С. 331-332.

2. Підвищення якості сепарації пневматичними сепараторами [Текст] / М. М. Крекот, О. В. Сіняєва, А. О. Животченко, В. М. Немашкало // Сучасна інженерія агропромислових і харчових виробництв : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., 25-26 листоп. 2021 р. - 2022.

УДК 631.362

ВІБРОПНЕВМАТИЧНИЙ СЕПАРАТОР З ЖАЛЮЗІЙНИМ РОЗПОДІЛЬНИКОМ

Сіняєва О.В., ст.викл. Бакум М.В., Михайлов А.Д., Крекот М.М., к.т.н., доценти, Франчук Я.О., Конюшенко В.В., Чуніхін В.І. здобувачі ВО

Державний біотехнологічний університет

Наведено результати аналізу конструкції вібропневматичного сепаратора з жалюзійним розподільником.

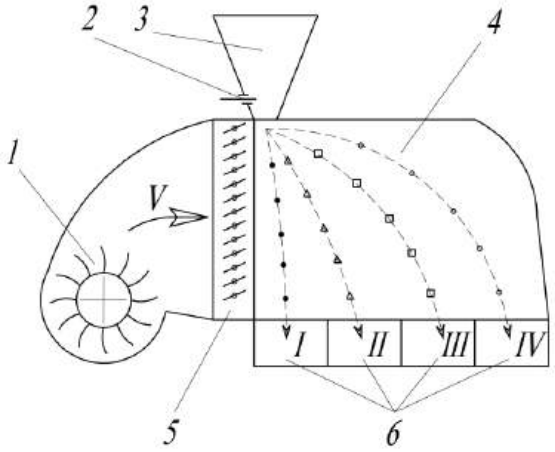
Мета досліджень: Виконати дослідження конструкції вібропневматичного сепаратора з жалюзійним розподільником, обгрунтувати основні переваги такої конструкції.

Основні матеріали досліджень: В сучасному сільськогосподарському виробництві найбільш часто використовується післязбиральна обробка насіннєвих матеріалів на решетах та в повітряних потоках насіннєочисних машин, тобто за такими ознаками як розміри та аеродинамічні властивості. Саме такі машини використовують для отримання високої якості насіннєвого матеріалу.

Якість яку забезпечують ці машини достатня для первинної обробки насіннєвих матеріалів а також для високоякісного очищення матеріалу за умови відсутності в ньому важковідокремлюваних компонентів (насіння деяких бур'янів, невиповнене насіння основної культури). Тому розробка нових машин спроможних високоякісно очищати насіннєві матеріали від важковідокремлюваних компонентів та дослідження процесів які відбуваються в процесі їх роботи є важливою і актуальною задачею.

Розглянемо лабораторно-дослідну установку вібропневматичного сепаратора, обладнаного жалюзійним розподільником повітряного потоку.

Дослідження переміщення часточки в робочому каналі 4 вібропневматичного сепаратора виконувалося на лабораторно-дослідній установці, схема якої представлена на рисунку 1. Рух часточки відбувається в робочому каналі 4 між двома площинами під дією повітряного потоку, сили тяжіння та вібрації що діє на часточку. В робочий канал 4 часточка потрапляє з бункера 3 через дозуючий пристрій 2 з висоти h_0 в зону дії вібрації однієї з площин каналу висотою H. Рух часточки розпочинається при співударяні часточки з першою площиною.



1 – вентилятор; 2 – заслінка регулювання подачі вихідного матеріалу; 3 – завантажувальний бункер; 4 – робочий канал вібропневматичного сепаратора; 5 – жалюзійний розподільник повітряного потоку; 6 – приймачі продуктів розділення

Рис. 1. Схема лабораторно-дослідної установки вібропневматичного сепаратора обладнаного жалюзійним розподільником повітряного потоку

Проведені лабораторні дослідження на данному вібропневматичному сепараторі показали ефективне застосування вібропневматичного сепаратора при розділенні насіннєвих сумішей. Дослідження проводилися на насінні соняшника. Даний вібропневматичний сепаратор показав високу якість розділення насіннєвої суміші. Крім того, були проведені експерименти на не модернізованому вібропневматичному сепараторі та модернізованому вібропневматичному сепараторі. Модернізований вібросепаратор оснащений жалюзійним розподільником повітряного потоку забезпечує більш рівномірний і стабільний потік в робочому каналі. Проведені ряд експериментів, за результатами яких були зроблений порівняльний аналіз. На основі порівняльного аналізу були зроблені висновки, а саме, що модернізований вібропневматичний сепаратор. Більш рівномірний і стабільний потік в робочому каналі забезпечує кращі результати сепарації насіннєвого матеріалу соняшнику. Результати розрахунків дальності переміщення часточок вздовж робочого каналу вібропневматичного сепаратора отримані при математичному моделюванні у більшій мірі відповідають результатам сепарації на модернізованому сепараторі аніж не модернізованому

Висновки: Виконані дослідження конструкції вібропневматичного сепаратора з жалюзійним розподільником, вказують на її значну перевагу у формувані більш рівномірного і стабільного потоку в робочому каналі що в свою чергу забезпечує кращі результати сепарації насіннєвого матеріалу.

Список використаних джерел

1. Напрямки покращення конструкцій пневматичних сепараторів [Текст] / М. М. Крекот, О. В. Сіняєва, І. С. Сільонов, Д. О. Ткаченко // Сучасна інженерія агропромислових і харчових виробництв : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., м. Харків, 25-26 листоп. 2021 р. - Харків : ДБТУ, 2021. - С. 331-332.

2. Дослідження ефективності пневматичного сепаратора з нахиленим каналом на підготовці посівного матеріалу сафлору [Текст] / М. В. Бакум, М. М.

Крекот, М. М. Абдуєв, А. Д. Михайлов, М. М. Майборода, О. С. Чалая, В. В. Безпалько, О. В. Сіняєва, А. П. Горбаньов, О. С. Вотченко, А. Кузьоменський // Вісник Львів. нац. аграр. ун-ту. Агроінж. дослідж. Машини та робочі процеси агропром. вир-ва. - Львів : ЛНАУ, 2021. - Вип. 25. - С. 177-186.

УДК 631.362

АНАЛІЗ СПОСОБІВ ПНЕВМАТИЧНОГО СЕПАРУВАННЯ ЗЕРНА

Крекот М.М., к.т.н., доцент, Сіняєва О.В., ст.викл., Козій О.Б., к.т.н., доцент, Білоус О.В., Конюшенко В.В., Ковалевський В.М. здобувачі ВО

Державний біотехнологічний університет

Виконано аналіз основних способів пневматичного сепарування зерна

Мета досліджень: Виконати аналіз основних способів сепарування зерна в повітряних системах насіннєочисних машин.

Основні матеріали досліджень: В багатьох сепаруючих машинах використовується використовується принцип повітряної сепарації. Цей принцип особливо використовується в машинах для зернових культур. Пояснити це можна простотою пневмосепаруючих пристроїв. Також пояснити це можна різними аеродинамічними ознаками домішок та часточками зерна. Розділити суміш ідеально неможливо. В промислових умовах при очищенні зерна середньої засміченості ефективність виділення домішок, яка складає приблизно 60-70% при чіткості сепарування до 2 %. Це свідчить про задовільну роботу пневмосепаруючого пристрою.

Розглянемо деякі способи очищення зерна з використанням повітряного потоку: - сепарування в вертикальному повітряному потоці; - сепарування в нахиленому або поперечному повітряному потоці; - повітряне сепарування з використанням поля відцентрованих сил; - повітряне сепарування з використанням кінетичної енергії компонентів сепаруїмої суміші; - пневмоінерційне сепарування; - пнесмоситове сепарування; - аеромеханічне сепарування зерна в умовах внутріцехового пневмотранспорта.

Найбільшого розповсюдження отримав спосіб сепарування зернової суміші в вертикальному повітряному потоці. Цей спосіб набув розповсюдження завдяки конструктивній простоті та компактності прилада.

Поперечний повітряний потік все рідше застосовують в машинах. Застосовують його там, де конструктор не пов'язаний вимогами до компактності машин. Одним з таких прикладів це є очисні машини, які використовуються на зернових токах.

Сучасні зернопереробні підприємства в основному оснащені машинами різних модифікацій з сепаруванням в вертикальному повітряному потоці.

Експериментальні дослідження і дослідження пневмосепаруючих пристроїв дозволили узагальнити велику кількість даних для ймовірної оцінки можливості розділення сепаруємих сумішей.

При експлуатації пневмосепаруючих машин і пристроїв ефективність їх визначають дослідженим шляхом по балансу продуктів, отриманих в результаті сепарування за визначений час у відповідності до залежностей.

Найважче обґрунтовано визначити ефективність при створенні чи модернізації машин у відповідності до вимог технічного завдання. Конструктори використовують данні експериментальних досліджень, які, в більшості випадків обмежені визначиними умовами: типом каналу, видом і характеристикою сировини, геометрією і конструкцією пристрою, в зв'язку з чим розповсюдження їх на нові конструкції не завжди приводить до правильних результатів, що визначає великі роботи з доопрацювання , а іноді і переробку конструкції.

Висновки: З аналізу видно що найбільшого розповсюдження отримав спосіб сепарування зернової суміші в вертикальному повітряному потоці. Цей спосіб набув розповсюдження завдяки конструктивній простоті та компактності прилада.

Список використаних джерел

1. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Т.3, розділ 7. Очистка і сортування насіння.- Х.: Око, 2006.- 408с.

2. Підвищення якості сепарації пневматичними сепараторами [Текст] / М.М. Крекот, О.В. Сіняєва, А.О. Животченко, В.М. Немашкало // Сучасна інженерія агропромислових і харчових виробництв : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., 25-26 листоп. 2021 р. - 2022

3. Патент № 51675 Україна, МПК (2009) B07B4/00. Пневматичний сепаратор / Бакум М.В., Крекот М.М. - № 201001264; опубл. 26.07.2010, Бюл. № 14. – 4 с.

УДК 631.362

МОДЕРНІЗАЦІЯ ВІБРОФРИКЦІЙНОГО СЕПАРАТОРА ШЛЯХОМ СТВОРЕННЯ ВІДОБРАЖУВАЛЬНОЇ РОБОЧОЇ ПОВЕРХНІ З КРИВОЛІНІЙНИМ ПРОФІЛЕМ

Михайлов А.Д. к.т.н., доц., Бакум М.В. к.т.н., доц., Крекот М.М. к.т.н., доц. Демченко Д.В., Лозовий К.Є. здобувачі ВО

Державний біотехнологічний університет

Новаторська конструкція віброфрикційного сепаратора, оснащена відбивною криволінійною поверхнею, відкриває шлях до значно вищої продуктивності та бездоганної якості очищення насіння. Це дозволяє досягти раціонального балансу між швидкістю обробки та чистотою отриманого продукту.

Мета досліджень: Дослідити конструкцію віброфрикційного сепаратора з криволінійною поверхнею, що відбиває, і оптимізувати її для підвищення ефективності роботи.

Аналіз останніх досліджень. Ефективність післязбиральної обробки насіння є фундаментальним фактором для збереження його якісних характеристик та мінімізації кількісних втрат. Відповідно, продуктивність насіннєочисних машин виступає однією з визначальних вимог, що повинна корелювати з обсягами агропромислового виробництва.

Проте, значна частина українських сільськогосподарських підприємств стикається з дефіцитом високопродуктивного обладнання, необхідного для оперативної та якісної підготовки посівного матеріалу.

Недостатня ефективність існуючих засобів механізації може спричинити негативні наслідки, зокрема, у контексті своєчасної обробки сипких матеріалів, включаючи насіння сільськогосподарських культур [3,4].

Для досягнення оптимальних результатів у вирішенні цього завдання, потрібен цілісний підхід до процесу сепарації насіння. Це передбачає як удосконалення наявного обладнання для очищення, так і розробку інноваційних рішень, що відповідають актуальним стандартам продуктивності та якості. Важливим аспектом є інтеграція передових технологій для обробки насіннєвих сумішей різних сільськогосподарських культур після збирання врожаю.

Основні матеріали досліджень: Кафедра агроінженерії Державного біотехнологічного університету (ДБТУ) продовжує розробляти та модернізувати віброфрикційні сепаратори з варіативною конструкцією робочих елементів, компонуванням, розмірами та продуктивністю [1,2].

Існує чітка взаємозалежність: чим інтенсивніше сепаратор обробляє насіння, тим нижчою, як правило, стає його кінцева якість. Це означає, що зростання продуктивності віброфрикційного сепаратора часто супроводжується компромісом у якості очищення. Отже, ключовим завданням є визначення точки оптимального балансу, де продуктивність не шкодить якості.

Розроблено високоефективний віброфрикційний сепаратор, що вирізняється унікальним робочим органом. Він складається з багатошарових, суцільних фрикційних площин: верхні – вигнуті (відображувальні), нижні – прямі (робочі). Ці площини надійно фіксуються гвинтами та розділені втулками для забезпечення оптимального зазору. Насіння подається на них з бункера через гнучкі патрубки.

Завдяки продуманій взаємодії відображувальних та робочих поверхонь, ця конструкція гарантує значне підвищення ефективності очищення та сортування насіння.

Конструкція робочого органу сепаратора передбачає використання суцільних, без отворів, плоских поверхонь. Вони встановлені на пружинних опорах під певним кутом як у поздовжній, так і в поперечній площинах. До рами, що утримує ці площини, прикріплений вібраційний пристрій для створення коливань. Над цими робочими площинами розміщено вібраційний стіл, на якому нерухомо закріплені криволінійні, вигнуті відбиваючі елементи.

Відбиваючі поверхні розташовані на певній, регульованій відстані від робочих площин. Ця відстань свідомо зроблена меншою за найменшу висоту, на яку можуть підстрибувати компоненти насіннєвої суміші, і може бути змінена за

допомогою спеціального механізму, переважно для адаптації до розміру насіння, що підлягає обробці. Центр кривизни відбивача розташований на одній осі з вихідним отвором бункера.

Процес сепарації на віброфрикційному сепараторі, оснащеному криволінійними поверхнями, відбувається наступним чином: суміш насіння подається з бункера на вібруючу робочу поверхню. Під впливом вібрації, частинки суміші контактують як з нижньою плоскою поверхнею, так і з верхньою, вигнутою. Залежно від їхніх фізичних характеристик, компоненти розділяються, рухаючись по індивідуальних траєкторіях.

Завдяки криволінійній конфігурації відбивача, кут, під яким компоненти відбиваються від нього, поступово зростає. Це призводить до збільшення відстані, яку насіння долає за один вібраційний цикл, що в кінцевому підсумку підвищує їхню швидкість переміщення.

Для підвищення ефективності роботи віброфрикційного сепаратора, рекомендується дослідити доцільність застосування матеріалу з вищим коефіцієнтом тертя на внутрішній поверхні відбиваючого елемента, ніж на нижній робочій поверхні. Крім того, існують альтернативні інженерні підходи до реалізації функції відоброжувальної поверхні.

Висновки: Оптимізація процесу сепарації насіння на віброфрикційному сепараторі з робочим органом, що має подвійний поздовжньо-поперечний нахил, досягається шляхом розробки каскаду відбиваючих сепаруючих поверхонь. Ці поверхні, розташовані вертикально одна над одною та інтегровані у модульні блоки, сприяють багаторазовому контакту насіння з сепаруючими елементами, що призводить до значного підвищення кондиційності насіння та максимізації його виходу порівняно з традиційними конструкціями.

Список використаних джерел

1.Заика П.М., Мазнев Г.Е. Сепарация семян по комплексу физико-механических свойств. - М.: Колос, 1978. - 287с.

2.Заїка П.М., Бакум М.В., Михайлов А.Д. Вібраційна насіннєочисна машина для доочищення насіння сільськогосподарських культур. Журнал Пропозиція. № 6, 2005. с. 102.

3.Михайлов А.Д., Пастухов В.І., Бакум М.В. Машини, агрегати та комплекси для післязбиральної обробки зерна і насіння. - Харків: Навчальне видання, 2012. - 95 с.

4.Михайлов А.Д. Підготовка до роботи спеціальних зерноочисних машин. Методичні вказівки до лабораторних робіт. - Харків: 2014. - 15 с.

УДК 631.362

ВИКОРИСТАННЯ ВІБРАЦІЙНОГО СЕПАРАТОРА ДЛЯ ВІДБОРУ ЯКІСНОГО НАСІННЯ БІЛОКАЧАННОЇ КАПУСТИ

Михайлов А.Д., Крекот М.М., к.т.н., доц.,
Краснов Б.В., Зінченко Д.В., здобувачі ВО

Державний біотехнологічний університет

Використання віброфрикційного сепаратора при сортуванні насіння білокачанної капусти дає можливість підвищити схожість на 11,0% ,енергію проростання – 8,0%, масу 1000 насінин – 0,6 г та отримати більше 93,0% висококондиційного насіння.

Мета досліджень: Провести експериментальні дослідження для підвищення якісних властивостей насіння капусти білокачанної на вібраційному сепараторі.

Аналіз останніх досліджень. Для досягнення високих і якісних врожаїв білокачанної капусти необхідно ретельно дотримуватися всіх агротехнічних вимог. Важливим елементом успішного вирощування є використання насіння з відмінними посівними та продуктивними характеристиками.

Оскільки наявні методи сортування насіння білокачанної капусти не забезпечують достатньої якості, актуальним є пошук нових підходів до післязбиральної обробки насіннєвого матеріалу [3,4].

Підвищення якості насіннєвого матеріалу вимагає впровадження передових технологій сепарації, що базуються на диференціації фізико-механічних властивостей насіння. Це включає як модернізацію існуючих технічних засобів, так і розробку принципово нових пристроїв для ефективного розділення насіннєвих сумішей.

Експериментальні дослідження, проведені на кафедрі агроінженерії ДБТУ, підтверджують перспективність застосування вібраційного сепаратора, оснащеного неперфорованими фрикційними площинами. Даний метод, що ґрунтується на комплексному аналізі фрикційних, пружних властивостей та форми насіння, забезпечує ефективне виділення неповноцінного насіння основної культури, що призводить до значного покращення якісних показників насіння капусти білокачанної [1,2].

Основні матеріали досліджень: Проведений аналіз партії насіння білокачанної капусти показав її невідповідність встановленим стандартам якості. Було виявлено 9,2% некондиційного насіння. Додатково, значення схожості (72,0%), енергії проростання (63,0%) та маси 1000 насінин (2,3 г) виявилися нижчими за нормативні вимоги, зазначені в стандартах [5].

З метою покращення посівних характеристик насіння було застосовано процес сортування з використанням вібраційного сепаратора. Експериментальні параметри роботи сепаратора включали: поздовжній кут нахилу робочої поверхні 3,2°, поперечний кут нахилу 2,1°, кут спрямованості коливань 30,0°, амплітуда коливань 1,2 мм і частота коливань 175,0 Гц.

Поверхні, що сепарують, були покриті брезентом. Продуктивність вібраційного сепаратора з однією робочою площиною складала 1,9 кг/год.

Проведений аналіз процесу сепарації насіння білокачанної капусти виявив наступні закономірності: перший фракційний відділ містив 31,7% від сукупної маси насіння, що відповідає нормативним вимогам. Лише 0,8% цього насіннєвого матеріалу було визнано нежиттєздатним.

Відзначено позитивну динаміку показників схожості, сили росту та маси тисячі насінин у порівнянні з вихідними зразками.

Другий фракційний відділ становив 33,4% від загального обсягу насіння. Якісні показники насіння також відповівідали стандартам. Порівняно з контрольною групою, показники схожості, сили росту та маси тисячі насінин покращилися на 15,0%, 13,0% та 1,4 г відповідно.

Кількість насіння третього фракційного відділу містило 19,8%. Насіннєвий матеріал з цього відділу демонструє покращені агрономічні характеристики: схожість перевищує вихідні показники на 12,0%, енергія проростання – на 8,0%, а маса тисячі насінин збільшилася на 0,8 г.

Аналіз насіння з четвертого приймача підтвердив його відповідність усім якісним показникам. Воно містило достатню частку насіння основної культури, а також демонструвало високі посівні властивості. Зокрема, 8,6% становило повноцінне насіння капусти. Лабораторні дослідження зафіксували схожість на рівні 81,0%, енергію проростання 69,0% та масу тисячі насінин 2,8 г.

Натомість, насіння п'ятої фракції не відповідало стандартам. Вміст основної культури був низьким (лише 6,5%), а його схожість (43,0%) та енергія проростання (31,0%) були значно нижчими за норму. Також спостерігалося зменшення маси тисячі насінин на 0,4 г відносно вихідного зразка.

Висновки: Вібраційний сепаратор ефективно справляється із завданням сортування насіння білокачанної капусти, виділяючи з нього слабке, пошкоджене та дрібне насіння.

Це забезпечує отримання 93,5% високоякісного насіння, що відкриває шлях до зменшення норми висіву, гарантує рівномірні сходи та суттєво підвищує врожайність білокачанної капусти.

Список використаних джерел

1. Заика П.М., Мазнев Г.Е. Сепарация семян по комплексу физико-механических свойств. - М.: Колос, 1978. - 287с.

2. Заїка П.М., Бакум М.В., Михайлов А.Д. Вібраційна насіннєочисна машина для доочищення насіння сільськогосподарських культур. Журнал Пропозиція. № 6, 2005. с. 102.

3. Михайлов А.Д., Пастухов В.І., Бакум М.В. Машини, агрегати та комплекси для післязбиральної обробки зерна і насіння. - Харків: Навчальне видання, 2012. - 95с.

4. Михайлов А.Д. Підготовка до роботи спеціальних зерноочисних машин. Методичні вказівки до лабораторних робіт. - Харків: 2014. - 15 с.

5. ДСТУ 2240-93. Насіння сільськогосподарських культур. Технічні умови. - К.: Держспоживстандарт України, 1994. - 73с.

УДК 631.362

ОЧИЩЕННЯ НАСІННЯ БІЛОКАЧАННОЇ КАПУСТИ ВІД ДОМІШОК, ВИКОРИСТОВУЮЧИ ВІДМІННОСТІ У ЇХНІЙ ПРУЖНОСТІ, ШОРСТКОСТІ ПОВЕРХНІ ТА ФОРМІ

Михайлов А.Д., Бакум М.В., к.т.н., доц.,
Шестов К.Г., Земляніков А.Д., здобувачі ВО

Державний біотехнологічний університет

Використання віброфрикційного сепаратора при доочищенні насіння білокачанної капусти дає можливість отримати більше 92,0% придатного для посіву матеріалу.

Мета досліджень: Провести експериментальні дослідження для підвищення якісних характеристик насіння капусти білокачанної на віброфрикційному сепараторі.

Аналіз останніх досліджень. Забезпечення стабільного постачання внутрішнього ринку овочевою продукцією, зокрема білокачанною капустою, вимагає комплексного підходу, спрямованого на підвищення врожайності та покращення якісних показників отриманої продукції.

Фундаментальним чинником для досягнення зазначених цілей є використання насіння високої якості, що відповідає всім нормативним вимогам.

Це, в свою чергу, обумовлює необхідність модернізації існуючих технологічних процесів та технічних засобів для обробки насіння.

Зокрема, актуальними завданнями є розробка нових принципів сепарації насіннєвої суміші білокачанної капусти та створення сучасних механізованих комплексів для післязбиральної обробки.

На жаль, сучасні машини для очищення та сортування насіння, незалежно від їх призначення, не завжди забезпечують досягнення високої якості насіннєвого матеріалу.

Навіть багаторазове проходження насіння через робочі органи існуючого обладнання не завжди призводить до бажаного результату. Більше того, такий підхід може призвести до зниження виходу повноцінного насіння та негативного впливу на його якісні характеристики [3,4].

Основні матеріали досліджень: Багаторічні наукові розробки співробітників кафедри агроінженерії Державного біотехнологічного університету (ДБТУ) продемонстрували, що застосування віброфрикційного сепаратора з гладкими фрикційними поверхнями для сепарації насіння за фізико-технологічними параметрами (такими як шорсткість, пружність, конфігурація насіння) забезпечує ефективне вилучення важковідокремлюваного насіння бур'янів та інших сторонніх включень з посівного матеріалу основної культури.

Ці домішки, як правило, становлять значні труднощі для видалення за допомогою стандартних промислових установок для очищення насіння.

Більше того, при обробці насіння білокачанної капусти на віброфрикційному сепараторі відбувається не тільки відділення насіння бур'янів та домішок, але й видалення нежиттєздатного насіння основної культури (наприклад, недорозвиненого, травмованого, порожнього) [1,2].

В ході очищення вихідний зразок насіння було розділено на п'ять фракцій. Для кожної фракції та вихідного матеріалу було виконано аналіз посівних якостей.

Зокрема, перша фракція, що склала 29,5% від загальної маси, характеризувалася вмістом насіння основної культури на рівні 99,2%, що на 8,2% перевищує показник вихідного матеріалу. При цьому, вміст небажаних домішок (насіння бур'янів, інших культурних рослин тощо) у першій фракції був незначним і становив 0,8%.

Під час обробки насіння білокачанної капусти, друга фракція, що склала 34,9% від загальної маси, містила певний відсоток насіння бур'янів та інших культур. Однак, це не позначилося на якості насіння капусти, вміст якого у цій фракції зріс на 7,6%.

Одноразове проходження через віброфрикційний сепаратор дозволило виділити 21,3% кондиційного насіння капусти у третьому приймачі. Цей процес призвів до збільшення концентрації насіння капусти та зменшення кількості сторонніх домішок на 7,3% порівняно з вихідною партією.

Також високу якість посівного матеріалу демонструє четверта фракція, яка становить 7,2% від загальної маси. Кондиційність насіння капусти білокачанної у ній досягає 98,1%, що повністю відповідає вимогам стандарту [5].

Насіння п'ятого приймача (7,1% від вихідного об'єму) визнано непридатним для використання через високий рівень засміченості насінням бур'янів.

Зокрема, виявлено значну кількість насіння пирію повзучого (19,8%), лободи білої (17,3%), берізки польової (12,4%) та щириці звичайної (8,9%). Також у фракції присутні насіння інших культур (5,6%) та домішки (17,3%).

Висновки: Застосування віброфрикційного сепаратора є дієвим методом усунення засміченості насіння білокачанної капусти. Експериментальні дані свідчать, що одноразове проходження через сепаратор дозволяє досягти 92,9% чистоти насіння, звільнених від різних домішок.

Список використаних джерел

1. Заика П.М., Мазнев Г.Е. Сепарация семян по комплексу физико-механических свойств. - М.: Колос, 1978. - 287с.

2. Заїка П.М., Бакум М.В., Михайлов А.Д. Вібраційна насіннєочисна машина для доочищення насіння сільськогосподарських культур. Журнал Пропозиція. № 6, 2005. с. 102.

3. Михайлов А.Д., Пастухов В.І., Бакум М.В. Машини, агрегати та комплекси для післязбиральної обробки зерна і насіння. - Харків: Навчальне видання, 2012. - 95с.

4. Михайлов А.Д. Підготовка до роботи спеціальних зерноочисних машин. Методичні вказівки до лабораторних робіт. - Харків: 2014. - 15 с.

5. ДСТУ 2240-93. Насіння сільськогосподарських культур. Технічні умови. - К.: Держспоживстандарт України, 1994. - 73с.

УДК 631.362

ПРОЦЕС ВІДОКРЕМЛЕННЯ ЗАСМІЧУВАЧІВ ВІД НАСІННЯ КАПУСТИ БІЛОКАЧАННОЇ ЗА ДОПОМОГОЮ ВІБРАЦІЙНОЇ НАСІННЄОЧИСНОЇ МАШИНИ

Михайлов А.Д., к.т.н., доц., Сіняєва О.В., ст. викладач., Шестов К.Г., Стадник Д.В., здобувачі ВО

Державний біотехнологічний університет

Застосування вібраційної насіннєочисної машини при сепарації насіннєвої суміші капусти білокачанної дає можливість підвищити посівні показники при виході 95,0 % насіння основної культури.

Мета досліджень: Провести аналіз потенціалу вібраційної насіннєочисної машини для відділення важковідокремлюваних сторонніх включень, бур'янів та неповноцінного насіння основної культури присутніх у посівному матеріалі білокачанної капусти.

Аналіз останніх досліджень. Стандартні методи сепарації насіння білокачанної капусти, що застосовуються на традиційних насіннєочисних машинах, не завжди дозволяють досягти бажаних посівних характеристик.

Це обумовлено значною схожістю фізико-механічних властивостей (розмірів, форми, щільності, аеродинаміки) між насінням основної культури та різноманітними домішками, включаючи насіння бур'янів та неповноцінне насіння капусти.

Враховуючи ці обмеження, було ініційовано дослідження ефективності вібраційної насіннєочисної машини, яка раніше показала позитивні результати при обробці насіння інших культур, для оптимізації підготовки насіння білокачанної капусти до посіву.

Основні матеріали досліджень: Для визначення можливості ефективної сепарації насіння білокачанної капусти було проведено експериментальні випробування на вібраційній насіннєочисній машині [1,2].

В рамках цих досліджень були оптимізовані та зафіксовані ключові конструктивно-кінематичні характеристики машини, такі як амплітуда та частота коливань, кут спрямованості, а також поздовжній і поперечний кути нахилу робочого органу, з урахуванням забезпечення необхідної пропускної спроможності.

З метою підвищення технологічної ефективності процесу та максимізації виходу кондиційного насіння, робочі поверхні вібраційної насіннєочисної машини були покриті брезентом.

Як вихідний матеріал використовувалася партія некондиційного насіння білокачанної капусти, що не відповідала вимогам державного стандарту [5].

Процес обробки насіння здійснювався за один прохід, що призводило до його розділення на п'ять фракцій. Для кожної з отриманих фракцій, а також для вихідної суміші, проводився комплексний аналіз посівних якостей.

Перша фракція, що склала трохи більше п'ятої частини від загальної маси (21,7%), виявилася найчистішою та найякіснішою. Насіння капусти в ній було значно чистішим, ніж у вихідному зразку – його вміст зріс на 8,8%.

Приємно відзначити, що бур'янів та інших домішок було зовсім мало (лише 0,5% та 0,4%), а пошкодженого чи недорозвиненого насіння не знайшли взагалі.

Це насіння також показало добрі посівні властивості: схожість була на 11,0% вищою, а енергія проростання – на 8,0%. Навіть маса 1000 насінин збільшилася на 1,2 г. Отже, насіння з цієї фракції ідеально підходить для посіву, відповідаючи всім вимогам до якості.

Найбільша за обсягом, друга фракція (39,8% від загальної маси), також продемонструвала покращені показники. Вміст насіння капусти в ній був на 7,3% вищим, ніж у вихідному матеріалі. Кількість бур'янів (0,6%) та домішок (0,4%) була незначною, і, що важливо, не було виявлено недорозвиненого або пошкодженого насіння капусти. Посівні якості цієї фракції були ретельно оцінені за допомогою спеціальних аналізів.

Маса 1000 насінин приймальника становила 5,3 г, що на 0,9 г більше, ніж у вихідного насіння. Що стосується схожості та енергії проростання насіння, то вони більше вихідного на 8,0% і 5,0% відповідно.

Отже сепарація насіння капусти білокачанної на вібраційній насіннєочисній машині дозволило отримати насіння двох перших приймальників з покращеними посівними якостями. Обидві фракції мали вищий вміст насіння основної культури, меншу кількість бур'янів та домішок, а також більшу масу 1000 насінин порівняно з вихідним насінням.

Аналіз наступної (третьої) фракції показує, що вона дорівнюється 26,3% від загального обсягу. Насіння у неї характеризується високою чистотою (98,6% насіння основної культури) та збільшеною масою 1000 насінин (3,1 г), що на 8,3% та 0,5 г відповідно, краще, ніж у вихідного матеріалу. Вміст насіння бур'янів та домішок незначний – 0,8% та 0,6% відповідно. Показники схожості (84,0%) та енергії проростання (73,0%) також покращилися на 6,0% та 4,0% відповідно, порівняно з вихідним насінням.

Четверта фракція становить 7,2% від загальної маси насіння. Вона відзначається достатньо високою якістю: вміст насіння основної культури сягає 98,2%, що на 7,9% більше, ніж у вихідному матеріалі. Частка насіння бур'янів мінімальна – 0,9%, а домішок – 0,8%.

Показники якості насіння цього приймальника також покращилися: схожість зросла на 3,0%, енергія проростання – на 2,0%, а маса 1000 насінин

збільшилася на 0,3 г. Таким чином, насіння четвертої фракції повністю відповідає встановленим стандартам якості.

П'ята фракція, що становить 5,0% від загальної суміші, є некондиційною. Її низька якість зумовлена значним вмістом: насіння бур'янів: 31,4%, домішок: 22,9%, неповноцінного насіння основної культури (капусти): 8,5%.

Порівняно з вихідним матеріалом, ця фракція демонструє значне погіршення показників: маса 1000 насінин зменшилася на 0,5 г, схожість – на 28,0%, а енергія проростання – на 24,0%. Через ці недоліки п'ята фракція класифікується як відходи.

Висновки: Результати проведених експериментальних досліджень свідчать про високу ефективність використання вібраційної насіннєочисної машини для підвищення якісних показників насіння капусти білокачанної.

Механізм дії полягає у видаленні небажаних засмічувачів (насіння бур'янів, домішок, неповноцінного насіння), що призводить до зростання вмісту насіння основної культури на 8,4%, схожості на 6,0%, енергії проростання на 4,0% та маси 1000 насінин на 0,5 г.

Комплексне покращення цих агрономічно важливих параметрів позитивно впливає на польову схожість, енергію проростання та інші посівні властивості, що дозволяє оптимізувати норму висіву, забезпечити однорідність сходів та значно підвищити врожайність і якість вирощеної капусти білокачанної.

Список використаних джерел

1. Заика П.М., Мазнев Г.Е. Сепарация семян по комплексу физико-механических свойств. - М.: Колос, 1978. - 287с.

2. Заїка П.М., Бакум М.В., Михайлов А.Д. Вібраційна насіннєочисна машина для доочищення насіння сільськогосподарських культур. Журнал Пропозиція. № 6, 2005. с. 102.

3. Михайлов А.Д., Пастухов В.І., Бакум М.В. Машини, агрегати та комплекси для післязбиральної обробки зерна і насіння. - Харків: Навчальне видання, 2012. - 95с.

4. Михайлов А.Д. Підготовка до роботи спеціальних зерноочисних машин. Методичні вказівки до лабораторних робіт. - Харків: 2014. - 15 с.

5. ДСТУ 2240-93. Насіння сільськогосподарських культур. Технічні умови. - К.: Держспоживстандарт України, 1994. - 73с.

УДК 631.362

ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ РОЗМІРІВ ОТВОРІВ РЕШІТ ДЛЯ РОЗДІЛЕННЯ ЗЕРНОВИХ СУМІШЕЙ

Бакум М.В., к.т.н., доцент, Михайлов А.Д., к.т.н., доцент,
Козій О.Б., к.т.н., доцент, Крекот М.М., к.т.н., доцент,
Сіняєва О.В. ст.викл., Гаць А.В., здобувач ВО

Державний біотехнологічний університет

Вибір розмірів отворів решіт для ефективної сепарації зернових сумішей необхідно виконувати на основі даних мінливості розмірних характеристик компонентів зернових сумішей з урахуванням імовірності їх просіювання на решетах реальних сепараторів та фактичним вмістом кожної домішки у вихідному матеріалі.

Мета досліджень: Обґрунтувати виконання вибору розмірів отворів решіт для ефективної сепарації зернових сумішей.

Основні матеріали досліджень: Основну частину зерноочисних технологічних ліній для післязбиральної обробки зернової частини врожаю становлять решітні сепаратори. Робочими поверхнями таких сепараторів є решета, які промисловістю випускаються з прямокутними, круглими, трикутними та іншої спеціальної форми отворами.

Ефективність розділення зернових сумішей на таких сепараторах в першу чергу залежить від обґрунтованості вибору форми і розмірів отворів решіт. Основою для такого вибору є розмірні характеристики, як зерен основної культури, так і домішків: зерен інших культур, насіння бур’янів та незернових домішків.

Найбільш достовірні розмірні характеристики отримують при вимірюванні товщини, ширини і довжини відібраних проб по 300…500 штук кожного компонента з точністю до 0,01 мм. Отримані дані представляють у вигляді варіаційних рядів або варіаційних кривих розподілу товщини, ширини і довжини компонентів даного зернового матеріалу.

Незважаючи на високу точність оцінки мінливості розмінних характеристик компонентів зернових сумішей, такий спосіб не в повній мірі забезпечує раціональний вибір розмірів отворів решіт для ефективного розділення зернових сумішей через неповне просівання компонентів проходової фракції через отвори решіт існуючих сепараторів. Необхідно додатково оцінювати імовірність просіювання кожного компонента через відповідні розмірі отворів на реальних сепараторах.

Менш працеємним способом оцінки мінливості розмірних характеристик зернових сумішей є використання решітних класифікаторів. При достатньому наборові решіт для конкретного зернового матеріалу, отримаємо не просто варіаційні ряди чи варіаційні криві мінливості розмінних характеристик компонентів зернової суміші, а й з урахуванням імовірності їх просівання через

відповідні отвори решета (при відповідності режиму коливань решітних класифікаторів режимові коливань решета реального сепаратора).

Таких даних цілком достатньо для визначення раціональних розмірів отворів решіт при повному накладанні варіаційних кривих розміру основної культури і домішків або неперетинанні їх. У першому випадку очевидно, що решета з такими формами отворів недоцільно використовувати на очищенні таких сумішей (необхідно розробляти нові решета, особливо для очищення дрібнонасіннєвих сумішей). У другому випадку для відокремлення дрібних домішків необхідно вибрати решето, розмір отворів якого буде більшим відповідного максимального розміру домішок, але меншим мінімального розміру зерен основної культури, а для відокремлення крупних домішків розмір отворів решета повинен бути більшим максимального розміру зерна основної культури, але меншим мінімального розміру домішків.

На практиці більш поширеним є третій спосіб – взаємного розміщення варіаційних кривих, при якому на криві мінливості розміру основної культури частково накладаються варіаційні криві домішків. При цьому можливі три варіанти взаємного розміщення: варіаційну криву мінливості розміру основної культури частково перекривають криві мінливості розміру дрібних домішків (перекривають зліва криву розмірів основної культури); перекривають криві розміру крупних домішків (перекривають справа криву розмірів основної культури); криві мінливості розмірів домішків частково перекривають зліва і справа криву мінливості зерен основної культури.

Для зернових матеріалів, в яких стандартами на кондиційний матеріал не допускається наявність домішків розміри отворів визначаються за варіаційними кривими, при яких домішки повністю відокремлюються у відходову фракцію. Для очищення зернових сумішей, в яких державними стандартами допускається певна кількість домішків, необхідно вибирати для відокремлення дрібних домішків такий мінімальний розмір отворів, при якому відсоток домішків, який буде залишатись в очищеному матеріалі, обов’язково з урахуванням кількості наявних таких компонентів у вихідному матеріалі не перевищить допустимої стандартами кількості. Для таких сумішей відокремлення крупних домішків вибирається такий максимальний розмір отворів, при якому добуток імовірності виділення домішків у очищену фракцію на наявність їх у вихідному матеріалі не перевищить допустиму стандартами кількість.

Висновки: Таким чином, для вибору оптимальних розмірів отворів решіт для ефективного очищення зернових сумішей необхідно використовувати дані мінливості розмінних характеристик компонентів зернових матеріалів з урахуванням імовірності їх просівання на решетах реальних сепараторів та фактичним вмістом кожної домішки у вихідному матеріалі.

Список використаних джерел

1. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Т.3, розділ 7. Очистка і сортування насіння.- Х.: Око, 2006.- 408с.

2. Бакум Н.В., Винокуров Н.А., Сансай Н.Н. Влияние исходной засоренности на полноту разделения семенных смесей // Інженерія природокористування.- 2014.- № 1(1).- С. 82-84.

3. Патент України 62953, МПК B07B 1/00. Спосіб прогнозування результатів сепарації насіннєвих сумішей на решетах/ М.В. Бакум, О.М. Горбатовський. Опубл. 25.11.2011. Бюл. №22.- 5с.

UDC 631.363:635.21

DESIGN OF A MULCH STRAW PICKUP FOR POTATO GROWING TECHNOLOGY ON THE FIELD SURFACE

Roman Kyrychenko, Ph.D., Assoc. Prof., Mykola Bakum, Oleksandr Lubchenko, PhD student, Oleksandra Kyrychenko, Head of the educational and methodological laboratory

State Biotechnological University

Kharkiv State Vocational and Pedagogical College named after V. I. Vernadsky

The design of a straw mulch picker for the technology of growing potatoes on the surface of the field is presented. The proposed picker is equipped with curved combined guide plates with stem lifters, which ensure intensive lifting of the mulch layer with minimal mechanical impact on the tubers.

Modern mechanized potato growing technologies provide the necessary soil conditions for germination and the formation of high yields only under favorable weather conditions. They are based on the accumulation of moisture in the autumn-winter-spring period and high-quality soil cultivation without its losses when performing all operations - from peeling stubble to inter-row cultivation of crops at optimal times in compliance with agrotechnical requirements. The implementation of such technologies requires modern machine complexes and material and technical support, which is still insufficient for most farms in Ukraine. Forced simplification of technologies leads to a decrease in yield and production efficiency, which partly explains the low interest of agricultural companies in growing potatoes. In recent years, production risks have also increased due to changes in weather conditions, especially temperature.

Potato cultivation has become widespread in recent years, especially in homestead farms using a new method: growing potatoes on the surface of the field under a layer of mulch.

Potatoes are planted on the surface of the field with this method of cultivation without digging into the soil at an earlier time, when the surface of the field dries out. In this case, soil cultivation, with the exception of early spring harrowing, is not performed. Planted tubers are covered with a layer of straw 20–25 cm thick, which allows potato sprouts to germinate, but suppresses weeds. The soil under the mulch does not dry out and does not become crusted, so care is reduced only to protecting plants from diseases and pests by spraying with fungicides and insecticides. The roots of potatoes planted on the surface of the field penetrate the soil, ensuring the growth of

shoots and stolons, from which new tubers are formed, mainly on the surface under a layer of mulch. Harvesting includes removing mulch from crops, short-term drying (1–2 hours) and picking up tubers with existing potato diggers or combines with a depth of up to 5 cm, which increases the productivity of machines and reduces energy consumption and damage to potatoes.

To use this method on large areas of sowing, effective machines for removing mulch from potato crops are required.

Rakes of various designs (transverse, wheel-finger, rotary, etc.), which are used for raking hay and straw, can be used to pick up the layer of potato mulch, but this leads to damage to the tubers and their partial fall into the windrows.

The use of existing designs of pickers (header pickers, balers, pickers-hoes, etc.) can significantly increase the completeness of mulch collection, but damage to tubers increases significantly. Damage to tubers by pickers can be reduced by using stem lifters, which are equipped with combine harvester headers.

The use of stem lifters on combine harvesters reduces injuries, but part of the mulch falls off due to loss of elasticity when the drum is raised. However, due to a slight change in the angle of elevation of the upper bar of the stem lifters, the mulch layer remains in a raised state for a long time and, due to the loss of its elastic properties, a significant part of it falls off onto the field surface. This significantly reduces the completeness of mulch collection from potato crops, which complicates its harvesting.

The design of the potato mulch layer picker is based on a serial baler (Fig. 1), in which the swath is picked up by elastic drum tines, fed by curved guides to the cross conveyor and the baling chamber. Such a picker allows you to press the mulch for transportation, lay it in swaths on an already harvested field, or sow it on the field for the next year.

To reduce mulch shedding, a special stalk lifter with curved guide plates has been proposed. Its working surface has an intensive increase in the angle of elevation to the area of grip capture, which reduces the movement of the raised mulch and improves the quality of picking without damaging the tubers. The proposed design of a mulch picker from potato rows (Fig. 1, a), which is grown on the surface of the field, consists of a frame with support wheels 1, on which are hingedly fixed sidewalls 2 with a picker drum with elastic rakes 3, between which are fixed curved combined guide plates 4 (Fig. 1, b). The picker drum on the sidewalls 2 is fixed perpendicular to the direction of movement of the picker, its height position is regulated by a copying roller 5 with an adjustment mechanism 6, fixed on the sidewall 2.

The curved combined guide plate 4 consists of a support and copying surface 7, a stem lifter 8 and an upper guide part 9, stiffening ribs 10 and holes 11 for fastening the plates 4 to the drum body (Fig. 1, c).

Behind the combined guide plates 4 of the pick-up drum 3, a transverse conveyor 12 is installed, which feeds the picked-up mulch to the device 13 for forming a swath or bales and laying them next to the potato rows using a guide tray 14 and a frame 15. The mulch pick-up is aggregated with the tractor using a trailer hitch 16. The working bodies are driven from the tractor's power take-off shaft using drive mechanisms 17.

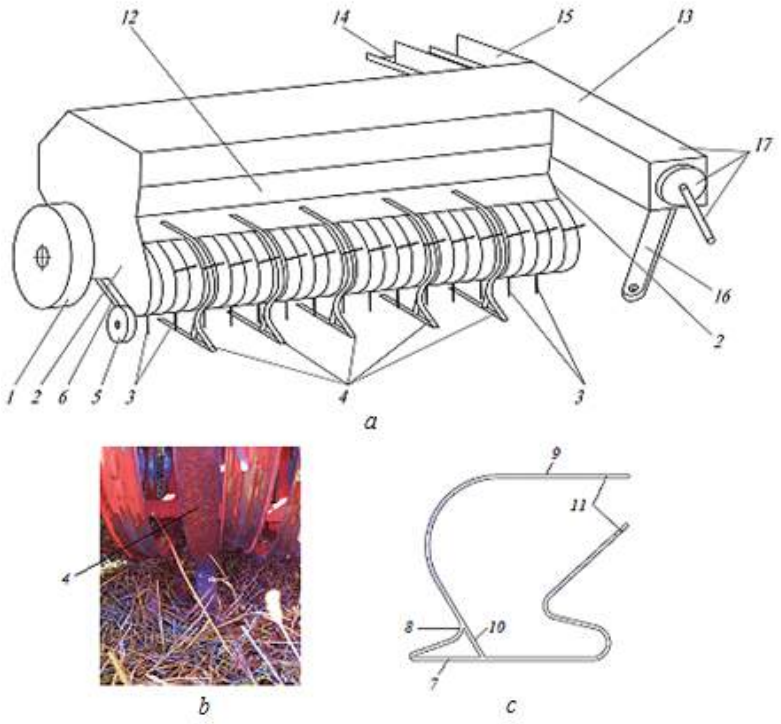


Fig. 1. Mulch collector from potato rows:
a – structural diagram of the potato row mulch picker; b – general view of the curved combined guide plate; c – structure of the curved combined guide plate; 1 – frame with support wheels; 2 – sidewalls; 3 – pick-up drum with elastic tines; 4 – curved combined guide plates; 5 – copying roller; 6 – adjustment mechanism; 7 – supporting and copying surface of the guide plate; 8 – stalk lifter; 9 – upper guide of the guide plate; 10 – stiffening rib; 11 – holes; 12 – cross conveyor; 13 – device for forming a windrow or bales; 14 – guiding tray; 15 – frame; 16 – trailer nose; 17 – drive mechanism

Before starting work, the pick-up is adjusted to the specified operating conditions. Depending on the width of the rows and the width of the potato bushes on the pick-up drum with elastic tines 3, the curved plates are replaced with combined guide plates 4 so that during operation they move in the row and do not catch the tubers (if the potato tubers are buried in the soil (certain potato varieties), then all combined guide plates 4 are installed on the pick-up drum). The height of the drum is adjusted using a copying roller so that the supporting and copying surfaces of the guide plates are above the field surface.

During operation, the picker drives into the rows (while the tractor moves across the harvested field), the drive 17 is turned on and the picker drum with tines 3 is lowered. The stalk lifters 8 of the combined guide plates 4, moving along the surface of the field, lift the mulch layer, which is captured by the elastic tines of the picker drum 3 and transfer the mulch to the transverse conveyor 12.

The design of the front surface of the stalk lifter 8 of the combined guide plates 4 in the form of a logarithmic spiral provides an intensive increase in the mulch lifting angle, which significantly reduces the contact time of the mulch layer with the soil, and hence its residues on the field surface. The transverse conveyor 12 feeds the mulch to the device 13 for forming a swath or bales, which are stacked next to the rows of potatoes. The unit that picks up the potatoes, which are now open and on the surface of the field, passes behind the mulch picker.

Thus, by installing combined guide plates 4 on the pick-up drum between the tines 3, the lower part of which is a stalk lifter 8, the frontal surface of which is made in the form of a logarithmic spiral, it provides a more complete lifting of mulch from potato crops with minimal mechanical damage to the tubers.

Conclusion.

The proposed design of the mulch pick-up can be used in the technology of growing potatoes on the field surface for mechanized removal of mulch material before harvesting the main crop.

UDC 631.331

RESULTS OF FIELD RESEARCH ON COULTERS FOR SOWING GRAIN CROPS USING MINI-TILL TECHNOLOGY

Roman Kyrychenko, Ph.D., Assoc. Prof., Yevgeny Lubchenko, PhD student, Volodymyr Taran, Andriy Kolpachenko, applicants

State Biotechnological University

The results of field studies of an experimental two-disc opener with a cut-out disc for sowing grain crops using Mini-till technology are presented. It was found that the proposed design provides more efficient cutting of plant residues, more stable soil penetration, and better uniformity of seed wrapping compared to serial two-disc openers.

Resource-saving soil cultivation technologies, particularly Mini-till, are increasingly being implemented in modern agricultural production due to their ability to reduce fuel consumption, preserve soil moisture, and improve soil fertility. However, sowing grain crops under such conditions is often complicated by the presence of a significant amount of crop residues on the soil surface, especially after harvesting corn for grain and sunflower. Under these conditions, traditional serial double-disc coulters do not always ensure stable seed placement depth and high-quality furrow formation, since they are unable to effectively cut thick and strong crop residues. This negatively affects the uniformity of seed placement and, consequently, crop emergence and productivity.

To improve the quality of sowing under Mini-till technology, an experimental double-disc coulter with a cut-out disc was developed and investigated. The proposed design consists of a body, semi-axles, discs of different diameters, a seed guide, and a fastening leash. The distinctive feature of the developed coulter is the presence of conical cut-outs on the peripheral part of the larger disc. The side walls of the cut-outs are arranged at an angle smaller than the sliding friction angle of plant residues on metal surfaces, which contributes to effective gripping and cutting of crop residues during operation.

The technological process of the coulter operation occurs in two stages. At the first stage, the tops of the conical cut-outs interact with the soil surface and plant residues, ensuring their puncturing and partial cutting. Due to sufficient downforce, the larger disc penetrates the upper soil layer. At the second stage, the smaller disc

penetrates deeper into the already loosened soil layer and forms a furrow of the required depth. Because the discs are installed at an angle to the direction of movement, the soil is shifted sideways, forming a stable furrow for seed placement. Such a design improves the ability of the coulter to work under conditions with large amounts of plant residues and compacted soil.

Field experiments were conducted on a grain seeder SZ-3.6 equipped with experimental coulters. Comparative studies were conducted between the developed coulter and serial two-disk single-row coulters. The main indicators used to assess the quality of sowing were the uniformity of seed placement depth and the uniformity of seed distribution along the row.

The depth of seed placement was determined according to the length of the etiolated part of seedlings, while the distances between seeds were determined from plant emergence fragments. Statistical evaluation included determination of the average value, standard deviation, and coefficient of variation.

The obtained experimental results demonstrated that the developed coulter provides significantly better seed placement depth uniformity compared with the serial coulter. At a seeder speed of 2.5 m/s, the experimental coulter ensured the greatest average seed placement depth of 55.8 mm, whereas the serial coulter provided only 43.3 mm. The improved performance is explained by the higher penetration ability of the experimental coulter and its more effective interaction with crop residues.

Analysis of the influence of operating speed on sowing quality showed that increasing the seeder speed from 2.0 to 2.5 m/s contributed to improved penetration of both coulter types into the soil. However, further increase in speed to 3.5 m/s resulted in reduced seed placement depth due to increased soil resistance and partial digging-out of the coulters.

An important indicator of sowing quality is the coefficient of variation of seed placement depth. The experimental coulter demonstrated lower coefficient values, indicating more stable operation. At a seeding speed of 3.0 m/s, the coefficient of variation for the experimental coulter was 21.5%, whereas for the serial coulter it reached 33.7%. This confirms the ability of the developed coulter to maintain a more uniform seed placement depth even under difficult field conditions with significant amounts of crop residues.

According to agrotechnical requirements, when sowing grain crops at a depth of 40–60 mm, the permissible deviation should not exceed ±10 mm. Experimental studies showed that the developed coulter met these requirements in 62.7% of cases, while the serial coulter satisfied them only in 48.1% of cases.

The uniformity of seedling distribution along the row was also evaluated. Results showed that increasing the operating speed slightly worsened seed distribution uniformity for both coulter types. However, the experimental coulter consistently demonstrated lower coefficients of variation. At a speed of 3.0 m/s, the coefficient of variation for the experimental coulter was 64.6%, compared with 67.9% for the serial coulter. This improvement is associated with the more stable movement of the developed coulter in the soil and its enhanced ability to cut plant residues without disturbing furrow formation.

The obtained results indicate that the use of the developed coulter contributes to improving sowing quality, increasing emergence uniformity, and creating more favorable conditions for the growth and development of grain crops under resource-saving technologies. Therefore, the proposed coulter design can be recommended for grain seeders operating under Mini-till conditions, especially in fields with a large amount of crop residues after corn and sunflower harvesting.

УДК 631

ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ ПРИ ВИРОЩУВАННІ ЗЕРНОВИХ

Гримайло В.В. здобувач ВО, Горовий М.В. старший викладач, Калнагуз О.М. к.т.н. доцент, Саржанов Б.О. PhD. доцент

Сумський національний аграрний університет

Метою дослідження є аналіз технологічних операцій при вирощуванні зернових культур. Посів зернових культур є однією з найвідповідальніших та основних операцій, від якості виконання якої залежить майбутній урожай. В свою чергу збирання є найбільш напруженою та відповідальною завершальною операцією при вирощувані даної культури.

Зернове господарство відноситься до основних пріоритетів розвитку агропродовольчого сектора економіки держави, і є важливим джерелом прибутковості сільськогосподарських підприємств різних форм власності.

Зернові культури займають провідне місце в аграрному секторі України та є стратегічною основою продовольчої безпеки держави. Вони формують значну частину валової продукції рослинництва, забезпечують населення основними продуктами харчування, виступають важливим компонентом кормової бази для тваринництва та мають вагоме значення для розвитку експортного потенціалу країни. Зернові культури мають також важливе агротехнічне значення. Вони є базовими елементами науково обґрунтованих сівозмін, сприяють ефективному використанню земельних ресурсів, покращенню структури ґрунту та раціональному розподілу технологічного навантаження на машинно-тракторний парк господарств. Сучасне вирощування зернових в Україні базується на використанні інтенсивних технологій, сучасної високопродуктивної техніки, систем точного землеробства, високоякісного насіннєвого матеріалу та ресурсозберігаючих способів обробітку ґрунту. Це дозволяє підвищувати врожайність, зменшувати собівартість продукції та забезпечувати конкурентоспроможність галузі.

Вимоги до посіву озимих загальновідомі і прості за змістом – рівномірно розподілити насіння по площі і висіяти його на оптимальну глибину, але технологія виконання цього агротехнічного заходу часто порушується, що призводить до зменшення повноти сходів і пригнічення рослин.

Посів зернових культур на прикладі пшениці різними способами: звичайним рядковим з шириною міжрядь 15 см, вузькорядним з міжряддям 7,5

см, перехресним з міжряддями 15 см. Найкращим способом сівби пшениці є звичайний рядковий з шириною міжрядь 15 см. Норми висіву встановлюють з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов, родючості ґрунту, строків сівби, сортових особливостей, посівної якості насіння.

За пізніх строків сівби і нормального вологозабезпечення оптимальною глибиною сівби є 3+-0,5см. Тобто, необхідно загорнути насіння на глибину, на якій формується вузол кущіння. Мілке загортання насіння дозволить покращити надходження тепла до насіння, пришвидшити появу сходів а також максимально використати пластичний матеріал насінини на формування сильного проростка, що є передумовою задовільної перезимівлі. Сіяти озимі зернові культури у сухий або надто перезволожений грунт у дуже пізні терміни надто ризиковано.

Запорукою зменшення втрат урожаю є оптимізація строків збирання разом із своєчасним та якісним його проведенням.

Існує два способи збирання озимих зернових культур: однофазовий та двофазовий. Найбільш поширеним у виробництві є однофазовий спосіб збирання. Однак багаторічним виробничим досвідом доведено, що ці два способи не слід протиставляти один одному, оскільки кожен з них має свої переваги і недоліки.

Вибір способу збирання і обґрунтування співвідношення між ними в конкретних умовах здійснюють, виходячи з погодних особливостей регіону, в якому розміщене конкретне господарство, забур’яненості посівів, агробіологічного стану стеблостою на початку збиральних робіт та оснащеності господарства відповідною збиральною технікою.

Висновок.

Отже, зернові культури є ключовою складовою агропромислового комплексу України, визначають продовольчу стабільність держави, забезпечують розвиток суміжних галузей економіки та формують вагому частку експортного потенціалу країни. Посів та збирання зернових культур є важливими технологічними операціями, від якості та своєчасності виконання яких значною мірою залежить рівень польової схожості насіння, рівномірність розвитку рослин, ефективність використання ґрунтової вологи, формування врожайності та мінімізація втрат продукції під час збирання. Раціональна організація цих процесів із застосуванням сучасних машинно-тракторних агрегатів забезпечує дотримання агротехнічних строків, підвищення продуктивності праці, зниження енергетичних витрат і отримання високоякісного зерна, придатного для подальшого зберігання та переробки..

Список використаних джерел

1. Романенко М. Пізній висів озимих зернових культур. Сайт https://lgseeds.com.ua/ LG – міжнародний бренд насіння польових культур компанії Лімагрейн.. Головна/. 12.05.2023. URL: https://lgseeds.com.ua/advice/pshenyczya/piznij-vysiv-ozymyh-zernovyh-kultur/ (дата звернення: 15.03.2026).

2. Артьомов М. П. Технологічні системи збирання зернових культур [Електронний ресурс] / М. П. Артьомов. – 2021. – Режим доступу до ресурсу: https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/2536/1/materialy-MNPK_SIAHV_2021-256-257.pdf.

3. Ярошенко С. Раціональні способи збирання озимих зернових культур. [Електронний ресурс] / С.Ярошенко, А.Черенков, М.Солодушко // Журнал «Агробізнес Сьогодні». Механізація АПК. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: https://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/8913-ratsionalni-sposoby-zbyrannia-ozymykh-zernovykh-kultur.html.

4. Сербій К. Посів зернових культур у системі мінімального обробітку ґрунту. Всеукраїнський аграрний журнал "АгроЕліта". Сайт https://agroelita.info/. Головна / Техніка /. 28.02.2018. URL: https://agroelita.info/posiv-zernovyh-kultur-v-systemi-minimalnoho-obrobitku-gruntu/ (дата звернення: 25.03.2025).

5. Глибина висіву озимих зернових залежить від ґрунту та польових умов — польські фахівці. Головний сайт агрономів. SuperAgronom.com (Farmer.pl.). Головна/Новини/Посівна. 19.09.2024. URL: https://superagronom.com/news/19575-glibina-visivu-ozimih-zernovih-zalejit-vid-gruntu-ta-polovih-umov--polski-fahivtsi (дата звернення: 28.02.2025).

6. Вінюков О., Національна Академія Аграрних Наук України. Методичні рекомендації щодо збирання зернових культур в умовах воєнного стану та обмеженого ресурсного забезпечення. Сайт https://agro.dn.gov.ua/. Головна / Напрями / Рослинництво. 17.06.2025. URL: https://agro.dn.gov.ua/downloads/2022/06/rekomendatsii-uborka-2022.pdf (дата звернення: 19.06.2025).

УДК 631

ОГЛЯД ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ ПРИ ВИРОЩУВАННІ СОЇ

Шаповал В.О. здобувач ВО, Калнагуз О.М. к.т.н. доцент,
Сіренко Ю.В. PhD. доцент

Сумський національний аграрний університет

Метою дослідження є аналіз технологічних операцій при вирощуванні сої, застосовування технічних засобів та агрегатів, а також розроблення інженерно-технічних рішень, спрямованих на підвищення продуктивності вирощування сої, зниження енергетичних витрат та забезпечення високоякісного врожаю

Сільське господарство є однією з найважливіших галузей економіки України яка забезпечує продовольчу безпеку держави розвиток аграрного ринку та формування експортного потенціалу країни. Однією з важливих культур яка займає значне місце у структурі посівних площ України є соя.

Соя належить до високобілкових культур і має велике значення для харчової, кормової та переробної промисловості. Насіння сої містить у середньому 35-45 % білка, 18-25 % олії, а також вуглеводи, вітаміни та

мінеральні речовини. Білок сої за своїм амінокислотним складом наближений до білків тваринного походження, що робить його цінним компонентом харчових продуктів і кормів для тварин. З сої виробляють різноманітні продукти: соєве борошно, соєву олію, соєве молоко, соєвий соус та інші харчові продукти. Завдяки високій поживній цінності та універсальності використання, площі посівів сої в Україні постійно збільшуються.

Соя має також важливе агрономічне значення. Як і інші бобові культури вона здатна фіксувати атмосферний азот за допомогою бульбочкових бактерій які розвиваються на її коренях. Завдяки цьому рослина збагачує ґрунт азотом і покращує його родючість. Тому сою часто використовують у сівозмінах як попередник для інших сільськогосподарських культур. Для вирощування сої найбільш придатні родючі ґрунти з доброю структурою достатнім вмістом гумусу та нейтральною або слабокислою реакцією ґрунтового розчину. Найкращими ґрунтами для її вирощування є чорноземи а також легкі та середні суглинкові ґрунти. Важливим фактором успішного вирощування сої є правильний вибір попередників у сівозміні. Найкращими попередниками для цієї культури є зернові культури, кукурудза, цукрові буряки та інші просапні культури. Не рекомендується висівати сою після інших бобових культур оскільки це може призвести до накопичення спільних хвороб і шкідників.

Підготовка ґрунту під посів сої включає основний обробіток ґрунту та передпосівну підготовку. Основний обробіток зазвичай проводять восени. Він може включати лущення стерні та оранку на глибину 20-25 см. Передпосівний обробіток проводять навесні для вирівнювання поверхні поля, знищення бур’янів та створення оптимальної структури ґрунту для посіву.

Важливим етапом технології вирощування сої є посів. Він проводиться навесні коли ґрунт прогріється до оптимальної температури. Для посіву використовують спеціальні просапні сівалки, які забезпечують рівномірне розміщення насіння в рядках та оптимальну глибину загортання. Зазвичай глибина загортання насіння становить 3-5 см залежно від типу ґрунту та його вологості. Використання сучасних посівних машин, високопродуктивних тракторів та автоматизованих систем керування дозволяє значно підвищити продуктивність праці зменшити витрати пального, знизити трудомісткість виробничих процесів і забезпечити високу якість виконання польових робіт.

Сучасні посівні агрегати обладнуються точними висівними апаратами, системами контролю висіву, електронними датчиками та навігаційними системами, що дозволяє забезпечити рівномірність розміщення насіння та оптимальну глибину його загортання. Особливе значення має також правильне налаштування посівної техніки оскільки навіть незначні відхилення в роботі висівних апаратів можуть призвести до порушення густоти посіву, нерівномірного розміщення рослин або втрати насіння. Тому важливим завданням є дослідження техніко-експлуатаційних показників посівних агрегатів та визначення оптимальних параметрів їх роботи.

Догляд за посівами сої включає боротьбу з бур’янами, шкідниками та хворобами. На ранніх етапах розвитку рослини сої ростуть повільно і можуть

пригнічуватися бур’янами. Тому важливе значення має проведення міжрядних обробітків та застосування гербіцидів. Міжрядний обробіток проводять декілька разів протягом вегетаційного періоду. Він сприяє знищенню бур’янів, розпушуванню ґрунту та покращенню доступу повітря до кореневої системи рослин.

Збирання сої проводять у фазі повної стиглості коли боби набувають характерного кольору, а насіння досягає необхідної вологості. Для збирання використовують зернозбиральні комбайни, обладнані спеціальними жатками для низькорослих культур. Оптимальна вологість насіння під час збирання становить 14-16 %. Після збирання насіння очищають, сушать і закладають на зберігання.

Висновок.

Отже в умовах сучасного розвитку аграрного виробництва значну увагу приділяють підвищенню ефективності вирощування сільськогосподарських культур шляхом застосування сучасної техніки, інноваційних технологій та раціонального використання матеріально-технічних ресурсів.

Список використаних джерел

1. Мірненко В. Що потрібно зробити до сівби сої: поради від Володимира Мірненка [Електронний ресурс] / В. Мірненко // Головний сайт агронома. SuperAgronom.com. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: https://superagronom.com/blog/900-scho-potribno-zrobiti-do-sivbi-soyi-poradi-vid-volodimira-mirnenka.

2. Обробіток ґрунту під сою. Сайт https://makosh-group.com.ua/. Головна/. 06.10.2025. URL: https://makosh-group.com.ua/blog/obrobitok-gruntu-pid-soyu/?srsltid=z4rXAxjcLpCAkgC-mYE-rLF1 (дата звернення: 30.01.2026).

3. Гаврилов С., Ннц «інститут Землеробства НААН». Обробіток ґрунту під сою. Головний журнал з питань агробізнесу "Пропозиція". Сайт https://propozitsiya.com/ua. Головна / Статті / Технології / Вирощування. URL: https://propozitsiya.com/articles/tekhnolohiyi-vyroshchuvannya/mineralne-zhyvlennya-ozymykh-zernovykh-kultur-voseny (дата звернення: 07.01.2026).

4. Мащенко Ю., Гайденко О. Вимоги та правила сої. Журнал “Агробізнес Сьогодні”. Https://agro-business.com.ua/. Головна / Статті / Агрономія сьогодні. URL: https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/14309-vymohy-ta-pravyla-soi.html (дата звернення: 08.01.2026).

5. Шаповал В.О., Горовий М.В., Калнагуз О.М. Аналіз операційних технологій при вирощуванні сої // Інноваційні технології в Індустрії 5.0: Збірник тез за матеріалами 31-ої міжнародної науково-практичної конференції (21-23 жовтня 2025 р.). Ч.1. – Суми: СНАУ, 2025 - с 83-85.

УДК 631

ОБҐРУНТУВАННЯ СКЛАДУ МАШИННОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ ПРИ ВИРОЩУВАННІ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР В ГОСПОДАРСТВІ СУМСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Хомишенко Д.В. здобувач ВО, Калнагуз О.М. к.т.н. доцент,
Горовий М.В. старший викладач

Сумський національний аграрний університет

Метою дослідження є аналіз машинно-тракторного парку господарства області, від якого залежить своєчасне виконання технологічних операцій від підготовки ґрунту до збирання врожаю.

Ефективність вирощування сільськогосподарських культур значною мірою В сучасних умовах розвитку аграрного виробництва ефективність вирощування зернових культур значною мірою залежить від рівня технічного оснащення господарства. Від правильного підбору машинно-тракторного парку залежить своєчасність виконання технологічних операцій, якість обробітку ґрунту, рівномірність посіву, ефективність догляду за посівами та збирання врожаю.

В умовах господарства Сумської області машинно-тракторний парк сформований достатньо раціонально і включає як сучасну, так і перевірену в експлуатації техніку, що дозволяє ефективно виконувати всі технологічні операції без суттєвих затримок. Насамперед це стосується основного обробітку ґрунту, який є базою для формування майбутнього врожаю. У господарстві використовуються трактори різної потужності, що дає можливість гнучко підбирати агрегати залежно від умов поля та виду робіт. У поєднанні з плугами та глибокорозпушувачами така техніка забезпечує якісне розпушування ґрунту на необхідну глибину, покращує його структуру та сприяє накопиченню вологи. Передпосівний обробіток ґрунту виконується з використанням культиваторів та сучасних комбінованих агрегатів, які за один прохід виконують кілька операцій: розпушування, вирівнювання та ущільнення ґрунту. Завдяки цьому вдається значно скоротити строки підготовки поля до сівби та зменшити кількість проходів техніки, що позитивно впливає як на економічні показники, так і на стан ґрунту.

Сівба зернових культур у господарстві здійснюється із застосуванням сучасних зернових сівалок, які забезпечують точне дозування насіння та рівномірну глибину його загортання. Це дозволяє отримати дружні та рівномірні сходи, що є важливим фактором формування високого врожаю. Використання новіших посівних агрегатів також сприяє більш раціональному використанню посівного матеріалу.

Догляд за посівами включає внесення мінеральних добрив та захист рослин від шкідників, хвороб і бур’янів. У господарстві для цього використовуються обприскувачі та розкидачі добрив, які забезпечують рівномірність внесення та високу продуктивність. Наявність техніки з

достатньою шириною захвату дозволяє виконувати ці роботи у стислі строки, що особливо важливо в періоди активного росту рослин.

Збирання врожаю здійснюється із застосуванням зернозбиральних комбайнів, які відповідають потребам господарства. Завдяки достатньому рівню технічного забезпечення вдається уникати значних втрат зерна та проводити збирання у оптимальні строки. Це має велике значення для збереження якості продукції.

Формування машинно-тракторного парку здійснюється достатньо раціонально та відповідає обсягам виробництва і спеціалізації господарства. Наявний склад техніки дозволяє виконувати основні технологічні операції у встановлені агротехнічні строки без суттєвих перевантажень або простоїв, що свідчить про правильний підхід до організації виробничого процесу.

На практиці в господарстві використовується поєднання універсальних тракторів із різними видами навісного та причіпного обладнання. Такий підхід є доцільним, оскільки дозволяє максимально ефективно використовувати кожну одиницю техніки, зменшувати потребу у великій кількості спеціалізованих машин і, відповідно, оптимізувати витрати на їх утримання. Це особливо важливо для фермерських господарств, де економічна доцільність відіграє ключову роль.

Аналізуючи машинне забезпечення господарства, можна сказати, що воно є не лише технічно обґрунтованим, але й економічно доцільним. Використання сучасної та добре підібраної техніки дозволяє забезпечити високу продуктивність праці, зменшити витрати палива та мінімізувати втрати врожаю під час виконання польових робіт.

У господарстві простежується прагнення до раціонального використання наявних ресурсів, що є важливим фактором підвищення економічної ефективності. Завдяки цьому досягається зниження собівартості продукції та підвищення її конкурентоспроможності на ринку..

Висновок.

Проведене обґрунтування складу машинного забезпечення технологічних операцій свідчить про те, що в умовах досліджуваного господарства технічна база сформована на належному рівні та загалом відповідає сучасним вимогам ведення аграрного виробництва. Наявний машинно-тракторний парк забезпечує можливість своєчасного виконання всіх основних технологічних операцій, гарантує якість їх проведення та сприяє отриманню стабільних урожаїв зернових культур.

Список використаних джерел

1. Войтюк Д., Мартишко В., Волянський М. Сільськогосподарські машини. : електронний посібник. Науково-методичний центр вищої та фахової передвищої освіти: Київ, 2023. URL: https://vukladach.pp.ua/MyWeb/manual/agroinjenerija/Agricultural%20machinery/1/1.3.htm (дата звернення: 03.05.2025).

УДК 631

ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ ПРИ ВИРОЩУВАННІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР В ГОСПОДАРСТВАХ СУМСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Леоненко Д.О. здобувач ВО, Калнагуз О.М. к.т.н. доцент, Саржанов Б.О. PhD. доцент.

Сумський національний аграрний університет

Метою дослідження є огляд технологічної операції: внесення добрив; машин для її виконання та впровадження системи точного землеробства, яка дасть можливість диференційовано вносити добрива.

Ефективність вирощування сільськогосподарських культур значною мірою залежить від якісного та своєчасного забезпечення їх необхідними поживними речовинами. Добрива – як органічні, так і мінеральні – відіграють ключову роль у формуванні родючості ґрунтів, інтенсивності росту рослин, розвитку їх кореневої системи та кінцевої врожайності. Однак важливою складовою технології є не лише правильний вибір добрив, а й технічне забезпечення процесу їх внесення. В умовах сучасного аграрного виробництва техніка та обладнання, що використовуються для внесення добрив, дедалі більше переходять у розряд високотехнологічних систем, які забезпечують високу точність, економічність і мінімальний вплив на довкілля.

Сумська область є одним із регіонів України, де аграрний сектор має стратегічне значення. Тут зосереджені великі площі орних земель, які представлені різними типами ґрунтів – чорноземами типовими й опідзоленими, сірими лісовими та дерново-підзолистими. Таке різноманіття вимагає диференційованого підходу до внесення добрив, адже вміст гумусу, структура ґрунту, кислотність та забезпеченість елементами живлення можуть суттєво відрізнятися навіть у межах одного господарства. Отже, техніка повинна забезпечувати не лише рівномірність внесення, а й можливість точного регулювання норм, що є необхідним для умов точного землеробства.

Важливим є також питання своєчасності проведення операцій. Через короткі агротехнічні строки та залежність від погодних умов своєчасне внесення добрив часто визначає кінцевий результат сезону. Несправності техніки, відсутність потрібних агрегатів або їх низька продуктивність можуть призвести до зниження врожайності та економічних збитків. Саме тому господарства Сумської області приділяють значну увагу оновленню машинно-тракторного парку, впровадженню сучасних систем навігації та автоматичного керування, а також технічному обслуговуванню агрегатів для внесення добрив.

У цьому дослідженні розглянуто трактори, машини та агрегати, що використовуються в регіоні для внесення добрив, проаналізовано їх характеристики, можливості та роль у підвищенні продуктивності аграрного виробництва.

Трактор є основною тяговою силою, яка забезпечує роботу більшості агрегатів для внесення добрив. У господарствах Сумської області використовуються трактори різних тягових класів залежно від типу ґрунтів, площ полів та умов господарювання. Найбільш поширеними є трактори МТЗ-80/82, ХТЗ-120, ХТЗ-150, а також сучасні машини іноземного виробництва, такі як John Deere, Case IH, New Holland та Fendt. Вони вирізняються підвищеною потужністю, економічністю, ергономічністю кабіни та можливістю інтеграції з системами точного землеробства.

Сучасний трактор у комплексі з навісними й причіпними агрегатами дозволяє забезпечити низку технологічних операцій, пов’язаних із внесенням добрив. Важливою характеристикою є сумісність трактора з обладнанням, потужність гідравліки, тип трансмісії та можливість точного налаштування швидкості руху. Для роботи з високоточними розкидачами добрив необхідна наявність рівномірних обертів ВВП і стабільної швидкості руху.

Агрегати для внесення мінеральних добрив можна поділити на кілька груп: центробіжні розкидачі добрив – найпоширеніші машини, що забезпечують рівномірне внесення добрив на ширину від 12 до 36 метрів; сучасні моделі (Amazone, Kuhn, Bogballe) оснащені системами автоматичного калібрування; пневматичні розподільники – забезпечують ще більшу рівномірність, особливо на складних рельєфах; локальні аплікатори – дозволяють вносити добрива безпосередньо в зону кореневої системи, що підвищує ефективність використання азоту та фосфору; комбіновані агрегати – здатні одночасно проводити розпушування ґрунту, формування рядків і внесення добрив.

Внесення органічних добрив також є важливою складовою агротехнологій господарств Сумської області. Для цього використовуються: розкидачі твердих органічних добрив (ПРТ, РОУ); бочки різного об’єму (5–20 куб. м) для гноївки й рідкого гною з інжекторними системами; аплікатори гноївки, що забезпечують закладення добрив у ґрунт із мінімальними втратами аміаку. Важлива тенденція останніх років – впровадження систем точного землеробства. Багато сучасних агрегатів оснащені: GPS-навігацією для мінімізації перекриттів; датчиками маси для автоматичного регулювання норми внесення; комп’ютерними консолями, які дають змогу контролювати робочі параметри в реальному часі; системами диференційованого внесення добрив згідно з картами врожайності та агрохіманалізу.

Завдяки цьому господарства Сумщини отримують можливість значно підвищити ефективність використання добрив, оптимізувати витрати та покращити екологічну ситуацію, зменшуючи ризик накопичення нітратів та забруднення водних ресурсів.

Висновок.

Технічне забезпечення внесення добрив відіграє визначальну роль у підвищенні врожайності та ефективності вирощування сільськогосподарських культур у області. Використання сучасних тракторів, високоточних розкидачів, аплікаторів та інших агрегатів забезпечує рівномірність і точність внесення поживних речовин, а впровадження цифрових систем управління дозволяє

оптимізувати процеси та зменшити витрати. Завдяки поєднанню технічних інновацій і грамотної організації праці аграрні підприємства регіону здатні суттєво підвищити конкурентоспроможність і забезпечити стабільне виробництво продукції навіть в умовах сучасних викликів.

Список використаних джерел

1. Андрійченко Л. Весняне внесення добрив. Журнал “Агробізнес Сьогодні”. Https://agro-business.com.ua/. Головна / Статті /Агрономія Сьогодні. 02.01.2019. URL: https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/12565-vesniane-vnesennia-dobryv.html (дата звернення: 06.05.2025).

2. Войтюк Д., Мартишко В., Волянський М. Сільськогосподарські машини. : електронний посібник. Науково-методичний центр вищої та фахової передвищої освіти : Київ, 2023. URL: https://vukladach.pp.ua/MyWeb/manual/agroinjenerija/Agricultural%20machinery/1/1.3.htm (дата звернення: 03.05.2025).

3. Добрива для зернових культур. Сайт https://sun-ukr.com/. Головна / Культура /. URL: https://sun-ukr.com/cultureSeed?srsltid=AfmBOorOxObEUpxPKqT75cOi0r3L79yGXpo70eMtKL1mXluG7G2icOEc (дата звернення: 06.05.2025).

4. Андрійченко Л. Весняне внесення добрив. Журнал “Агробізнес Сьогодні”. Https://agro-business.com.ua/. Головна / Статті /Агрономія Сьогодні. 02.01.2019. URL: https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/12565-vesniane-vnesennia-dobryv.html (дата звернення: 06.04.2025).

5. Коваленко І. Вибір й особливості експлуатації машин для внесення гранульованих мінеральних добрив [Електронний ресурс] / І. Коваленко // Агробізнес Сьогодні. Механізація АПК.. – 2022. – Режим доступу до ресурсу: https://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/24362-vybir-i-osoblyvosti-ekspluatatsii-mashyn-dlia-vnesennia-hranulovanykh-mineralnykh-dobryv.html.

6. Думич В. Машини для внесення твердих міндобрив [Електронний ресурс] / В. Думич, М. Мазурак // Агробізнес Сьогодні. Механізація АПК.. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: https://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/14334-mashyny-dlia-vnesennia-tverdykh-mindobryv.html.

7. Техніка для точного дозування і розподілу мінеральних добрив [Електронний ресурс] // Agroexpert – щомісячне науково-практичне видання.. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: https://agroexpert.ua/tekhnika-dlia-tochnoho-dozuvannia-i-rozpodilu-mineralnykh-dobryv/.

УДК 631

ОБГРУНТУВАННЯ ВПРОВАДЖЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА ПРИ ВИКОНАННІ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОПЕРАЦІЇ ОБПРИСКУВАННЯ

Калнагуз О.М. к.т.н., доцент Горовий М.В., ст. викладач;
Гетьман М.Ю., здобувач ВО, магістр

Сумський національний аграрний університет

Метою дослідження є огляд елементів системи точного землеробства під час виконання технологічної операції: обприскування. Використання даних елементів дозволить збільшувати врожайність і мінімізувати екологічний вплив агровиробництва.

Одним з ключових аспектів точного землеробства є обприскування. Воно є одним з найвідповідальніших процесів в рослинництві та від цього залежить правильний догляд за посівом і вчасне внесення засобів захисту рослин.

Для точного внесення основним чинником є правильність проходів машини по полю. Сучасні обприскувачі оснащені системою GPS, без застосування якої перекриття проходів можуть сягати до 20% а також пропуски до 10%, що є не допустимим. В наслідок чого можуть бути: збільшені витрати, нерівномірність обробки посіву, виникнення фітотоксичності у зонах передозування, підвищення подальших цін на зерно, збільшення забруднення довкілля та втрата врожаю.

Застосування навігації забезпечує зменшення перекриттів та пропусків. Системи паралельного водіння засновані на застосуванні супутникового зв'язку. До складу цих систем входять такі компоненти: антена, монітор оператора, прошивка програмного забезпечення, компоненти автопілоту. Система формує оптимальну траєкторію руху та в режимі реального часу показує відхилення від заданої лінії. У випадку використання автопілоту корекція курсу здійснюється автоматично, що зменшує вплив людського фактору. Існує декілька рівнів точності зв'язку. Такі як: сигнал sf-1 (15-30 см. Похибка), sf-2 (10-20см. Похибка), та найточніший сигнал RTK – 2–3 см. Останній є найефективнішим за рахунок меншого витоптування посівів.

Точність проходів техніки безпосередньо пов'язане з якістю внесення, а саме з рівномірністю норм, стабільне перекриття, економія препаратів. Це дозволяє економити до 15% розчину, та суттєве зменшення місць з розвитком хвороб та забур'яненості. GPS-навігація під час обприскування є ефективним інструментом підвищення точності водіння агрегатів, що забезпечує економію ресурсів, покращення якості захисту рослин та зменшення екологічного впливу. Її впровадження є необхідною умовою розвитку сучасного високоефективного та сталого землеробства.

Система вимкнення обприскування. Сучасний розвиток точного землеробства передбачає максимальну автоматизацію процесів внесення засобів захисту рослин. Одним із найефективніших рішень підвищення точності

обприскування є система пофорсуночного вимкнення форсунок штанги обприскувача, що забезпечує індивідуальне керування кожною форсункою в автоматичному режимі.

Найбільші витрати препаратів припадають на клинах поля, зонах розвороту, перекриття проходів та поля нестандартних форм. Навіть за використання GPS-навігації та секційного відключення штанги перекриття можуть становити 10 %. Основна причина - велика ширина секцій (3–6 м). Система пофорсуночного вимкнення дозволяє усунути цей недолік.

Принципом роботи таких систем, є сукупність зібраних даних координат машини, картування поля, положення штанги та швидкість обприскування. Коли форсунка потрапляє у вже оброблену зону або виходить за межі поля, вона автоматично вимикається. При вході в необроблену ділянку - знову вмикається. Перевагами відносно посекційного відключення є: ширина відключення 38 см порівняно з 6м. перекриття зменшене з 10% до 2% при пофорсуночному вимкненні, точність на нерівних місцях дуже зросла, економія засобів захисту рослин покращилась в 2 рази. Основним впливом на точність обприскування є наступні фактори: мінімізація зон подвійної обробки,рівномірна зона внесення на всій площі, відсутність фітотоксичності у містах перекриття. А враховуючи внесення гербіцидів, фунгіцидів та регуляторів росту це стає дуже вагомим чинником. Передозування цих препаратів може призводити до пригнічення рослин або втрати врожаю.

Економічним фактором стає суттєва економія пестицидів до 25%, зменшення витрат робочого розчину, а отже й зниження витрат на логістику, суттєве підвищення ефективності агрегату. Окупність даної системи становить близько 3 років, залежно від площ господарства. Система пофорсуночного вимкнення форсунок є одним із найефективніших інструментів точного обприскування. Вона дозволяє максимально зменшити перекриття, підвищити ефективність використання засобів захисту рослин, знизити витрати та мінімізувати екологічні ризики. Її впровадження є важливим етапом переходу до високотехнологічного та ресурсоефективного агровиробництва.

Одним із ключових елементів точного землеробства є диференційне внесення матеріалів відповідно до просторової неоднорідності поля. Використання карт завдання дозволяє змінювати норму внесення засобів захисту рослин або добрив у режимі реального часу залежно від потреб конкретної ділянки поля. Поля відрізняються за родючістю ґрунту, кількістю корисних елементів, наявністю вологи, густотою посіву, станом посіву, забур’яненістю, хвороби, шкідники. Традиційне рівномірне внесення не враховує цю варіабельність, що призводить до перевитрат ресурсів на одних ділянках і дефіциту - на інших.

Диференційне внесення базується на поєднанні: збору даних про стан поля, створення цифрових карт просторової неоднорідності, формування карт завдання із заданими нормами внесення, автоматичного виконання завдання технікою під час руху по полю. Обприскувач або розкидач змінює норму внесення автоматично залежно від координат.

Карти завдання формуються на основі різних джерел інформації:

1. Агрохімічне обстеження ґрунтів, а саме: вміст N, P, K, pH, органічна речовина, забезпеченість мікроелементами.

2. Карти врожайності (дані з комбайнів дозволяють визначити стабільні зони високої та низької продуктивності).

3. Супутникові та дрон-знімки. Індекси рослинності: NDVI, NDRE , MSAVI. Вони відображають стан біомаси та стрес рослин.

4. Карти електропровідності ґрунту (дозволяють оцінити текстуру ґрунту та вологість).

На основі аналізу даних поле поділяють на зони продуктивності: високого потенціалу, середнього потенціалу, низького потенціалу. Для кожної зони встановлюється власна норма внесення.

Висновок.

Основними перевагами диференційного внесення добрив є: підвищення коефіцієнта використання елементів живлення, збільшення врожайності на слабких ділянках, запобігання перевнесенню на сильних ділянках. Економія мінеральних добрив може становити 30 %. Карти завдання дозволяють при внесенні засобів захисту рослин: вносити гербіциди лише в осередки бур'янів, змінювати норму фунгіцидів залежно від густоти посіву, оптимізувати застосування регуляторів росту, виконувати локальне внесення інсектицидів. Економія ЗЗР становить 25 %. Диференційне внесення за картами завдання є одним із найефективніших інструментів точного землеробства. Воно дозволяє враховувати просторову неоднорідність полів, підвищувати ефективність використання ресурсів, збільшувати врожайність і мінімізувати екологічний вплив агровиробництва.

Список використаних джерел

1. Кондратюк С. Переваги диференційованого внесення добрив.. «Агроном» - журнал про сучасне вирощування сільськогосподарських культур. Сайт https://www.agronom.com.ua/. Головна/Публікації/Інтерв'ю. 27.01.2020. URL: https://www.agronom.com.ua/vitalij-ovcharenko-golovnyj-agronom-sfg-rubin/ (дата звернення: 01.05.2026).

2. Кириченко В., Агроном-Експерт Makosh. Диференційоване внесення добрив. Всеукраїнський аграрний журнал "АгроЕліта". Сайт https://agroelita.info/. Головна / Новини / Рослинництво. 16.04.2025. URL: https://agroelita.info/dyferentsiyovane-vnesennia-dobryv-2/ (дата звернення: 01.05.2026).

3. Екологічні переваги точного землеробства. Сайт https://www.agrortk.com.ua/. Головна / Статті /. URL: https://www.agrortk.com.ua/ekologichni-perevagi-tochnogo-zemlerobstva/ (дата звернення: 01.05.2026).

4. Степаненко В. BBLeap: точність обприскування на рівні рослини. Сайт "Агрономія сьогодні" - агрономічний довідник для фермерів та агрономів. Https://agronomy.com.ua/. Головна / Статті /. 13.02.2026. URL:

https://agronomy.com.ua/statti/5692-bbleap-tochnist-obpriskuvannya-na-rivni-roslini.html (дата звернення: 01.05.2026).

УДК 631

АНАЛІЗ ОПЕРАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ПРИ ВИРОЩУВАННІ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

Прикота А.І. здобувач ВО,
Калнагуз О.М. к.т.н. доцент, Сіренко Ю.В. PhD. доцент,
Сумський національний аграрний університет

Метою дослідження є огляд технології збирання зернових культур. Важливе значення має дотримання на збиранні всіх агротехнічних вимог. Нехтування агротехнічними вимогами й робота непідготовлених комбайнів може призвести до втрати врожаю.

Завершальний етап вирощування це збирання врожаю. Це необхідно проводити вчасно, бо саме від цього залежить і кількість і якість зерна. Якщо зібрати врожай занадто рано, то він буде вологий і його доведеться сушити. А якщо запізнитися, то зерно може обсипатися, посіви можуть вилягати. Крім того може бути ураження хворобами, що призводить до втрат урожаю.

Збирання озимих зернових культур можна проводити двома способами: однофазовим (пряме комбайнування) та двофазовим (роздільне збирання). Найкращим способом збирання пшениці озимої, який є найпоширенішим у виробництві, слід уважати пряме комбайнування. До того ж цей спосіб значно зменшує витрати, що має важливе значення за особливих обставин (в умовах воєнного стану).

Під пряме комбайнування відводять передусім чисті поля з рівномірно дозрілими хлібами, відносно невисоким і стійким до вилягання стеблостоєм [1]. Пряме комбайнування застосовують тоді, коли зерно достигає рівномірно і посіви не забур'янені. Роздільний спосіб використовують, якщо зерно достигає нерівномірно або є багато бур'янів. Неправильне збирання, погане налаштування техніки або запізнення зі строками можуть призвести до втрати врожаю та погіршення якості зерна [2].

Після збирання зерно потребує післязбиральної доробки, від якої залежить його подальше зберігання та використання. Насамперед зерно очищають від домішок, пилу, насіння бур'янів та інших сторонніх часток, бо це покращує його якість і дозволяє краще зберігати зерно.

Якщо зерно має підвищену вологість, його обов'язково сушать до безпечного рівня, щоб воно не зігрівалося, не пліснявіло і не псувалося під час зберігання.

Важливе правильне зберігання зерна з дотриманням необхідної вологості та температури, а також захисту від шкідників у запасах. Очищення, сушіння та правильні умови зберігання дають змогу підтримувати відповідну якість зерна та зменшити втрати після збирання врожаю.

Ефективність технології вирощування залежить від правильного поєднання кожного етапу вирощування пшениці. Кожен із них впливає на формування врожаю та якість зерна. Найбільше значення мають: обробіток ґрунту, правильний вибір сорту, використання насіння з хорошою якістю, дотримання строків сівби, вчасне та правильне внесення добрив і догляд за посівами. І всі ці фактори відіграють ключову роль у синхронних сходів, нормальному розвитку рослин.

Аналіз практики вирощування пшениці показав, що причина зниження врожайності, у більшості випадків, - це порушення технології вирощування та недотримання встановлених норм. Крім того, негативно впливають на врожай і недостатньо якісний обробіток ґрунту, використання не відповідних або неякісних сортів, що не пристосовані до інших умов; порушення норм та часових проміжків висіву, неправильна глибина загортання насіння, неправильне внесення добрив і невчасний захист рослин. І, як наслідок, знижується польова схожість, посіви зріджуються. Рослини гірше переносять несприятливі умови, що призводить до зниження врожайності та погіршення якісних властивостей зерна. Крім того, значні втрати врожаю можуть виникати і під час збирання через порушення строків або неправильне налаштування техніки [4].

Важливе значення має дотримання на збиранні всіх агротехнічних вимог і належного стану збиральної техніки. Нехтування агротехнічними вимогами й робота непідготовлених комбайнів може призвести до втрати врожаю на рівні 17% і більше [3].

Сучасні технології вирощування пшениці підвищують ефективність виробництва за рахунок більш точного і раціонального використання ресурсів. Застосування високопродуктивної техніки, удосконалених способів обробітку ґрунту, якісного насіннєвого матеріалу, сучасних засобів захисту рослин та науково обґрунтованих систем удобрення сприяє зменшенню непродуктивних витрат і підвищенню продуктивності праці.

Механізація основних виробничих процесів дозволяє скоротити строки виконання польових робіт, зменшити трудомісткість операцій і забезпечити більш точне дотримання агротехнічних вимог. У результаті цього господарства мають можливість не лише підвищити врожайність, а й знизити собівартість вирощеної продукції [1].

Найбільш влучними у технології вирощування пшениці є прийоми, що дають змогу отримувати високі врожаї без надмірних витрат і, водночас, не погіршують родючість ґрунту. До основних із них належать: своєчасний обробіток ґрунту, використання сортів, що пристосовані до місцевих ґрунтових та кліматичних умов. Також проведення сівби в оптимальні строки, правильне та відповідне внесення добрив, інтегрований захист рослин від різноманітних уражень. Якщо отримуватися всіх цих заходів, то можна забезпечити стабільне отримання високих врожаїв пшениці, покращувати якість зерна та підвищувати загальну ефективність вирощування культури.

Висновок.

Отже, комплексне застосування науково обґрунтованих операційних технологій є важливою умовою стабільного вирощування пшениці, підвищення економічної ефективності господарства та збереження високої якості зернової продукції.

Список використаних джерел

1. Войтюк Д. Г. Експериментальні дослідження втрат зерна при роботі зернозбиральних комбайнів / Д. Г. Войтюк, С. В. Смолінський // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. – 2010. – Вип. 144. – Ч. 3 – С. 331– 348.

2. Ярошенко С. Раціональні способи збирання озимих зернових культур. [Електронний ресурс] / С.Ярошенко, А.Черенков, М.Солодушко // Журнал «Агробізнес Сьогодні». Механізація АПК. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: https://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/8913-ratsionalni-sposoby-zbyrannia-ozymykh-zernovykh-kultur.html.

3. Кирпа М. Збирання і збереження врожаю зерна [Електронний ресурс] / М. Кирпа // Головний журнал з питань Агробізнесу \"Пропозиція\". – 2013. – Режим доступу до ресурсу: https://propozitsiya.com/ua/zbirannya-i-zberezhennya-vrozhayu-zerna.

4. Макаренко М. Технології збирання зерна: вибір правильного комбайна. Всеукраїнський аграрний журнал "АгроЕліта". Сайт https://agroelita.info/. Головна / Техніка / Технології збирання зерна: вибір правильного комбайна. 30.05.2016. URL: https://agroelita.info/tehnolohiji-zbyrannya-zerna-vybir-pravylnoho-kombajna/ (дата звернення: 19.06.2025).

5. Ivchenko, Volodymyr & Lanchenko, Yevhenii & Nosikov, Oleksandr & Filonenko, Olena. (2024). Organisation of labour remuneration during grain harvesting in agricultural enterprises. Biological Systems: Theory and Innovation. 15. 100-115. 10.31548/economics/3.2024.100.

УДК 631

ОГЛЯД СУЧАСНИХ СІВАЛОК ДЛЯ ПОСІВУ КУКУРУДЗИ

Водолазький Д.І. здобувач ВО, Калнагуз О.М. к.т.н. доцент,
Сіренко Ю.В. PhD. доцент

Сумський національний аграрний університет

Метою дослідження є огляд сучасних сівалок та їх робочих органів і форм та вимоги до них. Вплив даних елементів конструкцій сівалок на основний елемент виробництва - грунт.

На сьогоднішній день у сільському господарстві дуже важливо правильно і якісно проводити посів. Одним із головних елементів сівалки, який відповідає за точне укладання насіння в ґрунт, є сошник. Від його будови та типу залежить, наскільки рівномірно насіння буде розміщене, як глибоко воно потрапить у землю, і чи не пошкодиться структура ґрунту. Існує багато різних типів

сошників, кожен з яких має свої переваги та недоліки. У сучасних сівалках використовуються вдосконалені конструкції, які дозволяють працювати навіть у складних польових умовах.

На сучасних сівалках використовуються різні типи сошників, і вибір певного типу залежить від умов поля, культури що висівається, та бажаної якості посіву.

Найбільш поширеними типами сошників є: лемішні, дискові, анкерні та комбіновані сошники.

Лемішні сошники мають просту будову і добре підходять для роботи на рівних, добре підготовлених ґрунтах. Вони розрізають землю клином і утворюють борозну, куди висівається насіння. Проте на твердих або вологих полях вони можуть працювати гірше, бо не завжди вдається витримати однакову глибину загортання.

Дискові сошники, які вважаються більш сучасними, складаються з одного або двох дисків, що обертаються під час руху сівалки. Їх перевага це здатність добре працювати навіть при залишках стерні або на вологому ґрунті, не забиваючись. Також вони краще утримують однакову глибину посіву, що позитивно впливає на рівномірність сходів. Але такі сошники складніші у будові і вимагають точного налаштування.

Анкерні сошники прості й надійні, особливо добре підходять для посіву в сухий ґрунт. Вони так би мовити «врізаються» в землю як гак і можуть працювати на великій швидкості. Проте при недостатній вологості або надто твердому ґрунті вони можуть травмувати насіння або створювати занадто великі борозни.

Комбіновані сошники поєднують у собі переваги кількох типів. Наприклад: часто використовують дисковий сошник у поєднанні з анкерним, що дозволяє отримати хорошу глибину загортання і мінімізувати пошкодження ґрунту. Такі рішення зазвичай дорожчі, але виправдовують себе при роботі в складних умовах або при сівбі культур з високими вимогами до точності.

Конструктивно сучасні сошники оснащуються механізмами для регулювання глибини, притискного зусилля, а також мають антиприлипаючі покриття або системи для очищення. Це дозволяє точно витримувати задані параметри посіву навіть при змінних умовах на полі.

Загалом, від вибору типу сошника значною мірою залежить рівномірність посіву, енергія проростання насіння та загальна якість сходів. Тому при виборі сівалки або при її налаштуванні потрібно враховувати не лише тип ґрунту, а й особливості культури, кліматичні умови та рельєф поля.

Грамотний підхід до вибору сошника дозволяє не лише покращити якість сівби, а й підвищити урожайність у цілому, що і є кінцевим, бажаним результатом.

Сошник, вибраний для сівби, повинен відповідати таким вимогам: формувати очищену від рослинних решток посівну борозну і вкладати насіння у вологий ґрунт та прикривати його достатньою кількістю ґрунту, забезпечуючи надійний контакт; забезпечувати самоочищення і мати захисні пристрої від

перешкод (грудки, каміння тощо) для забезпечення безперебійної роботи; утримувати постійну оптимальну глибину сівби; мати можливість швидко змінювати тиск сошника під різні ґрунтові умови; забезпечувати оптимальну якість сівби навіть при швидкостях до 20 км/год.; мати довгий термін служби і низькі витрати на обслуговування [1].

У практиці українських аграріїв останніми роками спостерігається зростання інтересу до дискових та комбінованих сошників, особливо на сучасних імпортних сівалках. Це пов’язано з їхньою універсальністю та здатністю працювати в умовах Mini-till (мінімального) або No-Till (нульового) обробітку ґрунту.

Більшість українських аграріїв які зацікавлені працювати на отримання якісного результату, при виборі сівалки орієнтуються не лише на ціну, а й на надійність, зручність налаштування та якість висіву, що напряму пов’язано з типом сошника. Реальним прикладом цього можна привести центральні і південні регіони, де часто трапляється посуха, популярними є анкерні сошники, які краще справляються з твердим сухим ґрунтом. Таким чином, розуміння переваг і недоліків кожного типу сошників допомагає аграріям приймати більш зважені рішення і підлаштовувати техніку під конкретні умови господарства.

Отже, сучасні вимоги до якості посіву змушують уважніше ставитися до технічних рішень, зокрема до вибору сошників. Розвиток технологій і поява нових конструкцій дозволяють точніше і ефективніше висівати насіння, що особливо важливо в умовах змін клімату та зростаючих цін на ресурси. Тому правильний підхід до вибору сошника - це не просто технічне питання, а один із ключів до стабільного врожаю.

Висновок.

Підсумувавши вищезазначене, можна з впевненістю сказати, що саме від цього елемента сівалки залежить дуже багато - від точності глибини висіву до рівномірності сходів, і зрештою, до кінцевого врожаю. Саме від його типу, конструкції та технічного налаштування залежить, наскільки рівномірно й точно буде розміщене насіння в ґрунті. У сучасному сільському господарстві, де кожен кілограм врожаю має значення, правильний вибір сошника стає стратегічним рішенням. Не можна також просто покластися на те: «що ми маємо», треба розуміти що і для чого ти використовуєш. Саме це розуміння дозволяє не просто проводити сівбу, а сіяти з розрахунком на результат. І чим глибше ми занурюємось у ці технічні нюанси, тим краще усвідомлюємо, що саме деталі мають в цьому значення. У цьому і полягає суть сучасного підходу до землеробства - техніка має не просто працювати, а працювати розумно.

Список використаних джерел

1. Сало В., Гайденко О., КНТУ. Основні типи сошників для прямої сівби зернових культур. Журнал “Агробізнес Сьогодні”. Https://agro-business.com.ua/. Статті/ Механізація АПК. 09.11.2016. URL: https://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/1242-osnovni-typy-soshnykiv-dlia-priamoi-sivby-zernovykh-kultur.html (дата звернення: 24.04.2025).

2. Заїка П.М. Теорія сільскогосподарських машин / Машини для сівби та садіння. – Т. 1, частина 2. – Х., 2002. – 445 с.

3. Гринько Ю. Класифікація сошників. Їхні переваги і недоліки. «Агроном» - журнал про сучасне вирощування сільськогосподарських культур. Сайт https://www.agronom.com.ua/. Головна/Публікації/Агротехніка. 11.04.2025. URL: https://www.agronom.com.ua/klasyfikatsiya-soshnykiv-yihni-perevagy-i-nedoliky/ (дата звернення: 01.05.2025).

4. Коваленко І. Особливості застосування різних типів сошників за складних умов роботи. Журнал "Агробізнес Сьогодні". Https://agro-business.com.ua/. Статті/ Механізація АПК. 24.03.2020. URL: https://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/16993-osoblivosti-zastosuvannya-riznikh-tipiv-soshnikiv-za-skladnikh-umov-roboti.html (дата звернення: 01.05.2025).

5. Машини для сівби, садіння та догляду за посівами : навч. посіб. / В. Сало, С. Лещенко, П. Лузан, Л. Сало. Кропивницький : Лисенко В.Ф., 2022. 220 с. URL: https://dspace.kntu.kr.ua/items/1fac47a7-80b6-4a6f-beb7-eb76e3f661fe (дата звернення: 02.10.2024).

УДК 636.085:620.9:631.171

КОНЦЕПЦІЇ ПЕРЕХОДУ НА ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ В КОРМОВИРОБНИЦТВІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСАХ ТВАРИННИЦЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ

Сиромятников Ю.М., канд. техн. наук, Сиромятніков П.С., доцент, Гариленко О.В., студент

Державний біотехнологічний університет

У роботі розглянуто сучасні концепції переходу на енергозберігаючі технології у кормовиробництві та технологічних процесах тваринницьких підприємств. Проаналізовано основні напрями зниження енерговитрат при виробництві, транспортуванні та підготовці кормів. Встановлено, що комплексне впровадження автоматизованих систем управління, енергоефективного обладнання та відновлюваних джерел енергії забезпечує скорочення питомих енерговитрат на 20–35 %.

Сучасне кормовиробництво є одним із найбільш енергоємних напрямів аграрного виробництва, оскільки включає процеси обробітку ґрунту, посіву, збирання, сушіння, транспортування та підготовки кормів до згодовування [1–3]. Значні витрати енергії також пов'язані з функціонуванням технологічних систем тваринницьких підприємств, зокрема вентиляції, кормороздавання, видалення гною та підтримання мікроклімату [4–6]. У зв'язку з цим особливого значення набуває впровадження концепцій енергозбереження та ресурсоефективного виробництва.

Одним із ключових напрямів переходу на енергозберігаючі технології є оптимізація витрат енергії при виробництві кормів. Питомі витрати енергії на виконання технологічного процесу визначаються за формулою:

$$E = \frac{N \cdot t}{M} \ , \tag{1}$$

де E – питомі витрати енергії, кВт·год·т$^{-1}$;
N – потужність обладнання, кВт;
t – тривалість роботи, год;
M – маса виробленої продукції, т.

Для зниження енерговитрат у кормовиробництві використовують технології мінімального та нульового обробітку ґрунту, енергоефективні сушильні комплекси та автоматизовані системи керування технологічними процесами [1, 2]. Основні напрями енергозбереження у кормовиробництві наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Основні напрями енергозбереження у кормовиробництві

Технологія	Призначення	Зниження енерговитрат, %	Особливості
Mini-till	Мінімальний обробіток ґрунту	20–30	Зменшення кількості проходів техніки
No-till	Нульовий обробіток ґрунту	30–45	Збереження структури ґрунту
Енергоефективні сушарки	Сушіння кормів	15–25	Використання теплоутилізації
Автоматизоване дозування кормів	Підготовка кормосумішей	10–20	Точність дозування
Smart Farm системи	Контроль технологічних процесів	15–30	Моніторинг у реальному часі

Суттєвий вплив на рівень енергоспоживання має ефективність роботи транспортних та кормороздавальних систем. Потужність транспортуючого обладнання визначається за формулою:

$$N = \frac{QHL}{367\eta} \ , \tag{2}$$

де N – необхідна потужність, кВт;
Q – продуктивність системи, т·год$^{-1}$;
H – висота транспортування, м; L – довжина транспортної лінії, м;
η – коефіцієнт корисної дії.

Використання автоматизованих кормороздавальних систем дозволяє знизити витрати електроенергії та підвищити точність дозування кормів. Крім

того, впровадження систем цифрового моніторингу забезпечує оперативний контроль роботи обладнання та зменшує втрати кормової продукції [3–5,7]. Схему енергозберігаючої системи кормовиробництва та технологічних процесів тваринницького підприємства наведено на рис. 1.

Одним із перспективних напрямів є використання відновлюваних джерел енергії. Біогазові установки забезпечують утилізацію органічних відходів та виробництво теплової й електричної енергії для власних потреб підприємства. Вихід біогазу визначають за формулою:

$$V_b = my, \quad (3)$$

де V_b – об'єм біогазу, м^3;
m – маса органічної сировини, кг;
y – питомий вихід біогазу, м^3·кг$^{-1}$.

Комплексне впровадження енергозберігаючих технологій забезпечує суттєве скорочення експлуатаційних витрат та підвищення ефективності технологічних процесів. Порівняльну характеристику традиційних та енергоефективних технологій наведено в табл. 2.

Таблиця 2 – Порівняння традиційних та енергоефективних технологій

Показник	Традиційна технологія	Енергоефективна технологія
Питомі енерговитрати, кВт·год·т$^{-1}$	185	122
Витрати пального, л·га$^{-1}$	28	17
Втрати кормів, %	9,5	4,2
Рівень автоматизації, %	35	82
Викиди CO_2, кг·рік$^{-1}$	11200	7300

Аналіз отриманих результатів свідчить, що перехід на енергозберігаючі технології у кормовиробництві та тваринництві дозволяє значно підвищити економічну ефективність підприємств. Найбільший ефект досягається при комплексному використанні мінімального обробітку ґрунту, автоматизованих систем керування, енергоефективного обладнання та біогазових установок (рис. 1).

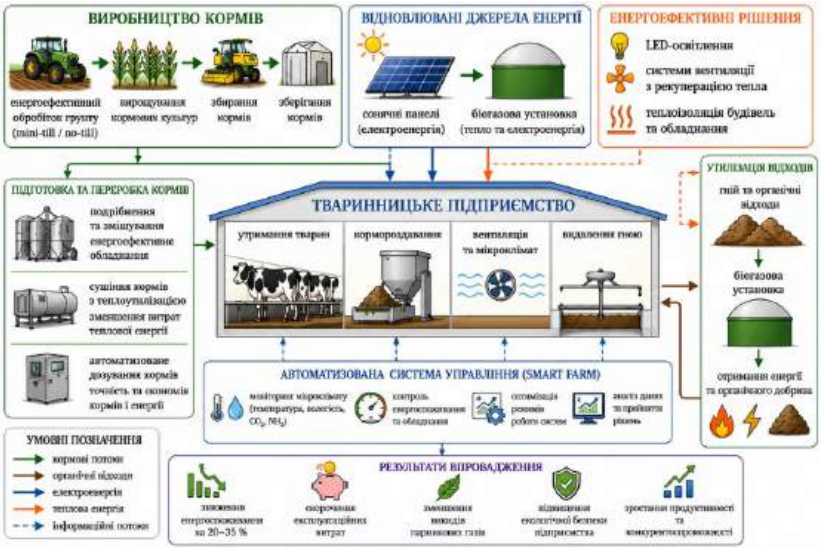


Рис. 1. Схема енергозберігаючої системи кормовиробництва та технологічних процесів тваринницького підприємства

Висновки.

Таким чином, впровадження сучасних концепцій енергозбереження є важливим напрямом забезпечення сталого розвитку аграрного сектору. Використання інноваційних технологій дозволяє знизити енергетичні витрати, підвищити продуктивність виробництва та зменшити негативний вплив на навколишнє середовище.

Список використаних джерел

1. Сиромятников Ю. М. Вплив технологічних заходів на структурно-агрегатний склад ґрунту при вирощуванні буряку цукрового // Вісник аграрної науки. 2023. Т. 101, № 11. С. 60–66. DOI: https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202311-08.

2. Сиромятников Ю. М., Харченко О. М. Фізико-механічні основи та оптимізація режимів центрифугування при витопленні бджолиного воску // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. 2025. № 27. С. 176–193. DOI: https://doi.org/10.31359/2311-441X-2025-27-176.

3. Сиромятников Ю. М., Шабля В. П., Харченко О. М., Бєлих О. В. Біологічний контроль вароозу за допомогою мікробних препаратів: інноваційні підходи в екологічному бджільництві // Свинарство і агропромислове виробництво. 2024. № 4(82). С. 80–93. DOI: https://doi.org/10.37143/2786-7730-2024-4(82)6.

4. Сиромятников Ю. М., Сиромятніков П. С., Харченко О. М., Бєлих О. В. Огляд сучасних підходів до вдосконалення технологій витоплення бджолиного воску: технічні рішення та інженерні перспективи // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. 2025. № 26. С. 45–88. DOI: https://doi.org/10.64165/journal-ts.2025.26.45-88.

5. Syromiatnykov Y., Vircava I. Adaptation Mechanisms of Soybean to Salinity and Drought: A Botanical Perspective // International Journal of Biological

Engineering and Agriculture. 2024. Vol. 14, No. 2. P. 197–207. DOI: https://doi.org/10.51699/ijbea.v2i14.4162.

6. Syromiatnykov Y., Syromyatnikov P. Energy-saving technologies in the production of environmentally friendly feed: Ways to improve efficiency // AGRO ILM – O‘zbekiston qishloq va suv xo‘jaligi. 2025. P. 122–124. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.18042577.

7. Сиромятников Ю.М., Сиромятніков П.С. Тренди та інновації в аграрній механізації: підвищення сталості та енергоефективності у тваринництві. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів: Науковий журнал. – Харків: ДБТУ, 2024. – Вип. 25. С. 8-33. DOI: 10.37700/ts.2024.25.8-33

УДК 636:656.073:631.171

ПЕРЕЛІК ВАНТАЖІВ У ГАЛУЗІ ТВАРИННИЦТВА

Сиромятніков П.С., доцент, Перегорода С.М., магістрант

Державний біотехнологічний університет

У роботі розглянуто основні види вантажів у галузі тваринництва та особливості їх транспортування і зберігання. Проаналізовано класифікацію вантажів залежно від фізичного стану, умов перевезення та санітарно-гігієнічних вимог. Встановлено, що правильна організація логістичних процесів забезпечує скорочення втрат продукції та підвищення ефективності роботи тваринницьких підприємств.

У галузі тваринництва транспортування вантажів є важливою складовою технологічного процесу та охоплює переміщення кормів, тварин, молока, м’ясної продукції, органічних відходів і допоміжних матеріалів [1–3]. Від правильного вибору транспортних засобів та умов перевезення залежить ефективність виробництва, збереження якості продукції та дотримання ветеринарно-санітарних вимог [4–7].

Вантажі у тваринництві класифікують за фізичним станом, призначенням та особливостями транспортування. Основні види вантажів у галузі тваринництва наведені в табл. 1.

Одним із головних показників ефективності транспортування є продуктивність транспортної системи, що визначається за формулою:

$$Q = mt \quad (1)$$

де Q – продуктивність транспортної системи, т·год$^{-1}$;

m – маса перевезеного вантажу, т;

t – тривалість транспортування, год.

Таблиця 1 – Основні види вантажів у галузі тваринництва

Вид вантажу	Приклади	Особливості транспортування	Основні вимоги
Живі тварини	Велика рогата худоба, свині, птиця	Контроль мікроклімату	Вентиляція та напування
Рідкі вантажі	Молоко, рідкі відходи	Герметичні ємності	Санітарна безпека
Сипучі вантажі	Комбікорми, зерно	Захист від вологи	Герметичність кузова
Швидкопсувна продукція	М’ясо, молочні продукти, яйця	Рефрижераторне перевезення	Контроль температури
Органічні відходи	Гній, послід	Спеціалізовані транспортні засоби	Герметичність і дезінфекція

Особливе значення у тваринництві має транспортування швидкопсувної продукції, зокрема молока, м’яса та яєць. Для таких вантажів використовують рефрижераторні транспортні засоби, обладнані системами автоматичного контролю температури та вологості [2, 5]. Схему класифікації вантажів у галузі тваринництва наведено на рис. 1.



Рис. 1. Схема класифікації вантажів у галузі тваринництва

При перевезенні рідких вантажів важливим є забезпечення герметичності транспортних систем та ефективної роботи насосного обладнання. Потужність насосної установки визначають за формулою:

$$N = QH102\eta \qquad (2)$$

де N – потужність насоса, кВт;

Q – продуктивність системи, $м^3 \cdot с^{-1}$;

H – напір, м;

η – коефіцієнт корисної дії.

У сучасних тваринницьких підприємствах активно впроваджуються автоматизовані логістичні системи та Smart Logistics технології, що забезпечують контроль вантажопотоків, температурного режиму та маршрутів перевезення у режимі реального часу [3–7]. Використання цифрових систем моніторингу дозволяє скоротити втрати продукції та підвищити ефективність транспортних процесів. Основні характеристики вантажів у тваринництві наведені в табл. 2.

Таблиця 2 – Характеристики вантажів у галузі тваринництва

Показник	Сипучі вантажі	Рідкі вантажі	Швидкопсувна продукція
Необхідність охолодження	Ні	Частково	Так
Герметичність перевезення	Середня	Висока	Висока
Ветеринарний контроль	Низький	Середній	Високий
Ризик втрат продукції	Середній	Помірний	Високий
Рівень автоматизації перевезення, %	45	62	88

Аналіз отриманих результатів свідчить, що правильна організація транспортування вантажів у тваринництві забезпечує підвищення ефективності виробництва та збереження якості продукції. Найбільший ефект досягається при використанні спеціалізованих транспортних засобів, автоматизованих логістичних систем та цифрового моніторингу транспортних процесів.

Висновки.

Таким чином, вантажі у галузі тваринництва характеризуються значною різноманітністю та потребують застосування спеціалізованих транспортних засобів і сучасних логістичних технологій. Використання автоматизованих систем контролю дозволяє забезпечити ефективність транспортних процесів та скоротити втрати продукції.

Список використаних джерел

1. Сиромятников Ю. М. Вплив технологічних заходів на структурно-агрегатний склад ґрунту при вирощуванні буряку цукрового // Вісник аграрної науки. 2023. Т. 101, № 11. С. 60–66. DOI: https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202311-08.

2. Сиромятников Ю. М., Харченко О. М. Фізико-механічні основи та оптимізація режимів центрифугування при витопленні бджолиного воску // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. 2025. № 27. С. 176–193. DOI: https://doi.org/10.31359/2311-441X-2025-27-176.

3. Сиромятников Ю. М., Шабля В. П., Харченко О. М., Бєлих О. В. Біологічний контроль вароозу за допомогою мікробних препаратів: інноваційні підходи в екологічному бджільництві // Свинарство і агропромислове виробництво. 2024. № 4(82). С. 80–93. DOI: https://doi.org/10.37143/2786-7730-2024-4(82)6.

4. Сиромятников Ю. М., Сиромятніков П. С., Харченко О. М., Бєлих О. В. Огляд сучасних підходів до вдосконалення технологій витоплення бджолиного воску: технічні рішення та інженерні перспективи // Технічний

сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. 2025. № 26. С. 45–88. DOI: https://doi.org/10.64165/journal-ts.2025.26.45-88.

5. Syromiatnykov Y., Vircava I. Adaptation Mechanisms of Soybean to Salinity and Drought: A Botanical Perspective // International Journal of Biological Engineering and Agriculture. 2024. Vol. 14, No. 2. P. 197–207. DOI: https://doi.org/10.51699/ijbea.v2i14.4162.

6. Syromiatnykov Y., Syromyatnikov P. Energy-saving technologies in the production of environmentally friendly feed: Ways to improve efficiency // AGRO ILM – O‘zbekiston qishloq va suv xo‘jaligi. 2025. P. 122–124. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.18042577.

7. Сиромятников Ю.М., Сиромятніков П.С. Тренди та інновації в аграрній механізації: підвищення сталості та енергоефективності у тваринництві. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів: Науковий журнал. – Харків: ДБТУ, 2024. – Вип. 25. С. 8-33. DOI: 10.37700/ts.2024.25.8-33

УДК 636:631.22:631.171

ОСОБЛИВОСТІ РОЗВЕДЕННЯ Й УТРИМАННЯ ДОМАШНІХ ТВАРИН

Сиромятніков П.С., доцент, Шульга В.М., магістрантка

Державний біотехнологічний університет

У роботі розглянуто особливості розведення й утримання домашніх тварин у сучасних умовах господарювання. Проаналізовано основні фактори, що впливають на продуктивність, здоров’я та відтворювальні якості тварин. Встановлено, що використання сучасних технологій утримання, збалансованої годівлі та автоматизованих систем контролю забезпечує підвищення ефективності тваринництва та покращення умов утримання тварин.

Розведення та утримання домашніх тварин є важливою складовою сучасного аграрного виробництва та охоплює комплекс заходів, спрямованих на забезпечення високої продуктивності, збереження здоров’я та покращення генетичних характеристик тварин [1–3]. Ефективність тваринництва значною мірою залежить від умов утримання, якості кормів, мікроклімату приміщень та рівня механізації технологічних процесів [4–7].

У сучасному тваринництві використовують різні системи утримання тварин: прив’язне, безприв’язне, кліткове та комбіноване. Вибір системи залежить від виду тварин, виробничого напряму господарства та рівня технологічного забезпечення. Основні системи утримання домашніх тварин наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Основні системи утримання домашніх тварин

Система утримання	Характеристика	Переваги	Недоліки
Прив’язна	Індивідуальне розміщення тварин	Контроль годівлі	Обмеження рухливості
Безприв’язна	Вільне переміщення тварин	Покращення фізіологічного стану	Вищі вимоги до приміщень
Кліткова	Утримання у клітках	Економія площі	Ризик стресу
Комбінована	Поєднання різних систем	Гнучкість використання	Складність організації
Пасовищна	Використання природних угідь	Зниження витрат кормів	Залежність від сезону

Одним із ключових факторів ефективного утримання тварин є забезпечення оптимального мікроклімату у приміщеннях. Тепловий баланс приміщення визначається за формулою:

$$Q = kF(t_{in} - t_{out}) \quad (1)$$

де Q – теплові втрати, Вт;

k – коефіцієнт теплопередачі, Вт·м$^{-2}$·°С$^{-1}$;

F – площа поверхні теплообміну, м^2;

t_{in} – температура всередині приміщення, °С;

t_{out} – температура зовнішнього середовища, °С.

Для забезпечення комфортних умов утримання використовують системи вентиляції, автоматичного обігріву, зволоження та освітлення. Особливо важливим є підтримання оптимальної температури та вологості, оскільки відхилення параметрів мікроклімату негативно впливає на продуктивність і здоров’я тварин [2, 5]. Схему сучасної системи утримання домашніх тварин наведено на рис. 1.

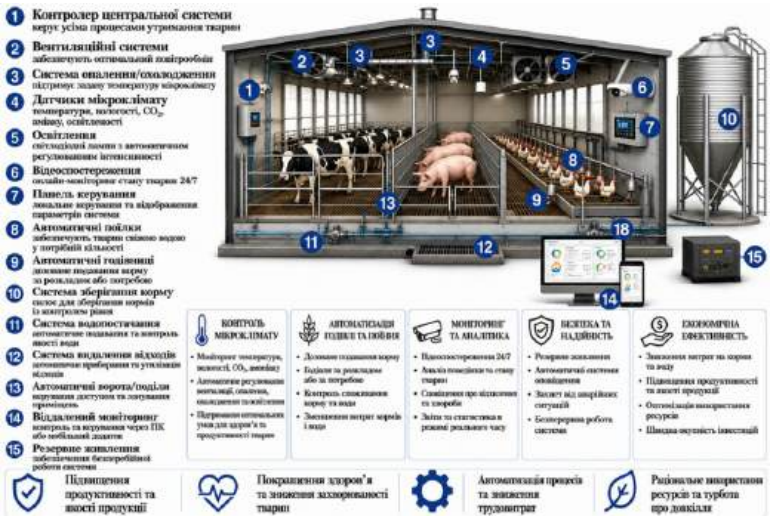


Рис. 1. Схема сучасної системи утримання домашніх тварин із автоматизованим контролем мікроклімату та годівлі

Суттєве значення у сучасному тваринництві має організація збалансованої годівлі. Питомі витрати корму на одиницю продукції визначаються за формулою:

$$E = m_k P \quad (2)$$

де E – питомі витрати корму, кг·од$^{-1}$ продукції;

m_k – маса використаного корму, кг;

P – кількість отриманої продукції.

У сучасних господарствах активно впроваджуються автоматизовані системи Smart Farm, які забезпечують контроль годівлі, параметрів мікроклімату та стану здоров'я тварин у режимі реального часу [3–6]. Використання цифрових технологій дозволяє підвищити продуктивність та скоротити витрати кормів і енергетичних ресурсів. Основні показники ефективності систем утримання наведені в табл. 2.

Таблиця 2 – Порівняння ефективності систем утримання домашніх тварин

Показник	Традиційна система	Сучасна автоматизована система
Продуктивність тварин, %	100	128
Витрати кормів, кг·од$^{-1}$ продукції	3,8	2,9
Рівень автоматизації, %	25	87
Енерговитрати, кВт·год·доб$^{-1}$	420	295
Втрати продуктивності через стрес, %	9,5	2,8

Аналіз отриманих результатів свідчить, що використання сучасних технологій утримання та розведення домашніх тварин забезпечує підвищення ефективності виробництва та покращення умов утримання. Найбільший ефект досягається при поєднанні автоматизованих систем годівлі, контролю мікроклімату та цифрового моніторингу стану тварин.

Висновки

Таким чином, розведення й утримання домашніх тварин потребує комплексного підходу до організації технологічних процесів. Використання сучасних систем утримання, збалансованої годівлі та цифрових технологій дозволяє забезпечити високу продуктивність тварин і підвищити ефективність тваринницького виробництва.

Список використаних джерел

1. Сиромятников Ю. М. Вплив технологічних заходів на структурно-агрегатний склад ґрунту при вирощуванні буряку цукрового // Вісник аграрної науки. 2023. Т. 101, № 11. С. 60–66. DOI: https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202311-08.

2. Сиромятников Ю. М., Харченко О. М. Фізико-механічні основи та оптимізація режимів центрифугування при витопленні бджолиного воску // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. 2025. № 27. С. 176–193. DOI: https://doi.org/10.31359/2311-441X-2025-27-176.

3. Сиромятников Ю. М., Шабля В. П., Харченко О. М., Бєлих О. В. Біологічний контроль вароозу за допомогою мікробних препаратів: інноваційні

підходи в екологічному бджільництві // Свинарство і агропромислове виробництво. 2024. № 4(82). С. 80–93. DOI: https://doi.org/10.37143/2786-7730-2024-4(82)6.

4. Сиромятников Ю. М., Сиромятніков П. С., Харченко О. М., Бєлих О. В. Огляд сучасних підходів до вдосконалення технологій витоплення бджолиного воску: технічні рішення та інженерні перспективи // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. 2025. № 26. С. 45–88. DOI: https://doi.org/10.64165/journal-ts.2025.26.45-88.

5. Syromiatnykov Y., Vircava I. Adaptation Mechanisms of Soybean to Salinity and Drought: A Botanical Perspective // International Journal of Biological Engineering and Agriculture. 2024. Vol. 14, No. 2. P. 197–207. DOI: https://doi.org/10.51699/ijbea.v2i14.4162.

6. Syromiatnykov Y., Syromyatnikov P. Energy-saving technologies in the production of environmentally friendly feed: Ways to improve efficiency // AGRO ILM – O‘zbekiston qishloq va suv xo‘jaligi. 2025. P. 122–124. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.18042577.

7. Сиромятников Ю.М., Сиромятніков П.С. Тренди та інновації в аграрній механізації: підвищення сталості та енергоефективності у тваринництві. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів: Науковий журнал. – Харків: ДБТУ, 2024. – Вип. 25. С. 8-33. DOI: 10.37700/ts.2024.25.8-33.

УДК 636:620.91:339.9

ВИКОРИСТАННЯ НЕТРАДИЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В ТВАРИННИЦТВІ ЗАКОРДОННИХ КРАЇН

Сиромятніков П.С., доцент, Машталь В.В., студент

Державний біотехнологічний університет

У роботі розглянуто сучасні напрями використання нетрадиційних джерел енергії у тваринництві закордонних країн. Проаналізовано особливості застосування сонячної, біогазової, вітрової та геотермальної енергії у технологічних процесах тваринницьких підприємств. Встановлено, що впровадження відновлюваних джерел енергії забезпечує скорочення енерговитрат на 20–45 % та зменшення викидів парникових газів.

У сучасному тваринництві закордонних країн особливого значення набуває використання нетрадиційних джерел енергії, що пов’язано зі зростанням вартості енергоносіїв та необхідністю зниження негативного впливу аграрного виробництва на навколишнє середовище [1–3]. Найбільш поширеними джерелами альтернативної енергії є сонячні панелі, біогазові установки, вітрові електростанції та геотермальні системи [4–7].

Одним із найбільш ефективних напрямів є використання біогазових комплексів, що дозволяють утилізувати органічні відходи тваринництва та

отримувати теплову й електричну енергію. Вихід біогазу визначається за формулою:

$$V_b = my \quad (1)$$

де V_b – об'єм біогазу, м^3;

m – маса органічної сировини, кг;

y – питомий вихід біогазу, м$^3 \cdot$кг$^{-1}$.

У країнах Європейського Союзу біогазові установки активно використовуються на молочних та свинарських комплексах. Отриманий біогаз застосовується для виробництва електроенергії, обігріву приміщень та забезпечення роботи технологічного обладнання [2, 5]. Основні види нетрадиційних джерел енергії, що використовуються у тваринництві закордонних країн, наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Використання нетрадиційних джерел енергії у тваринництві

Джерело енергії	Основне призначення	Зниження енерговитрат, %	Країни використання
Сонячні панелі	Генерація електроенергії	15–35	Німеччина, Іспанія
Біогазові установки	Отримання тепла та електроенергії	25–50	Данія, Нідерланди
Вітрові установки	Енергозабезпечення ферм	10–25	США, Канада
Геотермальні системи	Опалення та підігрів води	20–40	Ісландія, Швеція
Теплові насоси	Підтримання мікроклімату	15–30	Франція, Норвегія

Сонячні електростанції широко використовуються на тваринницьких підприємствах Німеччини, Франції та Італії. Вони забезпечують роботу систем вентиляції, освітлення та автоматизованого обладнання. Потужність сонячної установки визначають за формулою:

$$N = \eta SF \quad (2)$$

де N – потужність установки, кВт;

η – коефіцієнт корисної дії сонячної панелі;

S – інтенсивність сонячного випромінювання, кВт$\cdot$м$^{-2}$;

F – площа панелей, м^2.

Використання теплових насосів та геотермальних систем дозволяє підтримувати стабільний температурний режим у тваринницьких приміщеннях та знижувати витрати теплової енергії [3, 6]. Крім того, у багатьох країнах активно впроваджуються автоматизовані системи Smart Farm, що забезпечують контроль енергоспоживання та ефективне управління технологічними процесами. Схему використання нетрадиційних джерел енергії у тваринництві наведено на рис. 1.

Суттєве значення має також екологічний ефект від використання альтернативної енергетики. Застосування біогазових та сонячних систем дозволяє скоротити викиди парникових газів та зменшити залежність підприємств від традиційних енергоносіїв.

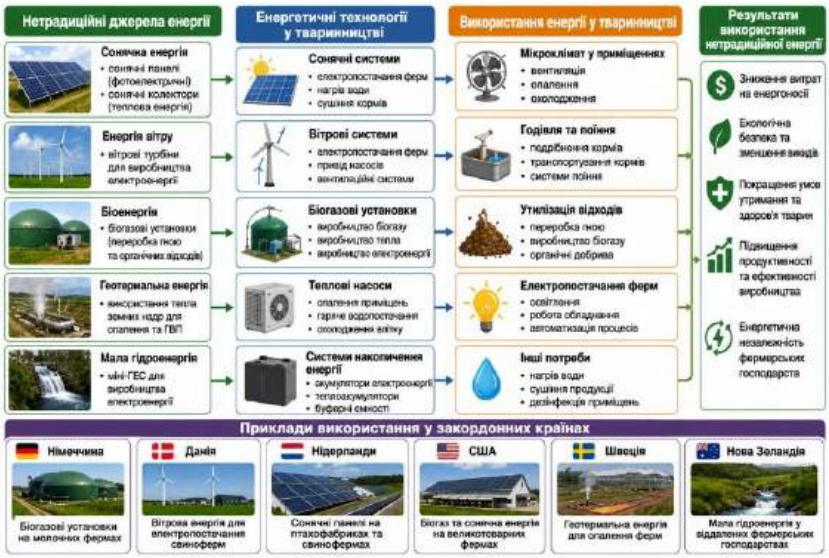


Рис. 1. Схема використання нетрадиційних джерел енергії у тваринництві закордонних країн

Порівняльну характеристику традиційних та альтернативних енергетичних систем наведено в табл. 2.

Аналіз отриманих результатів свідчить, що використання нетрадиційних джерел енергії у тваринництві закордонних країн забезпечує значне підвищення енергоефективності виробництва. Найбільший ефект досягається при комплексному використанні біогазових установок, сонячних електростанцій, теплових насосів та автоматизованих систем управління.

Таблиця 2 – Порівняння традиційних та альтернативних енергетичних систем

Показник	Традиційна система	Альтернативна система
Питоме енергоспоживання, кВт·год·т$^{-1}$	410	255
Витрати пального, л·рік$^{-1}$	14500	7600
Викиди CO_2, кг·рік$^{-1}$	13800	7200
Частка відновлюваної енергії, %	8	62
Рівень автоматизації, %	38	85

Висновки

Таким чином, впровадження альтернативних джерел енергії є важливим напрямом розвитку сучасного тваринництва. Використання інноваційних енергетичних **технологій** дозволяє підвищити економічну ефективність підприємств, знизити енергетичні витрати та забезпечити екологічну безпеку аграрного виробництва.

Список використаних джерел

1. Сиромятников Ю. М. Вплив технологічних заходів на структурно-агрегатний склад ґрунту при вирощуванні буряку цукрового // Вісник аграрної науки. 2023. Т. 101, № 11. С. 60–66. DOI: https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202311-08.

2. Сиромятников Ю. М., Харченко О. М. Фізико-механічні основи та оптимізація режимів центрифугування при витопленні бджолиного воску //

Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. 2025. № 27. С. 176–193. DOI: https://doi.org/10.31359/2311-441X-2025-27-176.

3. Сиромятников Ю. М., Шабля В. П., Харченко О. М., Бєлих О. В. Біологічний контроль вароозу за допомогою мікробних препаратів: інноваційні підходи в екологічному бджільництві // Свинарство і агропромислове виробництво. 2024. № 4(82). С. 80–93. DOI: https://doi.org/10.37143/2786-7730-2024-4(82)6.

4. Сиромятников Ю. М., Сиромятніков П. С., Харченко О. М., Бєлих О. В. Огляд сучасних підходів до вдосконалення технологій витоплення бджолиного воску: технічні рішення та інженерні перспективи // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. 2025. № 26. С. 45–88. DOI: https://doi.org/10.64165/journal-ts.2025.26.45-88.

5. Syromiatnykov Y., Vircava I. Adaptation Mechanisms of Soybean to Salinity and Drought: A Botanical Perspective // International Journal of Biological Engineering and Agriculture. 2024. Vol. 14, No. 2. P. 197–207. DOI: https://doi.org/10.51699/ijbea.v2i14.4162.

6. Syromiatnykov Y., Syromyatnikov P. Energy-saving technologies in the production of environmentally friendly feed: Ways to improve efficiency // AGRO ILM – O‘zbekiston qishloq va suv xo‘jaligi. 2025. P. 122–124. DOI: https://doi.org/10.5281/zenodo.18042577.

7. Сиромятников Ю.М., Сиромятніков П.С. Тренди та інновації в аграрній механізації: підвищення сталості та енергоефективності у тваринництві. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів: Науковий журнал. Харків: ДБТУ, 2024. Вип. 25. С.8-33. DOI: 10.37700/ts.2024.25.

Секція 3

ЕКСПЛУАТАЦІЯ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКУ

УДК 631.312.02

ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ГРУНТООБРОБНОГО АГРЕГАТУ ПРИ ВИЗНАЧЕННІ ГЛИБИНИ ОБРОБІТКУ

Ген І.О. студент, Артьомов М.П. д.т.н., професор

Державний біотехнологічний університет, .м. Харків. Україна

Метою дослідження є визначення впливу стохастичних опорів і навантажень на глибокорозпушувач та сили тяги мобільного енергетичного засобу на максимальну глибину розпушення ґрунту.

Зростання параметрів потужності і ваги машинно-тракторних агрегатів, які працюють на полях сільськогосподарських підприємств, все більше впливають на надмірне ущільнення ґрунту. Сільськогосподарські угіддя піддаються багатократній дії важкої сільськогосподарської техніки, сліди від якої покривають від 40 до 80 % площі сільськогосподарських угідь. Внаслідок цього ущільнюється не тільки орний, але і підорний шар на глибину від 0,4 до 1,2 м і більше [1], що має значний негативний вплив на верхні шари через створення низької водопроникності зв'язних ґрунтів. Із збільшенням щільності, а відповідно і твердості ґрунту, падає рівень життєдіяльності мікрофлори ґрунту, що суттєво впливає на зменшення урожаю.

Нові технічні засоби для обробітку ґрунту сприяють удосконаленню відомих основних систем обробітку ґрунту, які дістали широке застосування, на базі оранки, глибокого й поверхневого розпушування, мінімального обробітку. Кожна з цих систем обробітку ґрунту не є універсальною і, своєю чергою, диференціюється відповідно до умов, типів ґрунтів, ґрунтово-кліматичних зон. Наприклад, дослідженнями вітчизняних науковців встановлено, що щільність ґрунту тісно корелює з вмістом гумусу, і це є визначальним чинником вибору конкретної системи обробітку ґрунту. На щільних ґрунтах або в специфічних умовах і випадках доречно проводити основний обробіток у вигляді оранки або глибокого розпушування.

Якість розпушування характеризується декількома критеріями: коефіцієнтами розпушування, повноти розпушування, та ступенем подрібнення. Згідно із роботою [3], розпушуваність – це властивість ґрунту, що розробляється, збільшуватися в об'ємі при постійній масі. Характеризується це явище коефіцієнтом розпушування k_p, він визначається відношенням об'єму розпушеного ґрунту до об'єму, який він займав до розпушування. Середні значення коефіцієнту розпушування знаходяться в межах k_p=1,08…1,35 [3]. Менші значення відповідають піщаним ґрунтам, більші – глинистим.

$$k_{\text{р}} = \frac{\text{S}_{\text{р}}}{\text{S}_{\text{ц}}} \qquad (1)$$

Повнота розпушування характеризується коефіцієнтом повноти розпушування k_n, який дорівнює відношенню статичного моменту площі поперечного перетину оброблюваної смуги до еталонного моменту S_e, в якості якого прийнято перетин прямокутної форми. Це виходить з того, що агрономічна

цінність ґрунту зростає з глибиною обробітку, оскільки волога накопичується в нижніх прошарках, де вона менше випаровується.

На ринку України представлено десятки й сотні моделей, серед яких непогано виглядають і вітчизняні виробники. Якщо говорити про конкретні бренди, то це передусім Case IH, Horsch, Bednar, Quivogne, «Велес-Агро» та багато інших. Такі агрегати, зазвичай, характеризуються міцною рамою та потужними лапами з наплавленням, щоб відпрацювати якомога довше без замін та ремонтів та, звісно, порівняно невеликою робочою шириною. Навантаження на глибокорозпушувач під час роботи просто неймовірне, тому до вибору моделі щодо надійності самої конструкції та робочих органів слід підходити дуже ретельно. Потрібно брати до уваги, що глибокорозпушувач надзвичайно енерговитратний агрегат. На метр робочої ширини тут може бути потрібно до 90 к. с. Тому слід мати трактор відповідної потужності[4].

Дослідження критичної глибини різання необхідне для забезпечення розпушування ґрунту глибокорозпушувачем з найменшою енергоємністю. Запропоновані дослідниками залежності носять в основному експериментальний характер, отримані для одноножових робочих органів на основі статики сипучого середовища або теорії пластичності.

Аналогічні залежності запропонував, **Волик Б.А.** [5] відповідно

$$h_{кр} = (70...100)\sqrt{b}; \tag{2}$$

У роботі представлені результати навантаження агрегату під час виконання агротехнічної операції. Такий метод дає можливість бачити процес навантаження робочих органів сільськогосподарської машини на відміну від розрахунків навантаження [5] на підставі статистичних даних про сільськогосподарські машини і агрегати. У роботі [6] проведено розрахунок параметрів глибокорозпушувача на якість обробітку ґрунту, але немає опису які навантаження зазнаватиме він при роботі у складі агрегату.

У початковий момент динамічний опір вище теоретично розрахованого практично на 60%, а потім після стабілізації руху коливається в межах 78 ... 95 кН, що відповідає 55 ... 70% від теоретично розрахованої величини.

На основі положень статики сипучого середовища і теорії пластичності отримано математичну модель критичної глибини різання для звичних кутів різання ножа ($25^o < \alpha < 45^o$) [6]:

$$h_{кр} = \left[\frac{(\pi+2)(\pi+3-ctg\frac{\beta}{2})tg(\frac{\pi}{4}+\frac{\rho}{2})\cos\delta\sin a}{2A_1 M\sin\varepsilon ctg\rho} + \frac{ctg\frac{\beta}{2}\sin a}{4M} \right] \cdot l, \tag{3}$$

Аналітичні залежності для визначення критичної глибини різання дають завищені результати, порівняно з експериментальними даними, а тому не можуть використовуватись для обґрунтування параметрів робочих органів.

Висновок.

На зміну традиційної технології обробітку ґрунту, що використовує оранку, з метою ширшого впровадження ґрунтозахисних енергозберігаючих та екологічно чистих агротехнологій необхідно використовувати технологічні процеси обробітку ґрунту та вирощування продукції рослинництва. Технології глибокого розпушування, сприяють збереженню верхнього родючого шару та зменшенню енерговитрат.

Список використаних джерел

1. Сучасні тенденції розвитку конструкцій сільськогосподарської техніки / За ред. В. І. Кравчука, М. І. Грицишина, С. М. Коваля / К.: Аграрна наука, 2004. - 396 с.

2. Сільськогосподарські та меліоративні машини: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.О. Дубровін, Т.Д. Іщенко та ін.; // За ред. Д.Г. Войтюка: -К.: Вища освіта. 2004. - 544с.

3. Медведєев В.В. Гармония почвы и техники / В.В. Медведєев, Я.С.Гуков, В.А.Дубровин, В.Ф. Пащенко // Зерно. - 2006. - No 1. С. 67-72.

4. Особливості застосування глибокорозпушувачів у складі цілісної технології агровиробництва. Електронний ресурс: https://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/18903-osoblyvosti-zastosuvannia-hlybokorozpushuvachiv-u-skladi-tsilisnoi-tekhnolohii-ahrovyrobnytstva.html.

5. Волик Б. А. Розробка і дослідження чизель – плуга на базі знарядь Y-подібної форми // автореф. дис. канд. техн. наук., Дніпропетровськ, 1998. – 19 с.

6. Investigation of agricultural unit loads in non-established mode of motion when performing technological operations / Latvia University of Life Sciences and Technologies Faculty of Engineering 21st International Scientific Conference ENGINEERING FOR RURAL DEVELOPMENT Proceedings, Volume 21 May 25-27, 2022 Jelgava pp. 675 – 682. DOI:10.22616/ERDev.2022.21.TF216.

УДК 631.331

ВИМІРЮВАЛЬНА СИСТЕМА МОНІТОРИНГУ ПАРАМЕТРІВ ПНЕВМАТИЧНОЇ СІВАЛКИ

Мельник В.І., д.т.н., професор, Зеленський О.П. д-р філософії (механічна інженерія), Зеленський А.П. д-р філософії (механічна інженерія)

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Розвиток пневматичних сівалок точного висіву висуває вимоги до проектування високоефективних пневматичних систем з оптимізованими повітряними контурами, які вносять суттєвий вклад в точність розподілу висівного матеріалу. Розглянуто принцип побудови архітектури вимірювальної системи для моніторингу параметрів повітряного потоку.

Метою дослідження є побудова універсальної вимірювальної системи параметрів роботи пневматичної системи для досягнення побудови та наладки стабільної роботи сівалки. Отримані параметри дадуть можливість провести стабілізацію робочих процесів та забезпечити оперативний моніторинг

характеристики повітряного потоку в реальному часі. Як результат, підвищення точності та надійності дозування висівного матеріалу, зниження кількості пропусків та двійників. Об'єктом дослідження є процес роботи пневматичної системи, аналіз динаміки повітряних потоків та зміна тиску в реальному часі. Предметом дослідження є зв'язок тиску, швидкості, витрати повітря та якості висіву сівалки. Використано методи порівняння та аналізу роботи датчиків вимірювання параметрів потоку повітря, їх чутливість, швидкість реагування та точність передачі даних.

В рамках розробки програми та методики проведення лабораторних досліджень по оптимізації параметрів та режимів роботи пневматичної системи сівалки точного висіву, запропоновано створення універсальної вимірювальної системи [1]. На базі лабораторної стенд-установки для випробування відцентрового радіального вентилятора (ВРВ) створено прототип вимірювальної системи, яка дала можливість розширити оперативний моніторинг характеристик повітряного потоку. Побудова вимірювальної системи базувалась на використанні мікроконтролерів сімейства STM32. В якості датчиків вимірювання запропоновано використати п'єзорезистивні (тензорезистивні) високоточні датчики з кремнієвою мембраною з інтегрованими напівпровідниками. Такі датчики дуже чутливі відносно зміни тиску в системі вимірювання шляхом зміни опору під дією деформації мембрани від тиску повітря. Такі датчики мають високу точність з сумарною похибкою менше 1,0% та роботі в діапазоні від -10°С до +85°С та датчики підключаються до трубки Піто-Прандтля, яку можна вставляти в трубопровід пневматичної системи. Принцип роботи полягає у фіксуванні динамічного тиску потоку повітря та статичного тиску в системі [2]. Отримуємо різницю тиску ΔP та на основі отриманих даних провести перерахунок швидкості повітря v та масову витрату повітря G чи об'ємну витрату повітря Q.

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta P}{\rho}}, \tag{1}$$

де ΔP– різниця тисків динамічного та статичного Ра, ρ– щільність повітря кг/м^3, що коригується на основі вбудованого термодатчика.

$$G = \rho \cdot V \cdot S, \tag{2}$$

де ρ– щільність повітря кг/м^3, V– середня швидкість потоку повітря м/с, S– площа поперечного перерізу каналу чи трубопроводу м^2.

$$Q = V \cdot S, \tag{3}$$

V– середня швидкість потоку повітря м/с, S– площа поперечного перерізу каналу чи трубопроводу м^2.

Така система може бути інтегрована і до стаціонарної чи автономної системи моніторингу роботи висівної системи або сучасної системи керування трактора. Використовуючи інтерфейси підключення SPI (Serial Peripheral Interface) та I^{2}C (Inter-Integrated Circuit) на запропонованій системі

мікроконтролера STM32 реалізовується контроль тиску повітря, тобто моніторинг вакууму або надлишкового тиску в дозуючих органах, швидкість повітряного потоку, а також контроль транспортування насіння від дозатора до сошника, частота обертання вентилятора, контроль рівня висівного матеріалу та самого повітряного потоку в системі [2,3]. Таку систему можна реалізувати як провідну систему наприклад на базі інтерфейсу RS - 485 (TIA/EIA–485) з можливістю підключення до CAN (Controller Area Network) шини трактора за потреби (Рис.1 а).

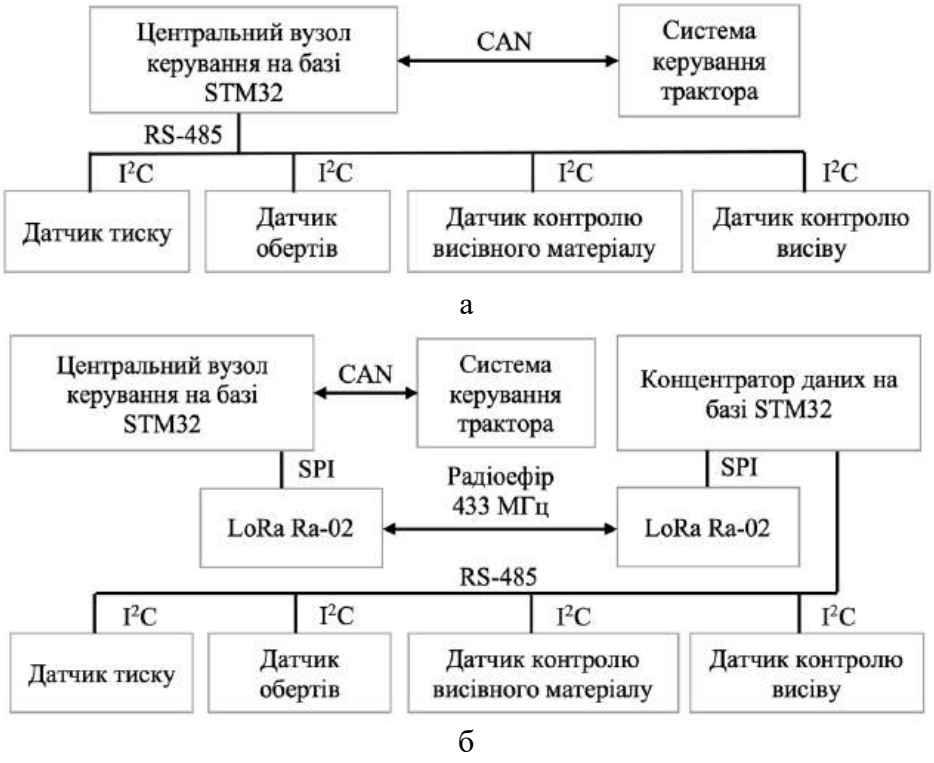


Рис. 1. Вимірювальна система :а – система реалізована на базі інтерфейсу RS – 485; б – гібридна архітектура система на базі RS – 485 та LoRa Ra-02

Також таку систему можна реалізувати на базі модуля LoRa Ra-02, тобто реалізувати безпровідну систему, вона може бути реалізовано як автономною для кожного датчику чи гібридною архітектурою (Рис.1 б). Гібридну структуру реалізувати за принципом використання концентратору даних з датчиків за протоколом RS - 485 (TIA/EIA–485), а далі через модуль LoRa Ra - 02 передавати на центральний вузол керування вимірювальної системи, що може бути розміщена в тракторі.

В рамках існуючої лабораторної стенд-установки для випробування відцентрового радіального вентилятора (ВРВ), розроблена система моніторингу пневматичної системи сівалки точного висіву для однієї секції, побудованої на базі LoRa Ra-02, яка розкриває широкий потенціал універсальності в використанні. Подальший розвиток такої системи дасть можливість інтеграції в більш складну систему не тільки моніторингу повітряного потоку в пневматичній системі, а й проводити корекцію роботи не тільки ВРВ, а й висіву,

шляхом тісної співпраці вимірювальної системи сівалки, системи контролю висіву та бортової системи трактора.

Висновок. Реалізована система моніторингу пневматичної системи сівалки точного висіву для однієї секції може бути розширена для всієї сівалки та реалізована за гібридною структурою з використанням протоколу RS – 485. Подальший розвиток такої системи дає можливість реалізувати поглиблену інтеграцію з подальшою взаємодією з системою висіву шляхом аналізу та стабілізації повітряних потоків на критично важливих процесах дозування висівного матеріалу.

Список використаних джерел

1. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин / П.М. Заїка. – Х. : Око, 2001. Т.1. – Ч.2 : Машини для сівби та садіння, 2001. 452 с.
2. Babu, V. (2021). *Fundamentals of gas dynamics* (2nd ed.). Berlin: Springer. 195 p.
3. Warren Gay. Beginning STM32: Developing with FreeRTOS, libopencm3 and GCC. (1th ed.). Apress, 2018. 537 p.

УДК 631.331

ПОБУДОВА ТА АНАЛІЗ ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ПНЕВМАТИЧНОЇ СІВАЛКИ ТОЧНОГО ВИСІВУ

Мельник В.І., д.т.н., професор, Зеленський О.П. д-р філософії (механічна інженерія), Зеленський А.П. д-р філософії (механічна інженерія)

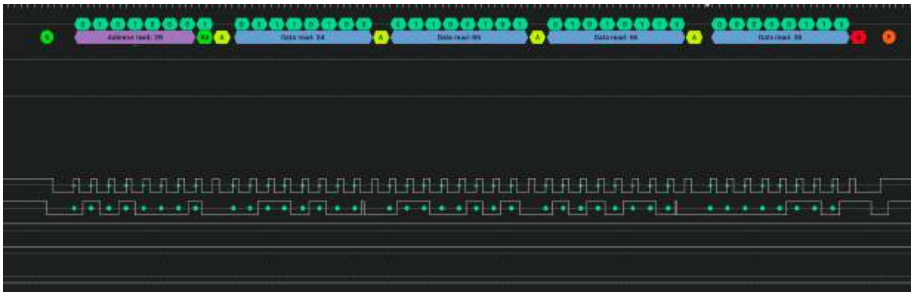
Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

Робота пневматичної системи сівалки є дуже важливою системою для досягнення високої якості висіву сільськогосподарських культур. Аналіз роботи пневматичної системи є однією з важливих завдань по удосконаленню та розробці пневматичних сівалок точного висіву. Поглиблене дослідження повітряних потоків в пневматичній системі базується на використанні вимірювальних систем на основі цифрових диференціальних п'єзорезистивних датчиків тиску.

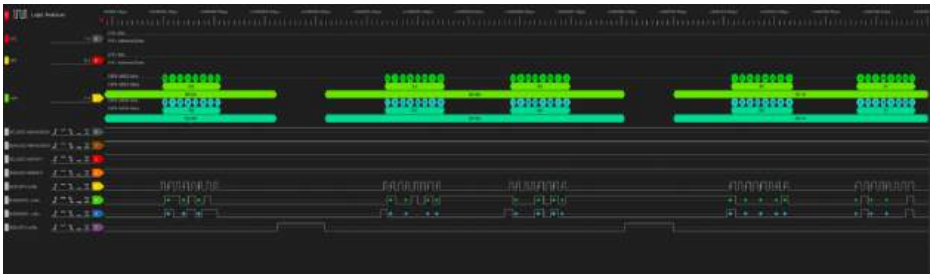
Метою дослідження є аналіз вимірювальної системи та точності отриманих даних під час дослідження поведінки повітряного потоку в пневматичній системі сівалки. Об’єктом дослідження є процес вимірювання та передача даних отриманих з датчиків диференціального тиску за допомогою інтерфейсу обміну пакету даних по шині I^2C та SPI. Предметом дослідження є структурний пакет даних, часові діаграми, напруги, точності зчитування фізичних величин таких як тиск і температура. Використано методи порівняння та аналізу декодованих даних під час проведення досліджень.

В рамках дослідницької роботи по удосконаленню існуючої пневматичної системи сівалки точного висіву та розробки нових конструкцій було реалізовано систему вимірювання показників повітряного потоку базуючись на високоточних цифрових диференціальних датчиках тиску типу (AMS 5915,

5525DSO, MS4525DO). Для вимірювання тиску, температури та швидкості повітряного потоку, що виникає під час роботи відцентрового радіального вентилятора (ВРВ) було розроблено універсальну мобільну завадостійку систему дистанційного вимірювання на базі використання технології радіопередачі даних за допомогою модулів LoRa. Одним з етапів дослідження поведінки повітряного потоку в пневматичній системі розглядалось та підтверджувалось раціональність вибору конструкції та точності вимірюваної розробленої системи, яку можна використовувати не тільки в лабораторних умовах так і розглядати як невід'ємну частину системи керування роботи ВРВ та перепускних клапанів. Приділено увагу дослідженню роботи високоточних цифрових диференціальних датчиків тиску, що працюють по шині I^2C та вимірюванні дані потоку передаються по шині SPI [1]. Фізично було виділено, з вимірювальної системи показників повітря, датчики барометричного та диференціального тиску та паралельно до ліній датчиків підключено було канали логічного аналізатора DSLogic Plus. За допомогою програмного комплексу DSView з використанням частоти дискретизації 20 МГц та тригеру провели захоплення сигналу від датчиків та їх передачу. Проведення визначення адреси пристроїв, декодування та аналіз бітів підтвердження ACK (підтверджую) та NACK (не підтверджую), проведено реальний розрахунок значень тиску та температури на основі шістнадцяткових значень HEX. Проаналізовано весь шлях даних від кристала до ефіру й приймача системи вимірювання, що побудовано на мікроконтролерах сімейства STM32. Проведено ряд удосконалень вимірювальної системи як механічної так і технічної сторони. Приділено увагу інтелектуальній обробці так званих «сирих» даних отриманих з датчика, на прикладі MS4525DO, шляхом очищення від шуму за допомогою фільтрів Калмана та середнього ковзного та провели суттєве скорочення пакетів даних, що передаються, перейшовши до передачі в бінарному виді (рис.1). Такий підхід суттєво спростив роботу отримувача в процесі автоматичного аналізу масиву даних та виділення корисної інформації, а саме тиску, швидкості повітря в пневматичній системі [1,2].



а



б

Рис. 1. Осцилограма цифрового сигналу :а – дам протоколу декодування датчику тиску по протоколу $\boldsymbol{I^2C}$; б – дам протоколу декодування датчику тиску по протоколу $\boldsymbol{SPI}$

Розрахунок фізичних величин проводився згідно отриманих даних з датчика тиску.

$$T = \left(\frac{T_{data}}{2047} \times 200\right) - 50, \quad (1)$$

де T_{data} – 11 бітне цифрове значення температури;

$$P = \frac{(P_{data} - 1638)}{(14745 - 1638} \times (P_{max} - P_{min}) + P_{min}, \quad (2)$$

де P_{data} – 14 бітне цифрове значення тиску, P_{max} та P_{min} паспортні значення датчика тиску.

Згідно прикладу розрахунку отримано $T = 17{,}22^{\circ}\ C$, $P = 5493$ Па.

Виходячи з рисунку 1, осцилограми цифрового сигналу та проведених розрахунків встановлено, що датчик видає коректні данні по шині I^2C та вдало відбувається перерахунок відповідно до заданої програми обробки сигналу, використовуючи фільтри та упаковка й передача пакету апроксимованих даних по шині SPI [2,3]. За допомогою отриманих даних приймач має змогу дати наглядну характеристику поведінку повітряного потоку в розрізі тиску, температури, швидкості та витрати повітря. Такий підхід використання логічного аналізатора DSLogic Plus дає можливість більш поглиблено провести проектування, пошук прихованих помилок та відладку вимірювальної системи, спираючись на детальну візуалізацію та верифікацію процесу обміну даними між передавачем та приймачем за різних протоколах.

Висновок. Отже, використовуючи сучасні методи дослідження, доводки вимірювальної системи та аналізу імпульсів електричних сигналів, отриманих з цифрових диференціальних п'єзорезистивних датчиків тиску по шинам I^2C та

SPI, дає змогу побудувати надійну систему вимірювання характеристик повітряного потоку. Запропонована вимірювальна система може бути використана як для лабораторних досліджень так і в організації і доводці системи керування перепускним клапаном та роботою ВРВ.

Список використаних джерел

1. Robert W. Erickson, Dragan Maksimovic. Fundamentals of Power Electronics. Third Edition. Springer, 2020. 1103 p.
2. Frank, M. (2016). White fluid mechanics (8th ed.). New York: McGraw-Hill Education. 1023 p.
3. Warren Gay. Beginning STM32: Developing with FreeRTOS, libopencm3 and GCC. (1th ed.). Apress, 2018. 537 p.

УДК 631.171

ВАЖЛИВІСТЬ НАВІГАЦІЇ В СУЧАСНОМУ ЗЕМЛЕРОБСТВІ

Підгорний М.С. магістр, Саржанов Б.О. доцент

Сумський національний аграрний університет

Метою дослідження є узагальнення сучасних підходів до використання навігаційних систем і GPS-моніторингу в аграрному секторі та оцінка їх впливу на ефективність сільськогосподарського виробництва.

Сучасний розвиток аграрного виробництва тісно пов’язаний із впровадженням навігаційних технологій, які забезпечують підвищення точності виконання польових робіт і оптимізацію використання ресурсів. Використання супутникових систем позиціонування, зокрема GPS і RTK, дозволяє здійснювати контроль руху техніки з високою точністю, що є основою для реалізації технологій точного землеробства. Ключовою функцією навігаційних систем є забезпечення автоматичного або напівавтоматичного водіння сільськогосподарської техніки. Це дозволяє зменшити перекриття і пропуски під час виконання технологічних операцій, що безпосередньо впливає на зниження витрат матеріальних ресурсів, таких як паливо, насіння, добрива та засоби захисту рослин. Водночас підвищується рівень якості обробітку полів і рівномірність розвитку культур.

Важливим елементом цифровізації аграрного сектору є GPS-моніторинг техніки, який забезпечує контроль її місцезнаходження, швидкості руху, витрат пального та ефективності виконання робіт. Це дозволяє підвищити прозорість виробничих процесів, зменшити втрати ресурсів і запобігти нераціональному використанню техніки. Крім того, системи моніторингу сприяють оптимізації логістики та планування польових робіт. Суттєвою складовою сучасних навігаційних рішень є використання RTK-технологій, які забезпечують сантиметрову точність позиціонування. Це відкриває можливості для виконання високоточних операцій, таких як посів, міжрядний обробіток і диференційоване внесення ресурсів. Завдяки цьому підвищується ефективність використання земельних ресурсів і зменшується негативний вплив на довкілля.

Інтеграція навігаційних систем із цифровими платформами управління дозволяє створювати єдину інформаційну систему господарства. У межах такої системи відбувається збір, обробка та аналіз даних про виробничі процеси, що забезпечує прийняття обґрунтованих управлінських рішень. Це сприяє переходу до моделі управління на основі даних (data-driven management). Використання сучасних навігаційних технологій також впливає на організацію праці в аграрному секторі. Зменшується залежність від кваліфікації механізатора, оскільки значна частина функцій автоматизується. Водночас зростає потреба у фахівцях, здатних працювати з цифровими системами та аналізувати отримані дані. Разом із тим, впровадження навігаційних систем супроводжується певними обмеженнями. До них належать необхідність інвестицій у обладнання, залежність від якості супутникового сигналу та потреба в технічному обслуговуванні систем. Крім того, ефективність використання таких технологій значною мірою залежить від рівня підготовки персоналу та адаптації рішень до конкретних умов господарства.

Перспективи розвитку навігаційних систем у сільському господарстві пов’язані з подальшою інтеграцією з технологіями автоматизації та роботизації. Зокрема, вони є базовим елементом для функціонування автономної техніки, включаючи безпілотні трактори. У цьому контексті навігаційні рішення виступають не лише інструментом підвищення ефективності, а й основою для формування нової моделі агровиробництва.

Висновок.

Навігаційні системи та GPS-моніторинг є ключовими елементами цифрової трансформації аграрного сектору, що забезпечують підвищення точності, ефективності та економічної доцільності виробничих процесів. Їх використання дозволяє оптимізувати ресурси, покращити контроль за технікою та підвищити продуктивність праці. Подальший розвиток цих технологій сприятиме інтеграції навігаційних систем з автономною технікою та цифровими платформами управління, що забезпечить перехід до високотехнологічного та сталого сільського господарства.

Список використаних джерел

1. Навігація для сільгосптехніки: сучасні рішення для ефективного землеробства. URL: https://rtk-navigation.com/background-information/navigatsiya-dlya-silgosptehniki-suchasni-rishennya-dlya-efektivnogo-zemlerobstva

2. СКТ-Глобус. GPS-моніторинг в агросекторі. URL: https://skt-globus.com.ua/gps-monitoring-v-agrosektore/

3. SMILAB. Навігаційні системи для фермерів: як сучасні технології змінюють сільське господарство. URL: https://smilab.com.ua/navihatsiyni-systemy-dlia-fermeriv-iak-suchasni-tekhnolohii-zminiuiut-silske-hospodarstvo/

УДК 631.171

ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ІНСТРУМЕНТІВ ЯК ПОДОЛАННЯ ДЕФІЦИТУ КАДРІВ

Фуртат О.М. магістр, Саржанов Б.О. доцент

Сумський національний аграрний університет

Метою є аналіз сучасних технічних рішень у посівній техніці як інструменту подолання дефіциту кадрів і ресурсів у сільському господарстві, а також оцінка ефективності таких підходів.

Сучасний аграрний сектор стикається з комплексною проблемою дефіциту трудових і матеріальних ресурсів, що зумовлює необхідність переходу до більш ефективних технологічних рішень. Одним із таких рішень є використання високотехнологічних сівалок, які поєднують функції точного висіву, автоматизації процесів і цифрового контролю виконання операцій. Застосування сучасних сівалок дозволяє значно підвищити продуктивність посівних робіт за рахунок збільшення ширини захвату, швидкості руху та автоматизації ключових функцій. У результаті одна одиниця техніки здатна виконувати обсяг робіт, який раніше потребував декількох агрегатів і відповідно більшої кількості персоналу. Це безпосередньо впливає на зменшення потреби в механізаторах і оптимізацію використання техніки. Важливим аспектом є впровадження систем точного висіву та контролю норми висіву, які забезпечують рівномірний розподіл насіння та підвищують якість посіву. Це сприяє більш рівномірному розвитку рослин і, як наслідок, підвищенню врожайності. Крім того, використання електроприводів висівних апаратів і систем контролю секцій дозволяє уникати перекриттів і перевитрат насіння. Сучасні сівалки інтегруються з навігаційними системами та цифровими платформами управління, що забезпечує автоматичне водіння техніки, формування карт-завдань і контроль виконання робіт у режимі реального часу. Це підвищує точність операцій і знижує вплив людського фактора, що є критично важливим в умовах дефіциту кваліфікованих кадрів.

Окремо підкреслюється економічний ефект від використання високотехнологічної техніки. Зменшення витрат на паливо, насіння і оплату праці, а також підвищення врожайності формують передумови для швидкої окупності інвестицій. Водночас ефективність таких рішень значною мірою залежить від масштабу господарства і рівня організації виробництва. Разом із тим, впровадження сучасних сівалок потребує відповідної технічної бази та підготовки персоналу. Використання складних систем управління і електроніки вимагає наявності фахівців, здатних обслуговувати і налаштовувати техніку. Таким чином, відбувається трансформація кадрової структури: зменшується потреба в низькокваліфікованій праці та зростає потреба у спеціалістах технічного профілю. Суттєвою тенденцією є також перехід від кількісного підходу до якісного, коли ефективність виробництва досягається не за рахунок збільшення кількості техніки, а завдяки підвищенню її технологічного рівня. У

цьому контексті одна високотехнологічна сівалка дійсно може замінити декілька традиційних агрегатів.

Твердження про те, що одна сівалка може вирішити проблему дефіциту кадрів і ресурсів, є частково обґрунтованим, однак потребує уточнення. З одного боку, підвищення продуктивності техніки дійсно дозволяє скоротити кількість задіяного персоналу і зменшити витрати. З іншого боку, повна заміна людських ресурсів є неможливою, оскільки сучасна техніка потребує обслуговування, налаштування та контролю.

Крім того, економічна ефективність таких рішень залежить від масштабів господарства. Для великих підприємств інвестиції в дороговартісну техніку є виправданими, тоді як для малих і середніх господарств вони можуть бути фінансово недоступними або окуповуватися значно довше. Також варто враховувати ризики, пов’язані з технічними несправностями або залежністю від електронних систем. У разі відмови високотехнологічної техніки може зупинитися значна частина виробничого процесу, що створює додаткові ризики.

Таким чином, твердження про універсальність рішення є дещо спрощеним: сучасна сівалка є ефективним інструментом оптимізації виробництва, але не повністю вирішує проблему дефіциту ресурсів, а лише змінює підхід до їх використання.

Висновок.

Використання сучасних високотехнологічних сівалок є ефективним засобом підвищення продуктивності аграрного виробництва та часткового вирішення проблеми дефіциту кадрів і ресурсів. Вони забезпечують автоматизацію процесів, підвищення точності виконання операцій і оптимізацію витрат. Разом із тим, такі рішення не є універсальними і потребують комплексного підходу, що включає підготовку персоналу, розвиток технічної інфраструктури та економічне обґрунтування їх впровадження. У перспективі саме поєднання сучасної техніки з цифровими технологіями стане основою ефективного та сталого розвитку аграрного сектору.

Список використаних джерел

1. AgroPortal. Як одна сівалка допомагає боротися з дефіцитом кадрів і ресурсів. URL: https://agroportal.ua/agrocheck/special-projects/yak-odna-sivalka-dopomagaye-borotisya-z-deficitom-kadriv-i-resursiv

УДК 631.171

ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА ПРИ ЗБИРАННІ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

Підгорний М.С. магістр, Саржанов Б.О. доцент

Сумський національний аграрний університет

Метою дослідження є оцінка доцільності використання систем точного землеробства під час збирання зернових культур та аналіз їх впливу на ефективність роботи зернозбиральної техніки, втрати врожаю і продуктивність агровиробництва.

Системи точного землеробства є важливим елементом сучасного агровиробництва, оскільки дозволяють підвищити ефективність виконання технологічних операцій на всіх етапах вирощування культур, у тому числі під час збирання врожаю. Для зернових культур цей етап є критично важливим, оскільки саме в процесі збирання формуються основні втрати врожаю, витрати пального та продуктивність використання техніки. Українські дослідники у своїх роботах зазначають, що впровадження елементів точного землеробства під час збирання дозволяє не лише зменшити втрати зерна, а й отримати значний обсяг цифрових даних, необхідних для подальшого управління виробництвом. Одним із ключових елементів систем точного землеробства при збиранні є використання GNSS-навігації та автоматичних систем водіння комбайнів. Дослідження українських науковців показують, що застосування RTK-навігації дозволяє забезпечити високу точність проходів техніки та зменшити перекриття між проходами жатки. У традиційних умовах перекриття можуть досягати 5–10%, що призводить до додаткових витрат пального та збільшення навантаження на техніку. Використання систем автоматичного водіння дозволяє зменшити перекриття до 1–3%, що особливо важливо при роботі широкозахватних зернозбиральних комбайнів. Важливим результатом впровадження СТЗ є зменшення втрат зерна під час збирання. Українські дослідники відзначають, що завдяки стабілізації швидкості руху комбайна, оптимізації траєкторії проходів та автоматичному контролю параметрів роботи втрати зерна можуть знижуватися на 10–20% порівняно з традиційними технологіями. Особливо помітний ефект спостерігається в умовах складної конфігурації полів або при роботі в нічний час, коли вплив людського фактора є найбільш суттєвим.

Окрему увагу в дослідженнях приділено використанню систем картографування врожайності. Сучасні зернозбиральні комбайни, оснащені датчиками врожайності та GNSS-приймачами, дозволяють формувати карти продуктивності поля в режимі реального часу. Українські науковці підкреслюють, що такі карти є важливою основою для подальшого впровадження диференційованого внесення добрив, оптимізації норм висіву та аналізу ефективності агротехнологій. Встановлено, що неоднорідність урожайності в межах одного поля може досягати 20–40%, що підтверджує необхідність адаптивного підходу до управління ресурсами.

Дослідження також показують, що використання СТЗ під час збирання позитивно впливає на економічні показники господарства. Завдяки оптимізації маршрутів руху техніки та скороченню непродуктивних проходів витрати пального можуть знижуватися на 5–12%. Одночасно підвищується продуктивність роботи комбайнів за рахунок більш стабільного завантаження молотильно-сепарувальної системи та зменшення простоїв. Крім того, автоматизація процесів дозволяє знизити навантаження на механізатора і підвищити стабільність виконання технологічних операцій. Разом із тим, українські дослідники відзначають, що ефективність використання систем точного землеробства залежить від рівня технічного оснащення господарства та якості налаштування обладнання. Важливу роль відіграє точність калібрування датчиків врожайності, оскільки помилки у вимірюваннях можуть призводити до формування недостовірних карт урожайності. Крім того, впровадження сучасних цифрових систем потребує підготовки персоналу та додаткових інвестицій, що може бути обмежувальним фактором для невеликих господарств.

Висновок

Таким чином, результати досліджень підтверджують, що використання систем точного землеробства при внесенні рідких добрив забезпечує суттєве підвищення ефективності агровиробництва. Найбільший ефект досягається при комплексному поєднанні RTK-навігації, сенсорних систем та технологій диференційованого внесення, що дозволяє оптимізувати використання ресурсів, підвищити врожайність і зменшити негативний вплив на навколишнє середовище. Впровадження систем точного землеробства під час сівби забезпечує підвищення точності виконання операцій, скорочення витрат ресурсів та покращення показників врожайності. Найбільший ефект досягається при використанні RTK-навігації та диференційованого висіву, що дозволяє адаптувати технологічні процеси до реальних умов поля.

Список використаних джерел

1. A.F. Colaço, R.G. Trevisan, F.H.S. Karp, J.P. Molin, Yield mapping methods for manually harvested crops, Computers and Electronics in Agriculture, Volume 177, 2020, doi.org/10.1016/j.compag.2020.105693

2. Belal, A.A., EL-Ramady, H., Jalhoum, M., Gad, A., Mohamed, E.S. (2021). Precision Farming Technologies to Increase Soil and Crop Productivity. In: Abu-hashim, M., Khebour Allouche, F., Negm, A. (eds) Agro-Environmental Sustainability in MENA Regions. Springer Water. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-78574-1_6

УДК 631.171

ДОЦІЛЬНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ СТЗ ПРИ ПРОВЕДЕННІ СІВБИ

Фуртат О.М. магістр, Саржанов Б.О. доцент

Сумський національний аграрний університет

Метою дослідження є аналіз ефективності впровадження систем точного землеробства під час сівби та оцінка їх впливу на точність виконання технологічних операцій, економію ресурсів і підвищення врожайності.

Системи точного землеробства (СТЗ) є одним із найбільш перспективних напрямів розвитку сучасного агровиробництва, оскільки дозволяють підвищити точність виконання технологічних операцій, оптимізувати використання ресурсів і зменшити вплив людського фактора. Особливо важливим етапом є сівба, адже саме якість висіву визначає рівномірність розвитку рослин, густоту стояння та подальшу врожайність культури. У зв’язку з цим значна кількість досліджень присвячена порівнянню традиційної технології сівби та сівби із застосуванням елементів точного землеробства, зокрема GNSS-навігації, RTK-корекції, систем автоматичного водіння та диференційованого висіву.

Результати досліджень свідчать, що використання навігаційних систем дозволяє суттєво зменшити перекриття та пропуски під час сівби. У традиційних умовах відхилення траєкторії руху агрегату можуть формувати перекриття на рівні 5–15%, що призводить до перевитрат насіння та нерівномірності посіву. Застосування GPS-навігації дозволяє знизити цей показник до 3–5%, тоді як RTK-системи забезпечують точність проходу на рівні ±2–3 см і практично усувають перекриття. Це створює передумови для більш рівномірного розподілу рослин на площі поля та стабілізації умов їх розвитку.

Польові дослідження, представлені у працях із точного землеробства, підтверджують, що впровадження автоматизованих систем водіння та контролю висіву забезпечує підвищення рівномірності розміщення насіння на 10–20% порівняно з традиційними технологіями. Особливо помітний ефект спостерігається при вирощуванні просапних культур, де точність дотримання міжряддя безпосередньо впливає на рівень конкуренції між рослинами. Водночас зменшення перекриттів дозволяє скоротити витрати насіння на 5–10%, що має суттєве економічне значення в умовах високої вартості посівного матеріалу.

Важливим напрямом є використання диференційованого висіву, який базується на врахуванні просторової неоднорідності поля. Дослідження показують, що адаптація норми висіву до потенціалу окремих ділянок дозволяє підвищити врожайність на 5–15% залежно від культури та умов вирощування. Найбільший ефект досягається на полях із вираженою неоднорідністю ґрунтових характеристик, де традиційний рівномірний висів не забезпечує оптимального використання ресурсів.

Крім агрономічного ефекту, впровадження СТЗ під час сівби має суттєве економічне значення. Завдяки автоматизації процесів і зменшенню впливу

людського фактора підвищується продуктивність праці та знижується навантаження на механізатора. Дослідження також показують скорочення витрат пального на 5–12% унаслідок оптимізації маршрутів руху техніки та зменшення непродуктивних проходів. Одночасно підвищується стабільність виконання операцій, особливо в умовах роботи в нічний час або за обмеженої видимості.

Разом із тим, ефективність впровадження СТЗ залежить від ряду факторів, серед яких точність навігаційного сигналу, рівень технічного оснащення господарства та правильність налаштування обладнання. Важливу роль відіграє також кваліфікація персоналу, оскільки складні цифрові системи потребують належного технічного обслуговування та аналізу даних. Незважаючи на це, результати більшості досліджень підтверджують, що використання систем точного землеробства під час сівби забезпечує як економічний, так і агрономічний ефект, що робить їх одним із ключових елементів сучасного високотехнологічного агровиробництва.

Висновок

Впровадження систем точного землеробства під час сівби забезпечує підвищення точності виконання операцій, скорочення витрат ресурсів та покращення показників врожайності. Найбільший ефект досягається при використанні RTK-навігації та диференційованого висіву, що дозволяє адаптувати технологічні процеси до реальних умов поля.

Список використаних джерел

1. Tom, C. N., Edet, J. A., Erokare, T. E., Umunna, M. F., Igbozulike, A. O.; Udenze, N. F "Precision Agriculture for Maximizing Crop Production" Iconic Research And Engineering Journals Volume 8 Issue 2 2024 Page 384-392

2. Radočaj, D.; Plaščak, I.; Heffer, G.; Jurišić, M. A Low-Cost Global Navigation Satellite System Positioning Accuracy Assessment Method for Agricultural Machinery. Appl. Sci. 2022, 12, 693. https://doi.org/10.3390/app12020693

УДК 631.171

ЕФЕКТИВНІСТЬ RTK-НАВІГАЦІЇ В СИСТЕМАХ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

Бурлака О.О. магістр, Саржанов Б.О. доцент

Сумський національний аграрний університет

Метою є узагальнення ролі RTK-навігації в системах точного землеробства та оцінка її впливу на ефективність і точність агротехнологічних операцій.

RTK-навігація є однією з ключових технологій сучасного точного землеробства, що забезпечує високоточне позиціонування сільськогосподарської техніки. Її використання дозволяє досягати сантиметрової точності визначення координат, що створює передумови для виконання

високоточних польових операцій, таких як посів, обробіток ґрунту та внесення ресурсів. Основною перевагою RTK-технології є значне підвищення точності руху техніки, що дозволяє мінімізувати перекриття та пропуски під час виконання робіт. Це безпосередньо впливає на зменшення витрат матеріальних ресурсів, зокрема насіння, добрив і засобів захисту рослин. Водночас підвищується якість виконання агротехнологічних операцій і рівномірність розвитку культур.

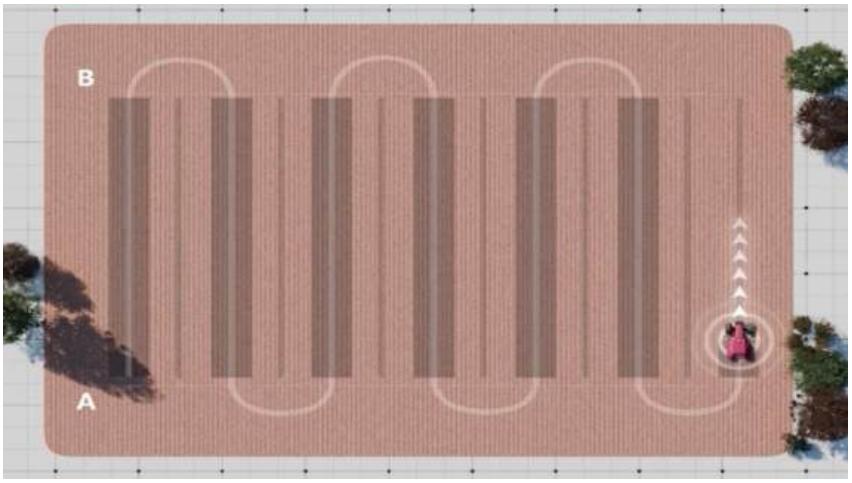


Рис. 1. Рух по навігації

Використання RTK-навігації сприяє автоматизації процесів управління технікою, зокрема реалізації систем автопілоту. Це дозволяє знизити вплив людського фактора, підвищити продуктивність праці та забезпечити стабільність виконання робіт незалежно від умов експлуатації. У результаті оператор виконує функції контролю, а не безпосереднього керування машиною. Інтеграція RTK-систем із цифровими платформами управління господарством забезпечує можливість збору, обробки та аналізу даних у режимі реального часу. Це створює основу для прийняття обґрунтованих управлінських рішень і переходу до моделі управління на основі даних. Крім того, такі системи можуть використовуватися для створення карт-завдань і реалізації диференційованого внесення ресурсів.

Важливим напрямом застосування RTK-навігації є підтримка автономної техніки, зокрема безпілотних тракторів. Висока точність позиціонування є критично необхідною умовою для функціонування таких систем, оскільки вона забезпечує правильне виконання маршрутів і взаємодію між машинами. Разом із тим, використання RTK-навігації має певні обмеження. До них належать необхідність початкових інвестицій у обладнання та інфраструктуру, залежність від стабільності сигналу корекції та вимоги до якості зв’язку. У разі втрати сигналу точність позиціонування може суттєво знижуватися, що впливає на ефективність виконання операцій.

Економічна доцільність впровадження RTK-систем визначається масштабами господарства та інтенсивністю виробництва. Найбільший ефект досягається у великих аграрних підприємствах, де забезпечується високе завантаження техніки та швидка окупність інвестицій.

Перспективи розвитку RTK-навігації пов’язані з удосконаленням мереж корекції, підвищенням стабільності сигналу та інтеграцією з іншими технологіями, зокрема штучним інтелектом і системами дистанційного моніторингу. Це сприятиме подальшому підвищенню точності та надійності роботи аграрної техніки.

Висновок.

RTK-навігація є ключовим елементом сучасного точного землеробства, що забезпечує високу точність виконання агротехнологічних операцій і сприяє автоматизації виробничих процесів. Її використання дозволяє оптимізувати витрати ресурсів, підвищити продуктивність і створити основу для впровадження автономної техніки.

Подальший розвиток RTK-технологій пов’язаний із підвищенням доступності, стабільності роботи та інтеграцією з цифровими системами управління, що сприятиме переходу до високотехнологічного аграрного виробництва.

Список використаних джерел

1. CHCNAV. RTK Precision Agriculture: Enhancing Efficiency and Accuracy. URL: https://www.chcnav.com/about/news/2025/rtk-precision-agriculture

УДК 631.171

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ СДЗЗ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

Дудник О.Ю. магістр, Саржанов Б.О. доцент

Сумський національний аграрний університет

Метою є оцінка можливостей використання супутникового дистанційного зондування Землі для прогнозування врожайності сільськогосподарських культур та визначення рівня достовірності отриманих результатів.

Супутникове прогнозування врожайності базується на використанні вегетаційних індексів, зокрема NDVI, значення якого змінюється в межах від 0 до 1 і відображає стан рослинного покриву. У дослідженні, встановлено, що для сільськогосподарських культур значення NDVI в період активної вегетації зазвичай знаходяться в межах 0,6–0,85, що відповідає добре розвиненим посівам. У результаті аналізу супутникових даних і порівняння їх із фактичними показниками врожайності встановлено наявність кореляційної залежності між NDVI та врожайністю. Коефіцієнт кореляції в дослідженні знаходиться на рівні $r \approx 0,7–0,9$, що свідчить про високий ступінь зв’язку між спектральними характеристиками посівів і їх продуктивністю. Отримані результати показують, що при зростанні NDVI з 0,55–0,60 до 0,75–0,80 врожайність культур може зростати на 20–40%, залежно від культури та умов вирощування. При цьому найбільш інформативним є період інтенсивного росту рослин, коли відмінності між ділянками поля досягають максимуму.

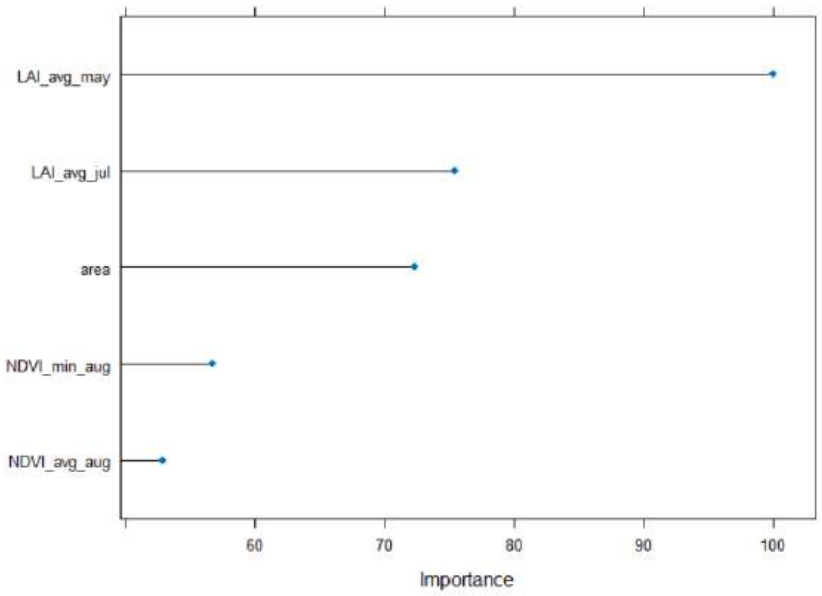


Рис.1. Графік важливості ознак для прогнозування посівів соняшнику (avg – середнє; may – травень; jul – липень; aug – серпень; min – мінімум)

Точність прогнозування врожайності на основі супутникових даних у дослідженні оцінюється на рівні 70–85%, що дозволяє використовувати цей метод для практичних задач управління агровиробництвом. При цьому середня похибка прогнозу може становити 10–20%, що залежить від якості вихідних даних і умов проведення аналізу. Дослідження також підтверджує можливість використання супутникових даних для зонування полів. Відмінності NDVI між ділянками можуть досягати 0,1–0,2 одиниці, що відповідає суттєвим відмінностям у продуктивності. Це дозволяє формувати карти врожайності та застосовувати диференційоване управління ресурсами. Разом із тим встановлено, що точність прогнозування значно знижується на ранніх стадіях розвитку культур, коли NDVI знаходиться в межах 0,2–0,4. У цей період рослинний покрив ще недостатньо сформований, що ускладнює інтерпретацію даних.

Отримані значення коефіцієнта кореляції ($r \approx 0,7–0,9$) свідчать про високу ефективність супутникового прогнозування, однак вони не означають повної точності методу. Похибка на рівні 10–20% є суттєвою, особливо при плануванні економічних показників. Крім того, значення NDVI можуть бути впливовими не лише врожайністю, а й іншими факторами, такими як вологість ґрунту, густота посівів або наявність стресових умов. Це означає, що однакові значення індексу не завжди гарантують однакову врожайність.

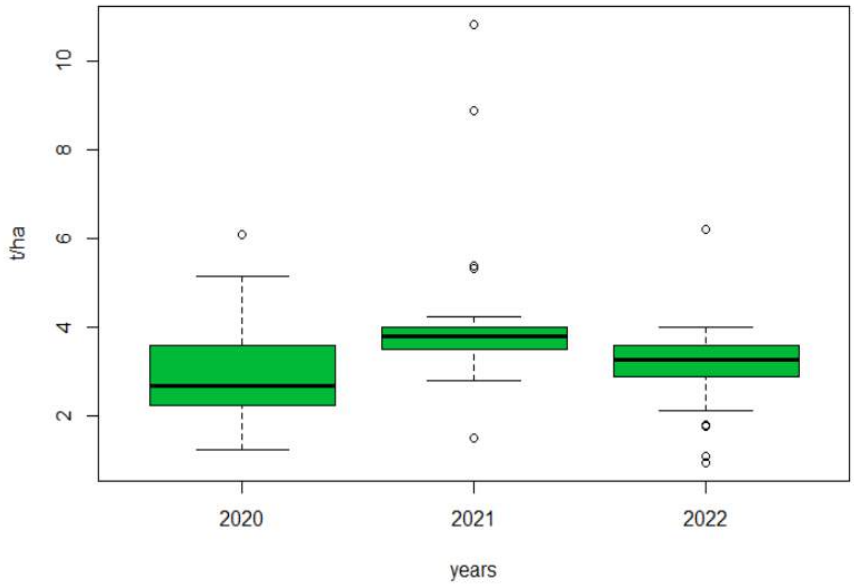


Рис. 2. Розподіл фактичних даних про врожайність соняшнику за роками

Таким чином, супутникове прогнозування є ефективним інструментом оцінки стану посівів, але потребує доповнення наземними вимірюваннями для підвищення точності результатів.

Висновок.

Результати дослідження підтверджують, що супутникові дані дозволяють прогнозувати врожайність із точністю до 70–85%, а використання NDVI як основного показника забезпечує надійний зв'язок із продуктивністю культур. Водночас наявність похибки на рівні 10–20% вказує на необхідність комплексного підходу до аналізу.

Супутникове зондування є ефективним інструментом для оперативного моніторингу і прогнозування, проте його максимальна ефективність досягається при поєднанні з іншими джерелами даних.

Список використаних джерел

1. Ukrainian Journal of Remote Sensing. Прогнозування врожайності сільськогосподарських культур за даними дистанційного зондування Землі. URL: https://ujrs.org.ua/ujrs/article/view/275/282

УДК 631.171

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА ПРИ ВНЕСЕННІ РІДКИХ ДОБРИВ

Івченко М.С. магістр, Саржанов Б.О. доцент

Сумський національний аграрний університет

Метою дослідження є аналіз ефективності використання систем точного землеробства під час внесення рідких добрив та оцінка їх впливу на точність технологічних операцій, економію ресурсів і підвищення продуктивності агровиробництва.

Сучасне сільське господарство характеризується переходом до високотехнологічних методів управління виробничими процесами, серед яких важливе місце займають системи точного землеробства. Особливої актуальності набуває їх використання під час внесення рідких добрив, оскільки ефективність цього процесу безпосередньо впливає на рівень забезпечення рослин поживними речовинами, врожайність культур та економічні показники господарства. Традиційне рівномірне внесення добрив часто не враховує просторову неоднорідність поля, що призводить до перевитрат ресурсів у малопродуктивних зонах та недостатнього забезпечення рослин у ділянках із високим потенціалом урожайності. Впровадження систем точного землеробства при внесенні рідких добрив базується на використанні GNSS-навігації, RTK-корекції, автоматичного керування технікою, секційного контролю та систем диференційованого внесення. Застосування RTK-навігації дозволяє забезпечити точність проходу техніки на рівні ±2–3 см, що практично усуває перекриття та пропуски під час обробки поля. У традиційних умовах перекриття можуть досягати 10–15%, що призводить до перевитрат рідких добрив і нерівномірного живлення культур. Використання автоматизованих систем водіння дозволяє скоротити цей показник до 1–3%, що суттєво підвищує ефективність використання ресурсів.

Результати польових досліджень свідчать, що застосування систем диференційованого внесення рідких добрив дозволяє зменшити їх витрати в середньому на 10–25% без зниження врожайності. Найбільший ефект спостерігається на полях із вираженою неоднорідністю ґрунтових характеристик, де різні ділянки мають неоднакову потребу в елементах живлення. Використання карт врожайності, даних супутникового моніторингу та сенсорних систем дає можливість формувати карти-завдання і адаптувати норму внесення до фактичного стану посівів. Важливим напрямом є інтеграція сенсорних систем із технологіями внесення добрив у режимі реального часу. Такі системи дозволяють оцінювати стан рослин за спектральними показниками та автоматично змінювати норму подачі добрив залежно від рівня розвитку культури. Дослідження показують, що використання сенсорних технологій забезпечує підвищення ефективності використання азоту та сприяє більш рівномірному розвитку рослинного покриву. Крім того, зменшується ризик

локального перенасичення ґрунту поживними речовинами, що має важливе екологічне значення.

Економічна ефективність використання систем точного землеробства при внесенні рідких добрив проявляється не лише у зменшенні витрат ресурсів, але й у скороченні витрат пального та підвищенні продуктивності праці. Завдяки оптимізації маршрутів руху техніки та зменшенню непродуктивних проходів витрати пального можуть скорочуватися на 5–12%. Одночасно знижується навантаження на механізатора та підвищується стабільність виконання технологічних операцій, особливо в умовах роботи у нічний час або при обмеженій видимості. Разом із тим, ефективність впровадження систем точного землеробства залежить від якості навігаційного сигналу, точності калібрування обладнання та рівня підготовки персоналу. Значним фактором є також висока вартість сучасних технологічних рішень, що може обмежувати їх використання в невеликих господарствах. Крім того, ефективне функціонування систем диференційованого внесення потребує наявності достовірних даних про стан поля та регулярного оновлення картографічної інформації.

Висновок

Таким чином, результати досліджень підтверджують, що використання систем точного землеробства при внесенні рідких добрив забезпечує суттєве підвищення ефективності агровиробництва. Найбільший ефект досягається при комплексному поєднанні RTK-навігації, сенсорних систем та технологій диференційованого внесення, що дозволяє оптимізувати використання ресурсів, підвищити врожайність і зменшити негативний вплив на навколишнє середовище.

Впровадження систем точного землеробства під час сівби забезпечує підвищення точності виконання операцій, скорочення витрат ресурсів та покращення показників врожайності. Найбільший ефект досягається при використанні RTK-навігації та диференційованого висіву, що дозволяє адаптувати технологічні процеси до реальних умов поля.

Список використаних джерел

1. Tsitouras, A.; Noulas, C.; Liakos, V.; Stamatiadis, S.; Tziouvalekas, M.; Qin, R.; Evangelou, E. Variable-Rate Nitrogen Application in Wheat Based on UAV-Derived Fertilizer Maps and Precision Agriculture Technologies. Agronomy 2025, 15, 1714. **https://doi.org/10.3390/agronomy15071714**

2. Hagn, L.; Mittermayer, M.; Kern, A.; Kimmelmann, S.; Maidl, F.-X.; Hülsbergen, K.-J. Effects of Sensor-Based, Site-Specific Nitrogen Fertilizer Application on Crop Yield, Nitrogen Balance, and Nitrogen Efficiency. Sensors 2025, 25, 795. https://doi.org/10.3390/s25030795

УДК 631.37

АПРОБАЦІЯ МАТЕМАТИЧНОГО ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ ШИНИ З ОПОРНОЮ ПОВЕРХНЕЮ

Лім І. Р. аспірант, Дудка О. Б. аспірант, Кожушко А. П. д.т.н., проф.

Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»

Метою дослідження є порівняння результатів визначення площі контактної плями шин при взаємодії з опорною поверхнею, розрахованих за математичними моделями з еліптичною та супереліптичною формами контактної області, побудованими на основі емпіричних залежностей, з експериментальними даними.

Характер протікання взаємодії колісного рушія мобільних машин із ґрунтовим середовищем значною мірою залежить від властивостей опорної поверхні, параметрів шини та режимів навантаження. Неоднорідність ґрунту й зміна експлуатаційних умов суттєво впливають на реалізацію тягово-зчіпних властивостей машин, що може призводити до зниження ефективності їх роботи та втрат тягового зусилля. Одним із ключових параметрів, який визначає ефективність взаємодії колеса з опорною поверхнею, є площа контактної плями шини. Сучасні методи її прогнозування базуються на застосуванні нечіткої логіки, нейронних мереж, регресійних моделей і технологій 3D-сканування. Проте використання таких підходів часто пов’язане зі значними часовими та обчислювальними витратами.

Процес взаємодії пневматичної шини з деформованим ґрунтом (Рис. 1) під час виконання енергоємних робіт супроводжується значними радіальними деформаціями шини, які визначаються її жорсткісними характеристиками та внутрішнім тиском. За основу прийнято математичну модель [1], у якій пляма контакту описується еліптичною формою контактної області, а внутрішній тиск у шині вважається сталим. Перевагою моделі є простота реалізації, однак вона недостатньо точно описує реальні умови експлуатації. Модель [1] враховує індекс швидкості машини, норми шаруватості n_c та контурне площину контакту шини, що дає змогу точніше ідентифікувати характеристики тракторних шин. Пляма контакту шини описується формою еліпса:

$$F_k = \frac{\pi}{4} \cdot a_k \cdot b_k \qquad (1)$$

де a_k, b_k – довжина та ширина плями контакту шини [1], м

$$a_k = \frac{20.5}{11.9+\left|\frac{D}{b}-\frac{|n_c-9|}{2}-3\right|}\sqrt{D \cdot f_{\text{ш}} - f_{\text{ш}}^2} \qquad (2)$$

$$b_k = \sqrt{\frac{2\left(b+\left(0.5(D-0.0254\cdot D_m)\right)\right)}{2.5} \cdot f_{\text{ш}} - f_{\text{ш}}^2} \qquad (3)$$

де D – зовнішній діаметр, м;

b – ширина профілю шини, м;

$f_{\text{ш}}$ – радіальна деформація шини, м;

D_{m} – номінальний посадковий діаметр обода, дюйм.



Рис. 1. Процес взаємодії шини з ґрунтом

Як модернізація існуючих підходів з визначення площі плями контакту шини з опорною поверхнею аспірантом Лімом І.Р. запропоновано враховувати величину глибини колії, яка впливає на довжину плями контакту та, відповідно, на тягово-енергетичні показники мобільної машини. Зважаючи на це, формула (2) прийме наступний вигляд

$$a_k = \sqrt{D \cdot (h + f_{\text{ш}}) - (h + f_{\text{ш}})^2} + \sqrt{D \cdot f_{\text{ш}} - f_{\text{ш}}^2} \quad (4)$$

де h – глибина колії, м.

Відзначимо, що формула (4) реалізується разом з формулами (1, 3). В свою чергу, аспірант Дудка О.Б. запропонував вирішувати задачу взаємодії колісного рушія з опорною поверхнею представляючи пляму контакту, що описується не еліптичною формою, а супереліптичною, тобто формула (1) повинна прийняти наступний вигляд

$$F_k = b_k \cdot \int_0^{a_k} \left(1 - \left(\frac{x}{a_k}\right)^n\right)^{1/n} dx \quad (5)$$

де n – показник степеня супереліпса. При моделюванні приймемо n = 3.2.

Зважаючи на це, інший підхід до обчислення площі плями контакту ґрунтується на формулах (3 – 5). Порівняльний аналіз результатів математичного моделювання та експериментальних даних, проведених на базі Університет Менделя в Брно (Чехія) [2], показав, що найбільшу точність відтворення площі плями контакту забезпечує модель, що складається з формул (1, 3, 4), середня похибка якої для передньої шини склала 8,5% від експериментальних даних, а для задньої – 8,4%. Показано, що модель, заснована на описі плями контакту шини у формі обмеженої супереліпсом замість форми контакту обмеженої еліпсом, характеризуються значною похибкою порівняно з експериментальними даними, проте можуть бути ефективними при аналізі дослідження взаємодії колісного рушія зі зниженим тиском. Модель, що складається з формул (3 – 5), демонструє задовільну точність для передніх шин (похибка до 9,8%) і високий

рівень точності для задніх шин у окремих режимах (до 1,4%) при зниженому тиску.

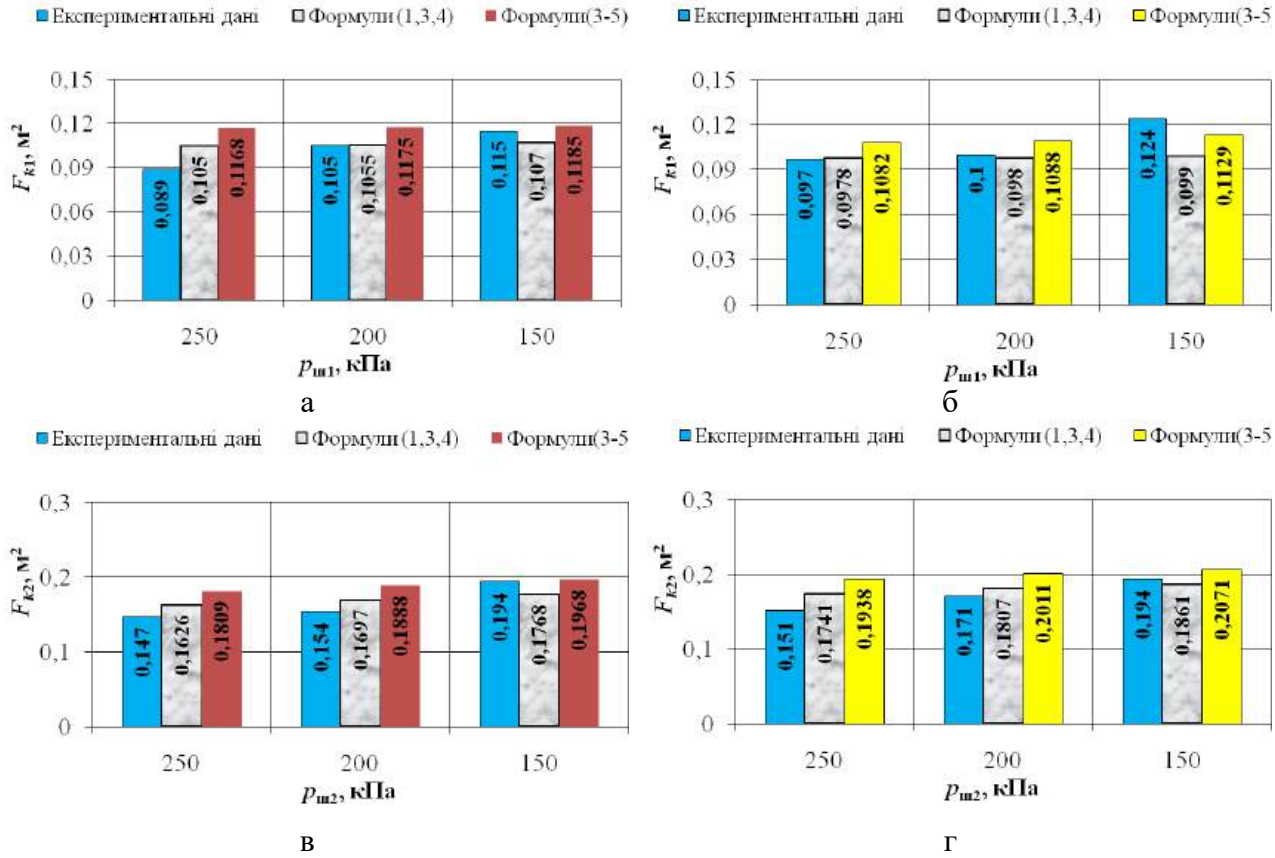


Рис. 2. Порівняння експериментально визначених та розрахункових площ плями контакту шин Nokian:

а – передньої 380/85 R28 (при G_{k1} = 15845 кг); б – передньої 380/85 R28 (при G_{k1} = 13685 кг); в – задньої 460/85 R38 (при G_{k2} = 19375 кг); г – в – задньої 460/85 R38 (при G_{k2} = 21582 кг)

Висновок.

Результати дослідження підтверджують ефективність застосування емпіричних підходів для моделювання процесу взаємодії шин з опорною поверхнею. Разом із тим встановлено потребу в подальшому розвитку таких моделей шляхом уточнення окремих параметрів, зокрема показник степеня супереліпса. Удосконалення зазначених залежностей сприятиме підвищенню достовірності прогнозування параметрів контактної взаємодії та покращенню точності математичного моделювання руху мобільних машин.

Список використаних джерел

1. Ребров О. Ю., Малько М. М., Реброва А. О., Якунін М. Є. Методика визначення раціональних типорозмірів шин для комплектування колісних сільськогосподарських тракторів. *Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Сер. : Автомобіле- та тракторобудування* : зб. наук. пр. Харків : НТУ "ХПІ", 2023. № 1. С. 117-125. DOI: 10.20998/2078-6840.2023.1.14.

2. Marušiak M, Zemánek T, Neruda J, Nevrkla P. Calculation and operational assessment of tyre contact areas in the tractor-and-trailer unit. Journal of Forest Science. 2024. Vol.70(3). P.144-159. DOI: 10.17221/109/2023-JFS.

УДК 631.171

ОГЛЯД ПІДХОДІВ ДО ВПРОВАДЖЕННЯ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

Івченко М.С. магістр, Саржанов Б.О. доцент

Сумський національний аграрний університет

Метою роботи є аналіз сучасних підходів до впровадження інноваційних технологій у сільському господарстві та оцінка їх впливу на ефективність виробничих процесів. Особлива увага приділяється ролі цифровізації, автоматизації та інтелектуальних систем у підвищенні продуктивності агросектору.

У сучасних умовах розвитку аграрного сектору ключовим напрямом є інтеграція цифрових технологій у виробничі процеси, що формує концепцію розумного або точного землеробства. У дослідженні розглядаються підходи до використання інноваційних рішень, серед яких важливе місце займають системи дистанційного зондування Землі, сенсорні технології, автоматизовані машини та програмні платформи для аналізу даних. Впровадження таких технологій дозволяє перейти від традиційних методів господарювання до більш точного, адаптивного та економічно ефективного управління агровиробництвом.

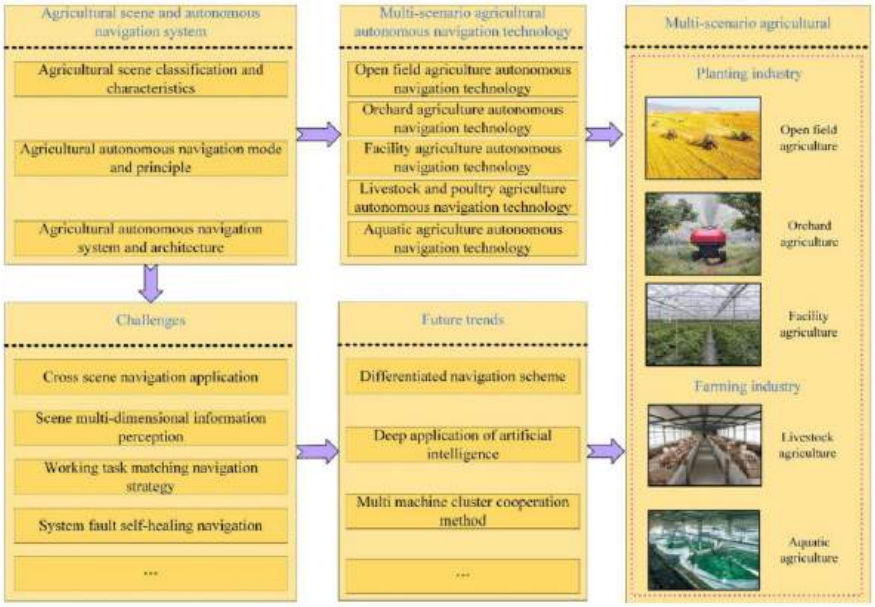


Рис. 1. Оглядова структура з використанням систем точного землеробства

Особливу роль у дослідженні відіграє аналіз використання великих даних (Big Data) та алгоритмів штучного інтелекту, які забезпечують обробку значних обсягів інформації про стан ґрунтів, рослин і кліматичних умов. Завдяки цьому аграрії отримують можливість прогнозувати врожайність, оптимізувати строки виконання технологічних операцій і приймати обґрунтовані управлінські

рішення. Використання таких підходів дозволяє мінімізувати ризики, пов’язані з погодними умовами та неоднорідністю полів.

У роботі також розглядається застосування безпілотних літальних апаратів (дронів) та супутникового моніторингу, що забезпечують оперативне отримання інформації про стан посівів. Це дає змогу виявляти проблемні ділянки на ранніх стадіях і своєчасно реагувати на них, знижуючи втрати врожаю. Крім того, значна увага приділяється технологіям диференційованого внесення ресурсів, які дозволяють оптимізувати використання добрив і засобів захисту рослин, зменшуючи витрати та негативний вплив на довкілля.

Одним із ключових аспектів є автоматизація технічних процесів, включаючи використання автономної техніки та систем точного позиціонування. Такі рішення сприяють підвищенню точності виконання польових робіт, зменшенню перекриттів і пропусків, а також зниженню впливу людського фактора. У поєднанні з цифровими платформами управління це формує єдину інформаційну систему господарства, яка забезпечує контроль і оптимізацію всіх етапів виробництва.

Дослідження також акцентує увагу на економічній ефективності впровадження інноваційних технологій. Зменшення витрат на ресурси, підвищення врожайності та оптимізація використання техніки сприяють швидкій окупності інвестицій. Водночас зазначається, що ефективність впровадження залежить від рівня підготовки персоналу, доступності технологій і адаптації рішень до конкретних умов господарства.

У підсумку підкреслюється, що цифрова трансформація аграрного сектору є комплексним процесом, який охоплює не лише технічні аспекти, а й організаційні та економічні зміни. Вона сприяє формуванню нового типу агровиробництва, орієнтованого на точність, ефективність і сталий розвиток.

Висновок.

Отже, впровадження інноваційних технологій у сільському господарстві є ключовим фактором підвищення ефективності та конкурентоспроможності аграрного виробництва. Використання цифрових інструментів, автоматизації та аналітичних систем дозволяє оптимізувати виробничі процеси, зменшити витрати та підвищити врожайність.

Подальший розвиток аграрного сектору пов’язаний із поглибленням цифровізації, інтеграцією технологій і підвищенням рівня їх доступності, що сприятиме переходу до більш сталого та інноваційного землеробства.

Список використаних джерел

1. MDPI. Agronomy. Article 15(6):1471. 2025.
2. Agronomy (MDPI). “Digital and Precision Agriculture Technologies and Their Impact on Crop Production” (умовна назва за змістом).
3. Zhang, Y., et al. (2025). Applications of Artificial Intelligence in Precision Agriculture. Agronomy.
4. Li, X., et al. (2024). Remote Sensing and Smart Farming Systems. Agronomy.

УДК 631.171

ОГЛЯД РОЗВИТКУ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

Дудник О.Ю. магістр, Саржанов Б.О. доцент

Сумський національний аграрний університет

Мета статті полягає в аналізі розвитку технологій точного землеробства в Україні за останні роки та оцінці їх впливу на ефективність агровиробництва. Особлива увага приділяється ключовим інноваціям і тенденціям цифровізації аграрного сектору.

За останні п’ять років точне землеробство в Україні пройшло етап від поодинокого використання окремих технологій до комплексної цифрової трансформації агровиробництва. У матеріалі розглядається впровадження систем супутникової навігації (GPS/RTK), автоматичного водіння техніки, диференційованого внесення добрив і засобів захисту рослин, а також використання безпілотників, сенсорів і цифрових платформ для збору та аналізу даних. Значну увагу приділено інтеграції цих технологій у єдині системи управління господарством, що дозволяє отримувати точну інформацію про стан ґрунтів, посівів і технічних процесів у режимі реального часу.

Описується перехід від традиційного підходу, де рішення приймались на основі досвіду агронома, до data-driven моделі, коли управління базується на аналітиці великих масивів даних. Важливу роль у цьому відіграють ГІС-технології, супутниковий моніторинг, карти врожайності та зонування полів, що дають змогу оптимізувати витрати ресурсів і підвищити точність виконання польових робіт. Також розглядається розвиток телеметрії техніки, яка дозволяє контролювати витрати пального, продуктивність агрегатів і дотримання технологічних операцій.

У результаті впровадження цих рішень аграрні підприємства отримали суттєві зміни в ефективності виробництва. Зменшилися перекриття та пропуски під час обробітку полів, що дозволило скоротити витрати на насіння, добрива та ЗЗР. Підвищилась точність посіву і внесення ресурсів, що безпосередньо вплинуло на врожайність і рівномірність розвитку культур. Окрім цього, автоматизація процесів знизила вплив людського фактора, підвищила продуктивність праці та дала можливість більш ефективно використовувати технічний парк.

Окремо відзначається економічний ефект: зменшення витрат і підвищення врожайності формують швидку окупність інвестицій у технології точного землеробства. Водночас підкреслюється, що розвиток цих рішень в Україні супроводжується адаптацією до локальних умов — кліматичних, економічних і технологічних. Загалом, впровадження інновацій стало ключовим фактором підвищення конкурентоспроможності аграрного сектору та переходу до більш сталого й ефективного виробництва.

Висновок.

Отже, розвиток технологій точного землеробства в Україні за останні роки суттєво трансформував підходи до ведення агробізнесу, перевівши його на рівень цифрового та аналітично обґрунтованого управління. Впровадження сучасних інструментів дозволило підвищити ефективність використання ресурсів, зменшити витрати та покращити виробничі показники.

У перспективі подальше поширення цифрових технологій, інтеграція систем і накопичення даних стануть ключовими факторами сталого розвитку аграрного сектору та підвищення його конкурентоспроможності як на внутрішньому, так і на міжнародному рівнях.

Список використаних джерел

1. Точне землеробство в Україні — еволюція технологій за останні 5 років. https://www.navifarm.tech/blog/tochne-zemlerobstvo-v-ukrayini-evolyucziya-tehnologij-za-ostanni-5-rokiv/

УДК 631.171

ПЕРСПЕКТИВИ АВТОНОМНИХ ТРАКТОРІВ І САМОХІДНИХ МАШИН

Бурлака О.О. магістр, Саржанов Б.О. доцент

Сумський національний аграрний університет

Метою роботи є аналіз сучасного стану розвитку автономних тракторів та оцінка їх ролі у трансформації сільськогосподарського виробництва. Особлива увага приділяється технологічним рішенням, що забезпечують автоматизацію польових робіт.

Автономні трактори є логічним етапом еволюції сільськогосподарської техніки, що формується на базі систем точного землеробства, автоматичного водіння та цифровізації виробничих процесів. Їх поява зумовлена необхідністю підвищення ефективності використання ресурсів, зниження залежності від людського фактора та забезпечення стабільності виконання агротехнологічних операцій. Ключовою ознакою автономних тракторів є здатність виконувати польові роботи без безпосередньої участі оператора. Це досягається завдяки інтеграції систем глобального позиціонування (GPS/RTK), сенсорних технологій, алгоритмів обробки даних та програмного забезпечення для планування і контролю руху. У результаті формується роботизована система, яка здатна діяти відповідно до заданих параметрів із високим рівнем точності.

Сучасний етап розвитку автономних тракторів характеризується переходом від автоматизованих систем до частково автономних рішень. Більшість наявних технологій забезпечують автономну роботу техніки в межах окремих операцій, однак потребують участі оператора на етапах налаштування, контролю або реагування на нестандартні ситуації. Таким чином, автономність реалізується поступово і має поетапний характер. Важливим фактором є трансформація ролі людини у виробничому процесі. Оператор перестає

виконувати функцію безпосереднього керування технікою і переходить до ролі координатора, який контролює виконання робіт і взаємодію між машинами. Це створює передумови для підвищення продуктивності праці, оскільки один фахівець може обслуговувати декілька одиниць техніки одночасно. Технологічна основа автономних тракторів включає комплекс взаємопов'язаних компонентів. Системи точного позиціонування забезпечують визначення координат з високою точністю, що є критично важливим для виконання польових операцій. Сенсорні системи (камери, радари, лідари) дозволяють виявляти перешкоди та аналізувати навколишнє середовище. Програмне забезпечення здійснює обробку отриманих даних та формує керуючі сигнали, забезпечуючи адаптивність і гнучкість роботи техніки.

Окремим напрямом розвитку є інтеграція автономних тракторів у цифрові платформи управління господарством. Це дозволяє здійснювати моніторинг роботи техніки в режимі реального часу, аналізувати ефективність виконання операцій і оптимізувати використання ресурсів. У результаті формується єдина інформаційна система, яка забезпечує комплексне управління виробничими процесами. Суттєвою тенденцією є зміна концепції використання техніки. Замість одного потужного трактора розглядається застосування декількох компактних автономних машин, які працюють паралельно. Такий підхід дозволяє зменшити ущільнення ґрунту, підвищити точність виконання операцій і забезпечити більшу гнучкість у плануванні робіт. Крім того, він підвищує надійність виробничого процесу за рахунок зниження ризику повної зупинки робіт. Разом із тим, впровадження автономних тракторів супроводжується рядом обмежень. До основних належать висока вартість обладнання, необхідність створення відповідної інфраструктури та складність інтеграції з існуючими технологічними процесами. Значну роль відіграють також вимоги до якості навігаційного сигналу та стабільності зв'язку, без яких повноцінна автономна робота є неможливою. Економічна доцільність використання автономних тракторів залежить від масштабу господарства та інтенсивності виробництва. Найбільш ефективними такі рішення є для великих аграрних підприємств, де існує можливість забезпечити високе завантаження техніки та швидку окупність інвестицій. Для малих господарств впровадження автономних технологій поки що обмежене через високі початкові витрати. Перспективи розвитку автономних тракторів пов'язані з удосконаленням алгоритмів штучного інтелекту, підвищенням точності навігаційних систем та зниженням вартості технологій. Очікується, що подальший розвиток відбуватиметься шляхом поступового переходу від напівавтономних систем до повністю автономних комплексів, здатних виконувати повний цикл польових робіт без участі людини.

Узагальнення матеріалів галузевих джерел свідчить, що автономні трактори вже знаходяться на стадії активного впровадження, проте їх масове використання є питанням найближчого майбутнього. Темпи цього процесу визначатимуться економічними умовами, розвитком інфраструктури та рівнем готовності аграрних підприємств до цифрової трансформації.

Висновок.

Автономні трактори є перспективним напрямом розвитку аграрної техніки, що забезпечує підвищення ефективності виробництва та оптимізацію використання ресурсів. Їх впровадження сприяє автоматизації технологічних процесів і зміні ролі людини в аграрному секторі. Подальший розвиток цієї технології пов'язаний із розширенням функціональних можливостей автономних систем, зниженням їх вартості та інтеграцією в цифрові платформи управління, що в перспективі забезпечить перехід до повністю роботизованого сільського господарства.

Список використаних **джерел**

1. AgroTimes. Без пілота: як автономна техніка змінює агровиробництво. URL: https://agrotimes.ua/article/bez-pilota/
2. iFarming. У пошуках автономного трактора: сучасний стан і перспективи розвитку. URL: https://ifarming.ua/resursi/u-poshukah-avtonomnogo-traktora
3. Traktorist.ua. Безпілотні трактори: коли вихід у поле стане реальністю. URL: https://traktorist.ua/articles/Bezplotn-traktori-Koli-vihd-v-pole

УДК: 631.171:004.94

ВПЛИВ ФОРМИ ТА РОЗМІРІВ ПОЛЯ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗОВАНОГО КЕРУВАННЯ ПОСІВОМ

Соколік С.П., старший викладач

Сумський національний аграрний університет

Розглядаються особливості впливу геометричних параметрів поля (форма, площа, довжина гону, ступінь витягнутості та фрагментації) на ефективність роботи систем автоматичного керування посівними агрегатами в умовах точного землеробства. Показано, що конфігурація поля є одним із ключових факторів, який визначає продуктивність агрегату, рівень перекриттів, втрати на розворотах та точність дотримання заданої технології висіву..

У сучасних системах точного землеробства автоматичне керування посівом базується на використанні GNSS-навігації, автопілотів, RTK-корекції та електронно-керованих висівних апаратів. Однак ефективність цих систем суттєво залежить від просторової організації поля. Поля правильної прямокутної форми з великою довжиною гону забезпечують мінімальну кількість розворотів агрегату, що дозволяє зменшити непродуктивний час роботи та витрати пального, а також підвищити рівномірність висіву.

Натомість поля складної конфігурації (вузькі, клиноподібні, з великою кількістю поворотів та перешкод) створюють додаткові виклики для алгоритмів автоматичного керування. У таких умовах зростає частота коригувань траєкторії руху, збільшується похибка перекриття або пропусків, а також підвищується навантаження на виконавчі механізми сівалки. Особливо це проявляється при

роботі на малих ділянках, де частка розворотів може досягати 20–40% від загального часу виконання операції [1].

Ефективність автоматизованих систем також визначається довжиною робочого гону. Дослідження показують, що зі збільшенням довжини поля з 200 до 800–1000 м продуктивність агрегату зростає в середньому на 10–25% за рахунок зменшення частоти маневрування. При цьому знижується ймовірність накопичення систематичної похибки GNSS-навігації, що позитивно впливає на якість паралельного водіння та стабільність норми висіву [2].

Важливим фактором є також ступінь неоднорідності та фрагментації земельних масивів. Роздроблені поля з нерегулярною конфігурацією вимагають більш складних алгоритмів планування траєкторій (coverage path planning), що враховують мінімізацію холостих пробігів та оптимізацію маршрутів розворотів. У таких умовах ефективність стандартних лінійних стратегій обробітку знижується, а перевагу отримують адаптивні системи з елементами штучного інтелекту.

Окремо слід відзначити вплив форми поля на перекриття та пропуски при висіві. При неправильній геометрії зростає частота повторного проходу по вже обробленій площі, що призводить до перевитрати насіння, нерівномірності густоти стояння рослин і зниження загальної ефективності технології. В умовах використання секційного контролю та змінної норми висіву ці втрати можуть бути частково компенсовані, однак повністю не усуваються [3].

Таким чином, форма та розміри поля є критичними параметрами, які необхідно враховувати при впровадженні систем автоматичного керування посівом. Оптимізація конфігурації полів, а також адаптація алгоритмів руху посівних агрегатів до конкретних польових умов дозволяє суттєво підвищити ефективність використання техніки, зменшити витрати ресурсів і покращити агротехнологічні показники посіву.

Список використаних джерел:

1. McBratney A., Whelan B., Ancev T., Bouma J. Future directions of precision agriculture. Precision Agriculture. 2005. Vol. 6. P. 7 - 23. https://doi.org/10.1007/s11119-005-0681-8

2. Grisso R., Alley M., Thomason W. Precision farming tools: GPS navigation and guidance systems. Virginia Cooperative Extension, 2011. 1 - 7 p. URL: https://vtechworks.lib.vt.edu/handle/10919/47448

3. Gebbers R., Adamchuk V. I. Precision agriculture and food security. Science. 2010. Vol. 327(5967). P. 828 - 831. https://doi.org/10.1126/science.1183899

УДК: 631.31:632.982

ФАКТОРИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ СИСТЕМ СЕКЦІЙНОГО КЕРУВАННЯ ОБПРИСКУВАЧІВ

Соколік С.П., старший викладач

Сумський національний аграрний університет

Розглянуто комплекс технічних, просторових та експлуатаційних факторів, що визначають ефективність функціонування систем секційного керування штангових обприскувачів у сучасних технологіях точного землеробства. Основна увага приділена зниженню перекриттів і пропусків, підвищенню точності просторового внесення засобів захисту рослин та мінімізації екологічного навантаження.

Встановлено, що ключовим показником ефективності є рівень перекриття робочих зон штанги. За відсутності автоматичного секційного керування цей показник може досягати 10 - 20%, особливо на полях складної конфігурації та при роботі на розворотних смугах. Використання систем автоматичного відключення секцій дозволяє знизити перекриття до 2 - 5%, що забезпечує економію пестицидів і зменшення витрат на 8 - 15% [1].

Важливим фактором є просторово-геометрична структура поля. Поля неправильної форми, з нерівними межами та короткими гонами, призводять до частих циклів вмикання/вимикання секцій, що знижує стабільність роботи системи та підвищує навантаження на виконавчі механізми. Доведено, що довжина гону прямо корелює з продуктивністю агрегату та точністю внесення.

Окрему роль відіграє швидкість руху обприскувача. При швидкостях понад 12 - 15 км/год зростає вплив інерційності гідравлічної системи, що може спричиняти зміщення зон внесення. Сучасні алгоритми компенсації затримок дозволяють частково мінімізувати цей ефект шляхом випереджального керування секціями [2].

Точність роботи систем суттєво залежить від якості GNSS-позиціонування, зокрема використання RTK-корекції, яка забезпечує сантиметрову точність. Додатково впливають якість цифрових карт завдань, калібрування форсунок, стан гідравлічної системи та тип розпилювачів.

Агрометеорологічні умови (вітер, температура, вологість) також суттєво впливають на фактичну ефективність внесення, змінюючи траєкторію крапель та формуючи нерівномірність покриття. Рельєф місцевості додатково ускладнює стабільність роботи систем, особливо на схилах [3].

Сучасні системи секційного керування, інтегровані в платформи точного землеробства (Trimble, John Deere, Raven), забезпечують автоматичну синхронізацію з ISOBUS-системами та виконують керування в режимі реального часу. Це дозволяє зменшити людський фактор, підвищити точність внесення та забезпечити ресурсозбереження.

Отже, ефективність систем секційного керування є результатом взаємодії технічних характеристик обладнання, точності навігаційних систем та

просторово-організаційних умов поля, що потребує комплексного підходу до їх впровадження.

Список використаних джерел

1. Karadol, H., Aybek, A., Ucgul, M., Kuzu, H., & Gunes, M. (2024). Field sprayer with application rate control using fast response proportional valves under variable speed conditions. Agriculture, 14(3), 361. https://doi.org/10.3390/agriculture14030361
2. Plessen, M. (2025). Nominal evaluation of automatic multi-sections control with predictive spray switching. Agriculture, 15(21), 2304. https://doi.org/10.3390/agriculture15212304
3. Ji, X., Wang, A., & Wei, X. (2021). Precision control of spraying quantity based on linear active disturbance rejection control method. Agriculture, 11(8), 761. https://doi.org/10.3390/agriculture11080761

УДК 631.331.024:631.51

ТЕХНОЛОГІЧНА ОЦІНКА РОБОТИ СІВАЛКИ ПРЯМОГО ПОСІВУ З ҐРУНТООБРОБНОЮ ПРИСТАВКОЮ

Дьяконов С.О. к.т.н., Пахучий А.М. к.т.н., Старіков А.А. здобувач ВО

Державний біотехнологічний університет

У роботі розглянуто особливості застосування сівалки прямого посіву, обладнаної ґрунтообробною приставкою з гофрованими дисками та серійною зерновою сівалкою СЗ, для використання в технологіях нульового обробітку ґрунту. Проведено польові експериментальні дослідження щодо оцінки впливу ґрунтообробних дисків на структурний стан ґрунту та якість формування насіннєвого ложа. Встановлено, що після проходу агрегату збільшується кількість агрономічно цінних ґрунтових агрегатів і покращується коефіцієнт структурності ґрунту. Отримані результати підтверджують доцільність застосування даної компоновки сівалки в системі прямого посіву.

На сучасному етапі розвитку землеробства все більшого поширення набувають технології мінімального та нульового обробітку ґрунту, які спрямовані на зниження енергетичних витрат, збереження запасів ґрунтової вологи та підвищення екологічної стійкості агроландшафтів. Особливої актуальності такі технології набувають під час вирощування зернових культур, де основним технічним засобом є сівалки прямого посіву, здатні забезпечувати висів насіння без попереднього суцільного механічного обробітку ґрунту.

З метою реалізації технології прямого посіву була розроблена сівалка для прямої, конструкція якої включала серійну зернову сівалку типу СЗ-5,4 та шарнірно приєднану ґрунтообробну приставку з гофрованими дисками типу СРН «Грейт Плейнз». У процесі роботи гофровані диски здійснюють розрізання пожнивних решток і верхнього шару ґрунту, одночасно виконуючи його локальне розпушення. У результаті формується оброблена смуга шириною 5…7 см, у яку сошники висівають насіння. Такий принцип роботи дозволяє

створити сприятливі умови для формування насіннєвого ложа без порушення структури міжрядь і збереження рослинних решток на поверхні поля.

Для оцінювання ефективності роботи ґрунтообробної приставки були проведені експериментальні дослідження у польових умовах. Дослід закладали на полі зі стерньовим фоном після збирання попередника. За показник оцінки якості підготовки насіннєвого ложа обрано коефіцієнт структурності ґрунту, який характеризує ступінь ґрунтових агрегатів та формування агрономічно цінної структури. Відбір проб проводили у п'ятикратній повторності для двох варіантів: контрольного – до обробітку, та дослідного – після проходу агрегату.

Умови проведення експерименту були такими: фон поля – стерня озимої пшениці, вологість ґрунту становила 21,4 %, а швидкість руху посівного агрегату – 9,8 км/год. Отримані результати дали змогу оцінити вплив гофрованих дисків на структурний стан ґрунту, ступінь його розпушення та придатність до використання в технологіях прямого посіву зернових культур. Статистична достовірність результатів дослідження склала 95 %, що підтверджує їх об'єктивність.

Аналіз результатів показав, що після проходу ґрунтообробних дисків у поверхневому шарі ґрунту кількість агрегатів розміром 20…1 мм, які є найбільш цінними для забезпечення вологоутримання та аерації, зросла до 68,5 %, тоді як на контрольній ділянці цей показник становив лише 47,1 %. Одночасно кількість великих агрегатів розміром понад 20 мм після обробітку зменшилася у 2,5 раза порівняно з необробленим ґрунтом, що свідчить про ефективне кришення верхнього шару.

Крім того, вміст агрономічно цінних агрегатів розміром 10…0,25 мм після проходу дисків досяг 61,2 %, що приблизно у 1,4 раза більше порівняно з контрольним варіантом. Унаслідок цього коефіцієнт структурності ґрунту зріс майже у 1,8 раза, що вказує на покращення його агрофізичних властивостей та формування більш сприятливого середовища для проростання насіння.

На підставі проведених досліджень можна зробити висновок, що застосування запропонованої компоновки сівалки прямого посіву забезпечує ефективне формування насіннєвого ложа, покращує структурний стан ґрунту та створює достатні умови для проростання насіння і подальшого розвитку рослин у системі нульового обробітку ґрунту.

Список використаних джерел

1. Булигіна М. Є., Булигін С. Ю. Дефляція ґрунтів в Україні. Механізація та електрифікація сільського господарства : загальнодержавний збірник. ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2021. Вип. № 14 (113). .С. 23-30.

2. Дьяконов С.О., Пахучий А.М. Аналіз технологій вирощування зернових культур та конструкцій сівалок прямої сівби / Харків: ДБТУ, 2022. – С. 258-260.

3. Дьяконов С.О. Обґрунтування параметрів технологічного процесу і робочих органів сівалки прямого сіву / – Харків, 2007. – 20 с.

4. Дьяконов С.О., Пахучий А.М., Якунін О.О. Огляд технічних особливостей робочих органів сівалок для технології No-till та їх використання.

Технічний прогрес в АПВ: матеріали XX міжнародної науково-практичної конференції ДБТУ, 21-22 травня 2025 р. С. 257-260.

5. Кучер, О. М. Адаптивні технології вирощування озимих культур у Лісостепі. Сільське господарство та лісівництво. 2021. № 6. С. 70-75.

6. Технології No-Till у сучасному землеробстві / В.П. Гордієнко, С.М. Ковальчук. – Дніпро : Акцент ПП, 2022. – 214 с.

7. A. Alexander Nanka, Ivan Morozov, Vladimir Morozov, Mykola Krekot, Anatolii Poliakov, Ivan Kiralhazi, Mykhailo Lohvynenko, Viktor Ryndiaiev, Sergey Dyakonov, Mykola Stashkiv. Substantiation of the presence and parameters of seed guides in the openers, which increase the quality of sowing and yield / Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4(1(112). 2021. – p. 61-75.

8. Great Plains. URL: https://nfm.com.ua/great-plains (дата звернення: 07.05.2026).

УДК 629.3.015

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ ОЦІНКИ ДИНАМІКИ НАВАНТАЖЕНЬ МОБІЛЬНИХ МАШИН

Пушкаренко О.Ю. аспірант, Артьомов М.П. д.т.н., професор

Державний біотехнологічний університет

Розглянуто можливості використання трикоординатних датчиків прискорень для контролю динаміки навантажень машинно-тракторного агрегату при виконанні агротехнічних операцій в реальному часі. Обгрунтовано можливості використання відомого програмного забезпечення для обробки отриманих експериментальних даних.

Перехід тракторної енергетики з тягової концепції, при якій маса трактора перевищує масу сільгоспмашини, з якою він агрегатується, в тягово-енергетичну. В перспективі перехід до енергетичної концепції, для якої характерне перевищення маси сільгоспмашин над масою трактора, з якою агрегатується, передбачає створення і впровадження в сільськогосподарське виробництво широкозахватних, комбінованих та ін. мобільних сільськогосподарських агрегатів. Стандартний підхід до оцінки при експлуатації тягово-енергетичних властивостей даних сільськогосподарських агрегатів, заснований на динамометруванні і тензометруванні тягових сил, крутних моментів і т.д., відрізняється підвищеною трудомісткістю, а для деяких агрегатів, наприклад навісних ґрунтообробних з активними робочими органами, утруднено визначення даних параметрів [1].

В процесі руху, агрегат є автономною динамічною системою, основні зовнішні впливи на яку зміни сил опору руху і зміни кількості енергії, що використовується на переміщення . Ці дії, як правило, викликають зміну швидкості поступального руху агрегату, що характеризується рівнянням

$$\frac{dv}{dt} = \frac{P_p - \sum P_o}{m_{\text{аг}}}, \quad (1)$$

де P_p – рушійна сила агрегату (дотична сила тяги трактора);

$\sum P_o$ – сума всіх сил опору руху агрегату;

$m_{\text{аг}}$ – приведена до поступально-рухомих частин маса агрегату.

У рівнянні (1) з достатнім наближення можна прийняти постійною приведену масу агрегату ($m_{\text{аг}} - const$). Сили опору руху агрегату в процесі роботи залежать від факторів, багато з яких є величинами змінними, наприклад стан ґрунту і рельєф місцевості, глибина обробки, швидкісний режим і т.ін. У відповідності до зміни сил опору змінюється і рушійна сила агрегату. Це призводить до того, що dv/dt (прискорення) в процесі виконання агрегатом певного технологічного процесу постійно змінюється як за величиною, так і за знаком [2, 3].

Для обґрунтування менш витратного методу вимірювання тягового зусилля трактора, сили опору сільськогосподарських машин, в тому числі з активними робочими органами, їх маси непрямим методом з мінімальною трудомісткістю використаємо контроль за зміною прискорень, яким почали пояснювати основні методи класичної механіки.

Для спрощення, щоб не виходити за межі ньютонівської механіки, будемо розглядати ці принципи як такі, що є наслідками законів класичної механіки з додаванням до них аксіоми про звільнення від в'язей. В той же час потрібно розуміти, що це не теореми, які доводяться за допомогою законів Галілея-Ньютона, а саме принципи. Розробниками основних принципів аналітичної механіки були французькі вчені Даламбер і Лагранж. Принцип Даламбера дозволяє приводити всі задачі, які відносяться до руху тіл, до більш простої задачі про рівновагу. Сучасне трактування принципа Даламбера з використанням поняття сили інерції, яке було уведено в механіку на початку XIX століття, є фундаментом важливого метода технічної механіки – метода кінетостатики.

Сила інерції матеріальної точки за величиною дорівнює добутку маси точки на модуль її прискорення і має напрям, протилежний напряму прискорення (але не руху).

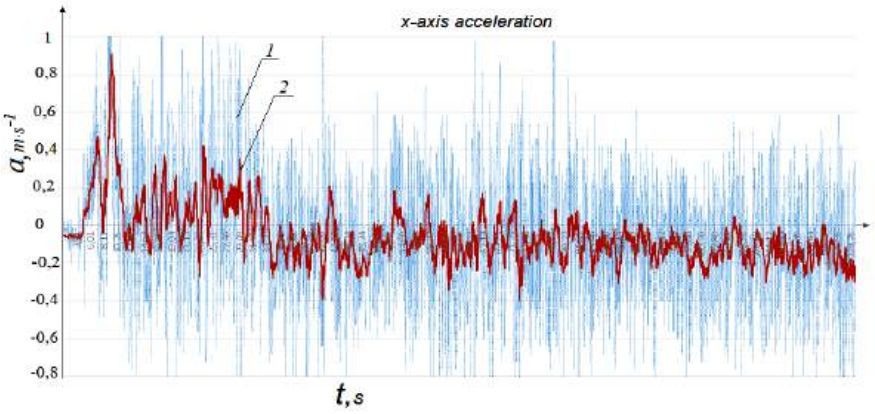
Зміна суми сил, враховуючи силу інерції, що характеризує навантаження та функціональні можливості машинно-тракторного агрегату, відбувається в процесі виконання агрегатом технологічної операції.

Рівняння (1) з урахуванням можливих зовнішніх збурень набуде вигляду:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{P_p - \sum P_o \pm P_{\text{зб}}^{\text{зовн}}}{m_{\text{аг}}}, \qquad (2)$$

де $P_{\text{зб}}^{\text{зовн}}$ - зовнішня збурююча сила, Н.

Відповідно до зміни сил опору змінюється і рушійна сила агрегату. Все це призводить до того, що dv/dt при виконанні машинно-тракторним агрегатом певного технологічного процесу постійно змінюється як за величиною, так і за знаком (рис.1).



John Deere 9470R+ Gaspardo DIABLO-700 від часу (вісь x)
1 - фактичний сигнал; 2 - сигнал, що пройшов через фільтр Баттерворта

Рис. 1. Залежність поздовжнього прискорення ґрунтообробного агрегату

На основі наведеного принципу побудовано роботу реєстраційно-вимірювального комплексу створеного для менш витратного методу контролю динаміки руху мобільних машин.

Можливості сучасної електронно-обчислювальної техніки дозволяють вирішувати складні задачі землеробської механіки, які значній мірі відповідають реальним динамічним системам і умовам їх використання.

Підвищення точності обробки експериментальних залежностей можна досягти побудовою апроксимуючої кривої, яка відображає досліджувану залежність та згладжує похибки експерименту, що виникли внаслідок випадкових та систематичних помилок. Для вирішення поставленої задачі можливе застосування програмних засобів Microsoft Excel, MathCAD та MatLAB або створення власного програмного забезпечення.

Запропонована схема обробки даних, одержуваних за допомогою мобільного реєстраційно-вимірювального комплексу методом найменших квадратів наведено на рис. 2.

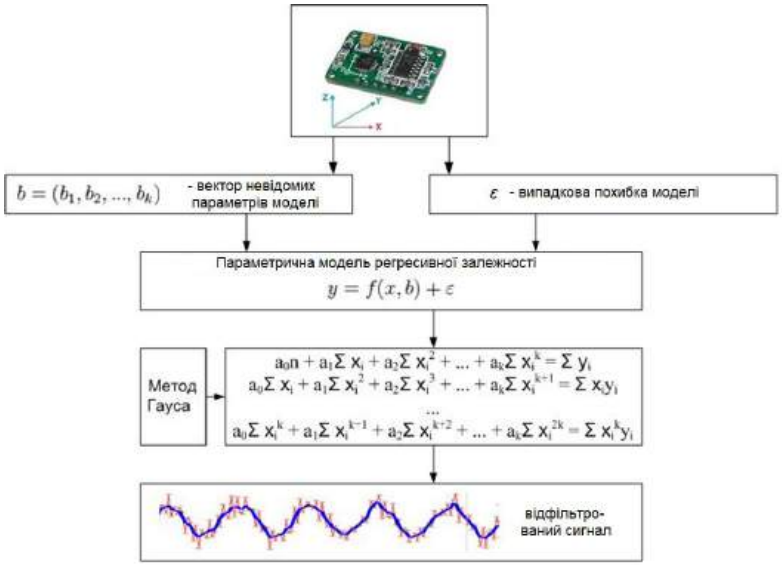


Рис. 2. Схема обробки даних, одержуваних за допомогою мобільного реєстраційно-вимірювального комплексу методом найменших квадратів

У класичній механіці згідно рівняння (1) оцінюється несталий рух системи, тобто $dv/dt \neq 0$, при $P_P \neq \sum P_O$. Запропонованим методом вирішується зворотна задача: при відомому dv/dt оцінюються P_p і $\sum P_o$. Це дозволяє істотно зменшити витрати коштів при оцінці тягово-енергетичних параметрів мобільних сільськогосподарських агрегатів у порівнянні з відомими методами, заснованими на динамометруванні і тензометруванні тягових зусиль, крутних моментів і т.д.

Даний метод відрізняється науковою новизною і не має аналогів при оцінці тягово-енергетичних параметрів мобільних сільськогосподарських агрегатів. Завдання вимірювання лінійних прискорень та, пов'язані з нею, завдання контролю становища об'єкта у просторі, швидкості, вібраційних та інших характеристик актуальна у багатьох галузях народного господарства та експлуатації машин і агрегатів[3].

Використовуючи викладений вище метод апроксимації отриманих експериментально даних, розроблено програму Approximate в системі об'єктно-орієнтованого програмування Delphi 7. Після вибору файлу програма виконує побудову графіків прискорень агрегату за трьома осями чутливості датчика. Дозволяється одночасна обробка кількох файлів. Параметри апроксимації можна змінювати в режимі реального часу. Суцільними лініями наводяться згладжені криві, крапками - необроблені дані(рис.1), що містять шуми та похибки.

Висновок

У результаті використання вимірювально-реєстраційного комплексу стало можливим здійснення динамічного аналізу сил опору руху мобільного машинно-тракторного агрегату з урахуванням дії сили тертя, нормальних реакцій та швидкості руху. Пропонований метод оцінки динаміки навантажень агрегату за прискоренням розгону дозволяє визначити його тягові властивості при несталому русі, коли виконуються різні технологічні операції і побудувати динамічні тягові характеристики. Вимірювання проводились у реальному часі без втручання у конструкцію агрегату, що дозволяє застосовувати методику в умовах реального агровиробництва.

Список використаних джерел

1. Артьомов М.П., Лебедєв А.Т., Кот О.В. Щодо залежності тягової динаміки мобільних сільськогосподарських агрегатів від технічного стану / М.П.Артьомов , А.Т.Лебедєв , О.В.Кот // Науковий журнал Інженерія природокористування, 2014, №2(2) С. 9 – 14.

2. Метод парціальних прискорень та його застосування в динаміці мобільних машин. За ред. М.А. Подригало та М.П.Артьомова. Монографія. Вид-во «Естет Прінт», Харків, 2025. 232с.

3. N. Artiomov, R. Antoshchenkov, V. Antoshchenkov, A. Ayubov Innovative approach to agricultural machinery testing. Latvia University of Life Sciences and Technologies, 20th International Scientific Conference Engineering for rural development Proceedings, Volume 20 May 26-28, 2021. C.451-456.

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ОБЧІСУВАЛЬНИХ ЖНИВАРОК ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ВИТРАТ ПІД ЧАС ЗБИРАННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

Пахучий А.М. доцент, Дьяконов С.О. доцент

Державний біотехнологічний університет

В роботі обґрунтовано, що технологія обчісування рослин на корені дає змогу істотно зменшити надходження незернової маси до молотильно-сепарувальної системи комбайна, що сприяє зниженню енергетичного навантаження, витрати пального та експлуатаційних витрат. Показано, що порівняно з традиційною жниваркою обчісувальна технологія може забезпечувати зменшення витрати пального, підвищення продуктивності комбайна, зниження втрат зерна та збереження ресурсу основних робочих органів машини.

У сучасному агровиробництві зростає значення технологій, які дають змогу зменшити собівартість збирання без погіршення агротехнічних показників і якості виконання технологічного процесу. Одним із таких рішень є обчісування рослин на корені. На відміну від традиційного зрізування всієї рослини, обчісувальна жниварка відокремлює зерно, колоски або колосову частину, залишаючи основну масу соломи стоячою в полі. Тому головний ефект цієї технології пов’язаний не лише зі збільшенням продуктивності комбайна, а й зі зниженням енергетичного навантаження на його робочі системи.

Під час роботи зі звичайною жаткою комбайн змушений переміщати, подавати, молотити, сепарувати й очищувати не тільки зерно, а й значну кількість соломи та іншої незернової маси. Це збільшує навантаження на похилу камеру, молотильно-сепарувальний апарат, систему очищення, приводи й двигун. У разі використання обчісувальної жниварки до комбайна надходить переважно зернова або колосова частина рослини, тоді як основна частина стебла залишається в полі. Внаслідок цього зменшується матеріальний потік, знижується опір проходженню маси крізь комбайн, а енергія двигуна використовується ефективніше.

За навчально-прикладними даними обчісувальна жниварка може зменшувати надходження рослинної маси до комбайна на 80–90%, а пропускна здатність системи при цьому зростає на 30–100%. У статті [3] автор також пов’язує збільшення продуктивності комбайна на 50–100% із нижчою потребою в потужності через зменшення обсягу соломи, яка проходить крізь молотильно-сепарувальну систему. Це означає, що ефективність обчісування слід оцінювати не тільки за витратою пального на гектар, а й за питомою витратою пального на тонну зібраного зерна, продуктивністю на одиницю витраченого пального, а також за коефіцієнтом енергетичного розвантаження комбайна.

У роботі [2], де порівнювали традиційну та обчісувальну жниварку під час збирання пшениці, середня витрата пального становила 1,5 л/га для класичного

збирання та 0,85 л/га для обчісування рослин. Автори підсумували, що зниження витрати пального становило майже 45%. У цьому ж досліді середні загальні втрати зерна були нижчими для обчісувальної системи — 0,89%, тоді як для традиційної жниварки вони становили 1,58%. Отже, обчісувальна технологія може забезпечувати не лише економію пального, а й зменшення втрат зерна за умови правильного вибору режимів роботи.

Отримані дані свідчать, що за порівняння технології обчісування з традиційним збиранням продуктивність комбайна в окремих умовах може бути приблизно вдвічі вищою, а економія пального досягати 40–45%. Сучасні енергетичні оцінки також показують, що сумарна потужність, потрібна для збирання комбайном із обчісувальною жниваркою, у середньому нижча приблизно на 20% порівняно з прямим збиранням традиційною жниваркою. Це пояснюється тим, що двигун витрачає менше енергії на транспортування і перероблення соломистої маси, а молотильно-сепарувальна система працює в більш сприятливому режимі.

Зниження витрат пального є лише частиною загального ефекту. Менше навантаження на комбайн дає змогу збільшити швидкість руху та продуктивність за зміну. У низці джерел зазначено, що обчісувальна жниварка дозволяє працювати на вищих швидкостях, а в окремому порівнянні двох систем швидкість збирання була на 41% більшою. У фермерських кейсах [5] після переходу на систему «обчісувальна жниварка + прямий посів» фіксували не лише економію пального, а й зменшення тривалості роботи молотильно-сепарувальної системи комбайна приблизно на 33%. Це свідчить про системний вплив технології на експлуатаційні витрати, зношування деталей, сезонне навантаження на техніку та загальну собівартість збирання.

Обчісувальна жниварка не є універсально кращою за будь-яких умов. Її ефективність істотно залежить від стану посіву, висоти стеблостою, вологості, полеглості, густоти рослин, культури, а також налаштування робочих органів. У роботах [1, 6] наголошено на необхідності оптимізації швидкості агрегату, висоти обчісування, положення переднього обтікача відносно стеблостою та частоти обертання обчісувального ротора. У дослідженнях також зазначається, що для зниження втрат доцільно підтримувати швидкість руху понад 8 км/год, оскільки за певних умов зі збільшенням швидкості втрати при обчісуванні можуть знижуватися, тоді як для традиційної жниварки часто спостерігається протилежна тенденція.

Паливна економія при використанні обчісувальних жниварок пояснюється насамперед зменшенням маси матеріалу, що надходить до комбайна на обмолот, сепарацію та очищення. Це знижує енергоємність процесу, підвищує пропускну здатність машини та часто дозволяє працювати на більшій швидкості без зростання втрат. Саме тому в сучасній практиці обчісувальна жниварка дедалі частіше розглядається не лише як засіб прискорення жнив, а як інструмент прямого зниження витрат пального, зменшення навантаження на комбайн і зниження собівартості збирання.

Список використаних джерел

1. Пахучий А. М., Дьяконов С. О. Ефективність використання обчісувальної жниварки при збирання зернових. Технічний прогрес в АПВ: матеріали міжнародної науково-практичної конференції. Харків: ДБТУ, 2024. С. 175–177.
2. İnce A., Say S. M., Kara O., Bilgili E. Comparing of Different Harvesting Systems in Wheat Harvesting. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi (Journal of Agricultural Machinery Science). 2011. 7(1): 89–93.
3. Tado C. J. M., Wacker P., Kutzbach H. D., Suministrado D. C. Development of Stripper Harvesters: A Review. Journal of Agricultural Engineering Research. 1998. 71(2): 103–112.
4. Jotautiene E., Juostas A., Atilgan A. Investigation on Environmentally Friendly Wheat Harvest Technology. Engineering for Rural Development. 2024. Vol. 23. P. 245–250.
5. The Economics of Stripper Header and Disc Drill Adoption. NRCS Montana. 2023. Практичний звіт із кейсами щодо пального, трудовитрат і системних ефектів високої стерні.
6. Optimising the settings of a cereal stripper header. AHDB. Практичний матеріал щодо критичних параметрів налаштування stripper header.

УДК 631.3

ТЕХНОЛОГІЇ І МАШИНИ ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ ТА ЗАГОТІВЛІ КОРМІВ ДЛЯ ТВАРИННИЦТВА

Кіпенко О.Б. – студент, Артьомов М.П., д.т.н., професор

Державний біотехнологічний університет, .м. Харків. Україна

Метою дослідження є огляд машин, технологій вирощування і зберігання кормових культур за енергозберігаючими технологіями. Можливості сучасного сільськогосподарського виробництва для підвищення якості продукції.

Однією з найважливіших проблем розвитку сільськогосподарського виробництва є створення стійкої кормової бази тваринництва. у кормовому балансі основне місце займають природні сінокоси і сіяні трави. Із трав одержують сіно, трав'яні брикети, сінаж, частково силос, а також вітамінізоване трав'яне борошно. Для одержання силосу вирощують кукурудзу, соняшник, багаторічні трави.

Раціонально організована кормова база має відповідати таким основним вимогам: повне і безперебійне забезпечення тварин повноцінними кормами впродовж року, одержання високоякісних і дешевих кормів, випереджальне виробництво кормів порівняно зі зростанням поголів’я тварин, створення страхових запасів кормів на випадок неврожаю[1].

Останнім часом в Україні особливу увагу стали приділяти технологіям пов’язаним з сумісними посівами. Особливо це стосується бобових культур із зерновими або технічними культурами, що дозволяло б ефективне використання

земельних площ, збагачення ґрунтів азотом та отримання якісного корму для тварин [2]. У випадку сумісних посівів кукурудзи та сої взаємний вплив цих культур сприяє підвищенню їх врожайності. Особливо це проявляється при сівбі, коли кукурудза та соя висіваються в одному рядку. До недавніх часів в нашій країні технічно це завдання за один прохід посівного агрегату вирішити не вдавалося. Але при сумісній роботі колективу кафедри агроінженерії та спеціалістів АТ "Ельворті" був розроблений та виготовлений дослідний зразок сівалки "Vega-8w" Profi, яка забезпечує всі ті вимоги, які необхідні для здійснення сумісних посівів.

Величезним досвідом з виробництва сівалок користуються відомі закордонні фірми: Amazone, Horsh (Німеччина), John Deere, Kinze, Great Plains (США), Kunh, Monosem, (Франція), Maschio Gaspardo (Іспанія), Vaderstad - Verken AB (Швеція), MaterMacc (Італія) і ін; серед вітчизняних виробників сівалок точного висіву слід відзначити АТ "Ельворті", ТОВ "Велес-Агро ЛТД"[3]. Всі запропоновані машини в деякій мірі мають суттєві відмінності в конструктивних особливостях: по робочій ширині або кількості рядків, наявності загального бункеру для насіння або ємності на кожний висіваючий апарат, використанню електричного або механічного приводу на висіваючі диски і т. ін., але завдання єдине – точний висів [4]

Вибір типів і марок машин доцільно починати з енергетичних засобів (тракторів), а потім підбирати відповідні їм сільськогосподарські машини. При виборі типів марок тракторів необхідно враховувати:

1. природно-кліматичні умови, тип ґрунту і рельєф місцевості.
2. сільськогосподарські культури які вирощують на підприємстві.
3. розміри полів, їх конфігурацію.
4. характер виконаних виробничих операцій.

Важливою умовою одержання поживного корму є суворе дотримання технології його закладання в допустимі строки.

Між тим після розрахунку необхідної кількості агрегатів для виконання даної операції в зазначені данні агротехнічні строки. Кількість агрегатів для обсягу робіт визначають за формулою:

$$n_{АГР} = \frac{Q}{Wзз \cdot Кз \cdot Др} \quad (1)$$

де Q - об'єм даної операції у арифметичних одиницях виміру;

$W_{ЗЗ}$ - змінна норма виробітку га;

$К$з - коефіцієнт змінності;

$Д$р - оптимальна кількість робочих днів, для виконання операції.

Оскільки кожен сорт і тим більше вид рослин має свій вегетаційний період, свої вимоги до температурного режиму, наявності вологи тощо, агрономічна частина випробувань передбачала підбір пар конкретних сортів сої з кукурудзою, які відповідають умовам вирощування, мають бажану продуктивність і дозволяють керувати термінами збирання.

У процесі випробувань викладачами кафедри встановлено, що сумарний урожай силосної маси сої з кукурудзою, вирощених разом, гарантовано вище, ніж у разі окремих посівів. Якість експериментального силосу, за рядом показників також вища, ніж у разі силосу без сої, або силосу, отриманого шляхом підмішування сої, вирощеної окремо.

Склад і поживність кормів залежать від природних і грунтових умов, а також від рівня агротехніки, періоду вегетаціїпід час збирання і технології заготівлі й зберігання кормів.

До технологічних властивостей трав і силосних культур можна віднести вологість, розмірні характеристики (діаметр та висота стебла), коефіцієнти тертя, показники опору різанню тощо. Оскільки чисельні значення цих показників для трав і силосних культур істотно різняться, для збирання та подальшої обробки трав і силосних культур розроблено та використовуються відповідні конструкції збиральних машин та робочих органів. Залежно від природно-кліматичних зон і господарських умов застосовують різні способи заготівлі кормів. Вибираючи їх, слід ураховувати умови збирання, врожайність, площі масивів, вид і поголів'я тварин та інші чинники.

Машини для заготівлі кормів можна поділити на дві основні групи: для заготівлі трав на сіно і сінаж та для заготівлі силосу і свіжої подрібненої зеленої маси. Комплекс машин для збирання трав складається з косарок-плющилок, підбирачів-подрібнювачів навантажувачів, транспортних візків і пневматичних транспортерів.

Машини для заготівлі та транспортування кормів класифікують за такими ознаками:

- за способом агрегатування – причіпні, начіпні, напівначіпні і самохідні;
- за типом різального чи подрібнювального апарата – сегментно-пальцьові, дискові, ротаційні та барабанні;
- за кількістю різальних апаратів – одно-, дво-, трп- та багатобрусні;
- за формуванням зрізаної маси – покісні та порційні.

Для зберігання кормів в господарствах використовуються силоси, сховища, силосні ями і полімерні рукави. Історія виникнення технології починається в 1968 році в Німеччині, коли інженеру компанії «Еберхардт» прийшла ідея створення машини для силосування в полімерні рукави. В цьому ж році разом з доктором Еггенмюллером він представив перші креслення. Через два роки в 1970 році перша машина, яка називається ротопресс для силосу, заробила, ознаменувавши нову еру в практиці заготівлі та зберігання кормового матеріалу.

На відзнаку від стаціонарних пунктів зберігання кормів рукав ефективніше, адже він забезпечує:

- моментальне закриття утрамбованої маси (погодні умови практично не впливають: дощ пішов, рукав закрили, а з ямою складніше);
- мінімізацію небажаних реакцій у процесі консервування, а також втрат поживних речовин при зберіганні (швидке перекриття доступу повітря не дає

розвиватись гнилісним бактеріям, також значно швидше відбувається процес консервування маси);

- відсутність занесення золи в корм колесами техніки (в яму золу можуть занести колеса тракторів, які трамбують силос. В рукавах це виключено, адже маса відразу поступає на конвеєр силосного пресу);
- мінімізацію втрат поживних речовин при згодовуванні (в рукаві, коли ми вибираємо силос чи сінаж, відкритою є невелика площа, з якої менше вивітрюються поживні речовини – 2 м в гору і 3 м в ширину і ця площа прикривається. В силосній ямі це практично неможливо зробити, хіба що купляти додатково ківш для виїмки сінажу і силосу).

А ще зберігання силосу у рукаві – це відсутність «заморожених коштів».

В сучасній Європі заготівля силосу в рукавах здійснюється вже понад 20 років і є поширеною в Польщі, Німеччині, Італії, Чехії та кількох інших країнах.

На рис.1 показано використання європейськими державами технології зберігання кормів в пластикових рукавах[6].



Рис.1. Процентне співвідношення силосування кормів у рукави

Таким чином, застосування сільгосптехніки для упаковки кормів у плівковий рукав забезпечує заготівлю кормів у оптимальні терміни. Використання пакувальника дозволяє заготовляти 3000 тонн кормів (силос, сінаж, зерновий корм) за 3 дні за умови безперебійної подачі сировини[8].

Висновок

Проведено дослідження технологій техніки для сумісного вирощування кукурудзи і приготування кормів на відгодівлі великої рогатої худоби, порівняння технологій та засобів механізації з вирощування і зберігання.

Собівартість заготівлі силосу в полімерний рукав нижче ніж заготівля в силосну яму на 10%, зниження вартості трудовитрат 11%.

Список використаних джерел

1. Сільськогосподарські машини. Електронний посібник. https://vukladach.pp.ua/MyWeb/manual/agroinjenerija/Agricultural%20machinery/5/5.1.htm.

2. Каплуновський П. С. Досвід вирощування кукурудзи в суміші з соєю та буркуном білим в посушливій степовій зоні. Київ: Держсільгоспвидав УРСР, 1963. 224 с.

3. Рейтинг сівалок: John Deere, Great Plains, Kinze, Bourgault, Monosem, Amazone і… Журнал сучасного агропромисловця. 2016-03-27. URL : -zerno-ua.com/journals/2010/may-2010-god/reyting-seyalok-john-deere-great-plains-kinze-bourgault-monosem-amazone-i.

4. Мельник В.І., Пастухов В.І., Циганенко М.О., Качанов В.В., Анікєєв О.І. Нові можливості при сумісних посівах кормових культур. Харків. 2018. Інженерія природокористування 2018 №2 с. 32-36.

5. Melnik V., Artiomov N., Anikeev A., Tsiganenko M., Romanashenko A. **Test results of co seeding technology for forage production in mix-cropp farming system /** Latvia University of Life Sciences and Technologies Latvia Academy of Agricultural and Forest Sciences Engineering for rural development Jelgava, P.451 – 456. 26.-28.05.2021. https://doi.org/1022616/ERDev.2021.20. TF095.

6. Полімерний рукав для силосу як найновітніша технологія ефективного силосування та зберігання кормів https://tandf.in.ua/rukavy-dlia-zberihannia-sylosu/

УДК 577

ЕКОЛОГІЧНІ ЧИННИКИ У СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЯХ РОСЛИННИЦТВА

Романашенко О.А. доцент, Бондар О.І. студент 208 (Н7)-23бстн, Курочка Я.В. студент 208 (Н7)-23бстн.

Державний біотехнологічний університет (м. Харків, Україна)

Пріоритетним напрямом розвитку вітчизняного аграрного сектору за умов інтеграції України до європейського економічного простору має бути цілеспрямований перехід на модель еколого-збалансованого розвитку, що спиратиметься на досягнення економічних, соціальних та екологічних ефектів. Це зумовлює необхідність досягнення стратегічних напрямів діяльності, які мають бути спрямовані на радикальне вдосконалення методів і способів аграрного виробництва. Фермерські господарства, орієнтуючись на збільшення прибутку, вирощують культури, на які існує попит, проте нехтують принципами підтримки біорізноманіття. Крім того, деградація земельних угідь унаслідок антропогенного впливу завдає значних збитків та є тягарем для економіки підприємств і країни загалом.

На сучасному етапі розвитку землекористування перед сільським господарством України постали складні завдання щодо визначення шляхів подальшого розвитку в умовах ринкових відносин.

Вважаємо, що під час переходу сільськогосподарських підприємств на екологічні методи господарювання серед основних пріоритетів у сфері сільськогосподарського землекористування потрібно виділити такі:

– створення умов для відновлення земельних ресурсів;

– обмеження техногенного навантаження на агроекосистеми, особливо у сфері використання їхнього земельно-ресурсного потенціалу [1].

Європейський досвід показує, що основні напрями діяльності у сфері охорони навколишнього природного середовища в сільському господарстві закріплюються в документах у вигляді програм, тобто регулювання аграрної економіки ґрунтується на програмно-цільовому методі [2].

Тому вважаємо, що для забезпечення стабільного розвитку сільськогосподарського виробництва доцільною є розробка цільових державних програм з екологізації аграрної галузі, спрямованих на досягнення ресурсозбереження й підвищення якості сільськогосподарської продукції та навколишнього середовища.

Розвиток природоохоронної діяльності сільськогосподарського виробництва на території України має ґрунтуватися на принципах САП (Спільної аграрної політики), що реалізується нині в країнах ЄС. Це надасть можливість використати позитивний світовий досвід та ефективні способи розвитку екологічного аграрного виробництва в Україні [3].

У межах реалізації цих принципів має бути розроблена стратегія розвитку аграрного виробництва, яка включатиме сукупність управлінських рішень у напрямі підтримки виробництва екологічної сільськогосподарської продукції й досягнення цільового рівня екологічної безпеки в аграрній галузі. Ця стратегія має бути довгостроковим прогнозом комплексного розв’язання проблем екологічно збалансованого розвитку аграрної сфери та поліпшення стану агроекосистем [4].

Стратегія розвитку аграрного виробництва в Україні має стати базовим документом у сфері стратегічного планування розвитку агроекосистем, забезпечення відповідного рівня екологічної безпеки в аграрному секторі й визначати комплекс взаємопов’язаних пріоритетів, цілей, завдань і заходів. Основною метою запропонованої стратегії є визначення алгоритму дій та засобів досягнення екологічної безпеки в аграрному виробництві.

Для досягнення поставленої мети потрібно реалізувати комплекс завдань, а саме:

– формування комплексу важелів та інструментів для забезпечення досягнення поставленої мети;

– дослідження факторів впливу для забезпечення найбільшої ефективності використання їх дії в напрямі стратегічного планування забезпечення екологічної безпеки в аграрному секторі;

– формування відповідного інформаційного середовища у сфері стимулювання розвитку аграрного виробництва;

– розвиток інституціонального середовища в напрямі екологізації сільськогосподарської діяльності й забезпечення екологічної безпеки агарного землекористування.

Реалізація зазначених завдань стратегії розвитку аграрного виробництва передбачає: прийняття на її основі нових законодавчих та інших нормативно-

правових актів, внесення змін і доповнень до чинних правових нормативних актів у сфері аграрного землекористування й охорони навколишнього природного середовища, а також розробки та впровадження Державної програми забезпечення екологічної безпеки в аграрному секторі України.

Дотримання принципів формування стратегії розвитку аграрного виробництва сприятиме покращенню якості та безпечності сільськогосподарської продукції, дотриманню природоохоронних вимог у процесі її виробництва, підвищенню еколого-економічної ефективності використання та охорони земельних ресурсів, забезпеченню сприятливих передумов для збалансованого розвитку сільських територій та ефективного господарювання на землі, диверсифікації землекористування й формування інвестиційно привабливого середовища в системі землекористування та поліпшенню екологічної ситуації в країні загалом [4].

Основними індикаторами успішності реалізації зазначеної Стратегії будуть позитивні зміни в якісному стані земельних ресурсів, поліпшення якісних показників виготовленої сільськогосподарської продукції, розширення площ земельних угідь, відведених під екологічне землеробство тощо. Отже, стабільність функціонування агроекосистем є інтегральним показником, який характеризує стан екологічної безпеки. Тому пріоритетом в напрямі забезпечення екологічної безпеки в аграрному секторі повинно бути збереження та відновлення природних елементів екосистем, необхідних для формування сприятливого середовища для їх функціонування й ведення сільськогосподарської діяльності;

На сьогодні стратегічними цілями державної політики в галузях екології й економіки є забезпечення екологічної безпеки країни й сталого розвитку без завдання шкоди довкіллю та за умови підвищення якості життя, покращення здоров’я населення й демографічної ситуації в країні. Визначальною для формування пріоритетних напрямів стратегії сільськогосподарського землекористування є концентрація зусиль суб’єктів господарювання на чотирьох основних елементах (продукт, процес виробництва, якість землі та природно-кліматичні фактори впливу).

Список використаних джерел

1. Вінська О. Й. Особливості сучасного стану реалізації Спільної аграрної політики Європейського Союзу. *Економічний простір.* № 56. 2016. С. 5–20.

2. Дзядикевич Ю.В. та інші. Економіка довкілля і природних ресурсів: монографія. Тернопіль: Астон, 2016. 392 с.

3. Никеруй С.С., Гревко Р.Б., Брощак І.С. та інші. Моніторинг ґрунтів, шляхи покращення родючості та екологічної безпеки земель Тернопільської області: монографія. Тернопіль: Економічна думка, 2013. 160 с.

4. Олійник О.Р., Сава А.П., Сидорук Б.О., Довгань С.В. Організаційно-економічний механізм забезпечення виробництва екобезпечної сільськогосподарської продукції: монографія. Тернопіль: Крок, 2014. 263 с.

УДК 577

ОПТИМІЗАЦІЯ ВИКОРИСТАННЯ ДОБРИВ У РАМКАХ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

Романашенко О.А. доцент, Габаідзе Р.З. студент 208з,
Екзархов Б.І. студент 208з

Державний біотехнологічний університет (м. Харків, Україна)

Мінеральні добрива є одним із найефективніших засобів підвищення родючості ґрунтів, урожайності та поліпшення якості продукції рослинництва, тому можна констатувати, що за їх допомогою відбувається керування процесами живлення рослин, змінюється якість урожаю та здійснюється вплив на родючість, фізико-хімічні та біологічні властивості ґрунту.При застосуванні мінеральних добрив можна керувати процесом живлення рослин, змінювати якість урожаю та впливати на родючість, фізико-хімічні і біологічні властивості ґрунту. Водночас мінеральні добрива істотно впливають на навколишнє природне середовище, особливо через забруднення компонентів екосистем хімічними агентами.

В останні роки цій проблемі надають значної уваги в нашій країні і за її межами. Науковці багатьох країн розробляють комплекси заходів, спрямованих на запобігання забруднення навколишнього природного середовища мінеральними добривами. Одним із способів зменшення негативного впливу мінеральних добрив на агроекосистеми є покриття їх водорозчинною капсулою. Необхідною умовою для створення капсули є її безпечність для агроекосистеми, необхідні фізико-механічні властивості, ефективність пролонгованого вивільнення поживних речовин.

Негативний вплив від використання мінеральних добрив можна суттєво зменшити використанням нових форм – добрив пролонгованої дії. Вони спроможні подовжити тривалість дії хімічних агентів упродовж вегетаційного періоду, зменшити обсяг і частоту внесення, а також запобігти міграції елементів живлення за межі малого біотичного циклу удобрюваної агроекосистеми і потраплянню в інші компоненти ландшафту. Такі форми добрив також запобігають змиву і вимиванню поживних речовин дощовими, талими та ґрунтовими водами.

Загальновідомо, що вагомий внесок у розвиток вітчизняної економіки належить сільському господарству. Тому зростання вітчизняного ВВП прямо пов’язане з удосконаленням сучасних систем ведення землеробства, відтворення і підвищення родючості ґрунтів та раціонального використання біокліматичного потенціалу. Проблема відтворення родючості ґрунтів в Україні загострюється, оскільки спостерігається наростаючий дефіцит основних елементів живлення рослин, розвиток ерозійних процесів, підвищення кислотності ґрунтів, тобто прогресують процеси втрати ґрунтами запасів гумусу [1].

Мінеральні добрива – один із найефективніших засобів збільшення урожайності та поліпшення якості окремих параметрів продукції рослинництва.

Завдяки застосуванню мінеральних добрив полегшується керування процесом живлення рослин, змінюється якість урожаю та вплив на родючість, фізико-хімічні й біологічні властивості ґрунту. За результатами наукових досліджень вітчизняних та закордонних учених було встановлено, що завдяки використанню мінеральних добрив врожай основних сільськогосподарських культур збільшується в середньому на 45–55 %. Але надмірне використання мінеральних добрив призводить до забруднення екосистем хімічними агентами. Наприклад, лише 0,4-0,6% елементів живлення засвоюється рослинами, тобто майже половина не бере участі в малому біотичному циклі кругообігу і стає потенційним забруднювачем агроекосистем. Тож, необґрунтоване застосування надмірної кількості мінеральних добрив призводить до значного негативного впливу на навколишнє природне середовище, сільськогосподарську продукцію, тваринний світ.

Одною з головних умов отримання гарного врожаю – раціональне використання агротехнічних прийомів в оптимальні строки відповідно до біологічних вимог рослин. Яка, в свою чергу, передбачає підвищення родючості ґрунтів, чергування культур у сівозмінах, впровадження і вирощування високоврожайних сортів, застосування науково обгрунтованих норм мінеральних добрив.

Останніми роками в Україні значно зросли обсяги виробництва сільськогосподарської продукції, що зумовлено зростанням цін на продовольство та зростаючою привабливістю аграрного сектора для інвестицій [2].

У середньому для всіх сільськогосподарських культур коефіцієнт використання добрив становить: азотних 50 - 60 %, фосфорних 10 - 25 %, калійних 50 - 60 %.

Майже всі мінеральні добрива є водорозчинними солями і тому безпосереднє використання їх рослинами пов’язане з швидкістю їх розчинення та міграцією в ґрунті, а, отже, є залежним від кількості опадів в період внесення добрив та під час вегетаційного періоду [3].

Надмірна кількість опадів призводить до швидкого розчинення добрив, їх вимивання з ґрунту та забруднення навколишнього середовища. Наслідком такої міграції мінеральних добрив є погіршення якості врожаю та його зменшення. Недостатня кількість опадів, у свою чергу, призводить до розчинення мінеральних добрив переважно за рахунок ґрунтових вод. За таких умов значна кількість добрив взагалі не розчиняється і засолює ґрунт, а це, на думку деяких вчених, викликає посилення денітрифікації, а разом з цим і виділення в атмосферу великої кількості оксиду нітрогену, який руйнує озоновий шар.

На думку багатьох вчених та практикуючих аграріїв, повна відмова від використання мінеральних добрив – призведе до катастрофічного скорочення виробництва продовольства. Але недотримання науково обґрунтованих заходів під час застосування добрив, недосконаліть способів їх використання може призвести до негативного впливу мінеральних добрив на окремі компоненти біосфери, на стан навколишнього природного середовища та на людину [4].

Через недосконалість властивостей і хімічного складу мінеральних добрив, а також порушення технології виробництва, зберігання та застосування мінеральних добрив – відбувається забруднення навколишнього середовища.

Існує багато причин зниження коефіцієнту використання компонентів добрив. Так, тільки нерівномірне внесення добрив знижує їх ефективність: простих – на 35 - 45 %, складних – на 28 - 35 %, фосфорних та калійних – на 15 - 20 %. Розробляючи засоби ефективного використання добрив необхідно враховувати вимоги не тільки землеробства, але й охорони навколишнього середовища. Фахівці в галузі агрохімії стверджують, що з добрив, внесених в ґрунт тільки частина використовується рослинами [5].

На думку М.С. Мальованого та М.Я. Гавриляка, оцінку впливу мінеральних добрив на безпеку довкілля слід розпочинати з технології виробництва, як однієї із складових техногенного впливу практично будь-якого різновиду мінеральних добрив, яка характеризується високими енергозатратами і тісно пов’язана із екологічними проблемами, які вирішувати досить важко.

Споживання хімічних елементів і їх відчуження з урожаєм залежить також і від типу ґрунту. Річне споживання хімічних елементів в агроценозі на підзолистому ґрунті складає 535-770 кг/га, а винесення з урожаєм – 350-570 кг/га, на чорноземах відповідно, 780-1000 і 500-630 кг/га, на каштанових і сіроземах – 415-475 і 260-300 кг/га.

Ґрунтовий покрив не тільки акумулює компоненти забруднень, але і виступає природним буфером, що істотно знижує токсичну дію важких металів і регулює надходження хімічних елементів в рослини і, як наслідок, в організм тварин та людини. На відміну від атмосфери і гідросфери, де спостерігаються процеси періодичного самоочищення від важких металів, ґрунт практично не має такої здатності до самоочищення. В зв'язку з цим розробка агротехнічних заходів, що знижують надходження важких металів у сільськогосподарські рослини, здобуває велике агроекологічне значення. Також, слід зауважити, що негативний вплив на довкілля має не лише внесення мінеральних добрив, але й процеси їх виготовлення, зберігання і транспортування. Це розширює проблематику екологічно негативного впливу добрив на довкілля.

Проблема економного використання добрив завжди була актуальною. Втрати мінеральних добрив у процесі їх застосування – це колосальна кількість енергії, яка витрачається на їх виробництво і недоотримана частина врожаю. Кожен відсоток зменшення втрат мінеральних добрив обертається мільйонами гривень економії, збереженням значної кількості трудових, сировинних та енергетичних ресурсів, а також зменшенням негативного впливу на навколишнє середовище.

Екологічно безпечні мінеральні добрива – це засоби підвищення врожайності сільськогосподарських культур із мінімальним вмістом шкідливих речовин, пристосовані до певних ґрунтово-кліматичних умов і виготовлені з використанням сучасних еколого безпечних технологій, які не призводять до забруднення довкілля. Досягнення екологічної безпеки технологій застосування

мінеральних добрив повинно здійснюватись комплексом заходів нормативно-правового, організаційного та технологічного плану.

Технологічні аспекти безпеки екологічного застосування мінеральних добрив призводять до використання комплексних мінеральних добрив пролонгованої дії таких, як: капсульованих, таблетованих, важкорозчинних, рідких комплексних добрив, застосування сучасних технологій внесення добрив, які зменшують забруднення навколишнього середовища.

В сільському господарстві поряд з підвищенням урожайності та поліпшенням якості продукції на перший план повинні висуватися питання збереження та захисту навколишнього природного середовища від техногенного забруднення. Необхідним є впровадження природоохоронних ресурсозберігаючих технологій, які б забезпечували збереження в чистоті грунту, води та повітря.

Для поліпшення стану навколишнього природного середовища у зв'язку з використанням мінеральних добрив необхідно удосконалювати технологію внесення мінеральних добрив, видержувати науково обґрунтовані співвідношення внесення мінеральних добрив під сільськогосподарські культури.

Список використаних джерел

1. Мельник В.І., Романашенко О.А. та ін. Використання органічних добрив: економічно-екологічні аспекти. Інженерія природокористування. Харків. 2020. №3 (17). С. 29-34.
2. Державна служба статистики України. URL: http://www.ukrstat.gov.ua
3. Jarchow, M.E. Nitrogen fertilization increases diversity and productivity of prairie communities used for bioenergy. GCB Bioenergy. 2013. Vol. 5. P. 281–289.
4. Гудзя В.П. Землеробство з основами ґрунтознавства і агрохімії. 2 видання. К.:Центр учбової літератури. 2007. 408 с.
5. Jarchow, M.E. Nitrogen fertilization increases diversity and productivity of prairie communities used for bioenergy. GCB Bioenergy. 2013. Vol. 5. P. 281–289.

УДК 631.372:631.3.004.12

АНАЛІЗ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТА ТЯГОВОГО БАЛАНСУ МОДЕРНІЗОВАНОГО ГЛИБОКОРОЗПУШУВАЧА З АКТИВНИМИ РОБОЧИМИ ОРГАНАМИ

Безверхий Є.Ю., студент магістратури, Галич І.В., к.т.н., доцент

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

У роботі проведено порівняльний аналіз тягового опору та питомих енергетичних витрат традиційного пасивного глибокорозпушувача та модернізованої конструкції з активними роторними робочими органами. Виконано експериментальні дослідження в польових умовах. Встановлено

зниження тягового опору на 18,7-24,3 % та питомих енергетичних витрат на 21,4 % порівняно з базовим агрегатом.

Вступ. Сучасні технології мінімального та ґрунтозахисного обробітку вимагають значних енергетичних витрат на глибоке розпушування. Традиційні пасивні глибокорозпушувачі характеризуються високим тяговим опором (до 90–110 к.с. на метр ширини захвату), що призводить до перевантаження тракторів та підвищеної витрати пального. Одним із перспективних напрямів зниження енергоємності є застосування комбінованих агрегатів з активними роторними робочими органами.

Мета дослідження – оцінити енергетичну ефективність глибокорозпушувача з активними роторами порівняно з традиційною пасивною конструкцією.

Методика досліджень. Дослідження проводили в умовах типового чорнозему важкосуглинкового в Харківській області. Порівнювали два агрегати:

1. Серійний глибокорозпушувач ЧКУ-4 (пасивний).
2. Модернізований агрегат ЧКУ-4-А з передніми активними роторними робочими органами (частота обертання 120-180 об/хв).

Вимірювали: тягове зусилля, швидкість руху, витрату пального, глибину обробітку та якість розпушування. Обробку результатів здійснювали методами математичної статистики.

Результати досліджень. Установлено, що застосування активних роторів дозволяє зменшити загальний тяговий опір агрегату в середньому на 21,4 %. При глибині обробітку 35–40 см економія палива склала від 2,8 до 3,6 л/га.

Якість розпушування при цьому покращилася: коефіцієнт розпушування збільшився з 1,24 до 1,37, а частка фракцій розміром менше 50 мм зросла на 12–14 %. Активні ротори ефективно руйнують плужну підошву та сприяють кращому проникненню вологи в нижні шари ґрунту.

Висновки.

1. Модернізація глибокорозпушувача шляхом встановлення активних роторних робочих органів є ефективним способом зниження енергетичних витрат при збереженні або покращенні агротехнічних показників обробітку.
2. Економія пального становить у середньому 21-24 %, що за сезонної навантаженості 800-1200 га дозволяє суттєво знизити експлуатаційні витрати.

Список використаних джерел

1. ДСТУ 4746:2007. Машини для обробітку ґрунту. Методи випробувань
2. Болтянський Б. В. Енерго- та ресурсозбереження в тваринництві: підручник/ Б. В. Болтянський та ін. К.: Видавничий дім «Кондор», 2020. 410 с.
3. Мазоренко Д. І., Антощенков Р. В., Галич І. В. Динаміка енергетичних витрат багатоелементних тягово-транспортних машин. Український журнал прикладної економіки та техніки, 2023. Т. 5. № 1. С. 82–97.

УДК 631.171

АКТУАЛЬНІСТЬ ТА ПРОБЛЕМАТИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЩІЛИННИХ ФОРСУНОК

Сировицький К.Г., старший викладач

Сумський національний аграрний університет

Ефективність реалізації сучасних технологічних процесів у сільськогосподарському виробництві безпосередньо залежить від дисперсності та рівномірності масопереносу рідких робочих сумішей.

Головним технічним елементом, який забезпечує перетворення суцільного потоку технологічної рідини на краплинне дисперсне середовище із заданими кінетичними параметрами, виступає щілинна гідравлічна форсунка. Геометричні характеристики її соплового отвору повністю визначають просторову структуру, динамічні властивості та кут розпилу, що притаманні сформованому факелу. Це вкрай негативно позначається на їхній загальній роботоздатності, оскільки експлуатаційна деградація призводить до незворотної трансформації геометричного профілю сопла, суттєвого порушення фазового складу вихідного струменя та вираженої деформації факела. Як наслідок, кардинально знижується якість розподілу цільового компонента по оброблюваній поверхні посівів, що веде до економічно недоцільної перевитрати дорогих технологічних речовин або до виникнення небезпечних локальних зон із недостатньою концентрацією препарату, що суттєво знижує захисний ефект. Додатковою проблемою є збільшення частки надто дрібних крапель, які піддаються вітровому знесенню, що створює значне екологічне навантаження на прилеглі території та знижує загальну безпеку агрохімічних заходів.

Висновок.

Експлуатаційна деградація геометрії сопла щілинних розпилювачів під впливом гідроабразивного та хімічного зносу є ключовим фактором деформації факела розпилу, що призводить до зростання нерівномірності розподілу рідини (коефіцієнта варіації) та перевитрати препаратів.

Список використаних джерел

1. Сировицький К.Г., Шуляк М.Л., Зубко В.М., Панкова О.В. (2025). Обґрунтування гідродинаміки факела розпилу щілинної гідравлічної форсунки. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Механізація та автоматизація виробничих процесів, (3 (61), 142-150. DOI https://doi.org/10.32782/msnau.2025.3.20.

УДК 631.171

КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ РІВНОМІРНОСТІ ОБРОБКИ ТА РОЛЬ ЧИСЕЛЬНОГО ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Сировицький К.Г., старший викладач

Сумський національний аграрний університет

Для кількісної оцінки нерівномірності осадження крапель на цільову поверхню ключовим критерієм виступає коефіцієнт варіації щільності масового потоку в поперечному перерізі факела.

Визначення та моніторинг цього показника класичними експериментальними методами в натурних або лабораторних умовах пов’язані зі значними матеріально-техничними, фінансовими та часовими витратами, а також супроводжуються серйозними труднощами щодо забезпечення стабільності та відтворюваності параметрів навколишнього середовища, таких як швидкість вітру, температура, турбулентність та вологість повітря. Ефективним рішенням цієї науково-технічної проблеми є застосування чисельного імітаційного моделювання (CFD).

Сучасні комп'ютерні методи чисельного розрахунку дозволяють з високим ступенем адекватності та точності відтворити складні фізичні процеси первинного та вторинного дроблення рідини, взаємодію окремих крапель із рухомим повітряним потоком, а також трансфер усієї маси в тривимірному просторі. Більшість існуючих математичних моделей розглядають лише ідеалізовану геометрію каналів форсунок, тоді як розробка нових комплексних моделей дозволяє прогнозувати зміну коефіцієнта варіації та загальну ефективність процесу внесення засобів захисту рослин залежно від реального технічного стану та ступеня деградації геометрії сопла під час тривалої експлуатації. Це відкриває шлях до створення систем предиктивного технічного обслуговування обприскувачів.

Висновок.

Застосування методів CFD (зокрема інтегрованих моделей розпаду струменя KH/RT та PBE-рівнянь балансу популяцій в ANSYS CFD) дозволяє з високою точністю прогнозувати дисперсний склад та просторову еволюцію хмари крапель без проведення вартісних натурних випробувань.

Список використаних джерел

1. Сировицький К.Г., Шуляк М.Л., Зубко В.М., Панкова О.В. (2025). Обґрунтування гідродинаміки факела розпилу щілинної гідравлічної форсунки. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Механізація та автоматизація виробничих процесів, (3 (61), 142-150. DOI https://doi.org/10.32782/msnau.2025.3.20.

УДК 631.171

СИСТЕМАТИЗАЦІЯ ТЕОРЕТИЧНИХ ПІДХОДІВ ТА ФУНДАМЕНТАЛЬНІ КРИТЕРІЇ РОЗПАДУ СТРУМЕНЯ

Сировицький К.Г., старший викладач

Сумський національний аграрний університет

Систематизація підходів до моделювання первинного та вторинного розпаду рідинного струменя при гідравлічному розпилі є ключовим моментом для розуміння загальної динаміки процесу.

Теоретична основа дослідження охоплює класичні математичні моделі, рівняння балансу популяцій, напівемпіричні моделі типу KH/RT та сучасні CFD-методи захвату інтерфейсу. Визначальними для фізичного характеру та динаміки розпаду струменя виступають безрозмірні гідродинамічні критерії (числа подібності). Число Вебера (We) — відображає співвідношення між інерційними силами та силами поверхневого натягу рідини, визначаючи схильність краплі до деформації та розпаду. Число Рейнольдса (Re) — характеризує співвідношення інерційних сил та сил молекулярної в’язкості в потоці, вказуючи на режим течії всередині каналу форсунки. Число Онезорге (Oh) — пов’язує сили в’язкості та сили поверхневого натягу, визначаючи вплив внутрішніх фізико-хімічних властивостей рідини на руйнування струменя незалежно від його швидкості.

Залежно від значень цих чисел змінюються режими розпаду рідини: від капілярного режиму Релея з квазі-моно-дисперсними краплями при низьких значеннях We і Re, через перший та другий вітрові режими, до повної високошвидкісної атомізації потоку при значному зростанні кінетичної енергії струменя. Урахування цих критеріїв дозволяє адаптувати модель під різні типи робочих розчинів.

Висновок.

Таким чином, використання фундаментальних чисел подібності у поєднанні з сучасними методами обчислювальної гідродинаміки забезпечує перехід від суто емпіричного опису розпилу до фізично обґрунтованого моделювання. Комплексний аналіз цих критеріїв дозволяє чітко диференціювати межі та умови зміни режимів деформації потоку — від стабільного капілярного розпаду до інтенсивної високошвидкісної атомізації. Системне врахування безрозмірних гідродинамічних характеристик у межах розроблюваної імітаційної моделі є ключовим фактором її уніфікації, що дозволяє адаптувати розрахунковий алгоритм під змінні фізико-хімічні властивості (в'язкість, густину, поверхневий натяг) різних типів робочих розчинів і пестицидів, що застосовуються в агросекторі.

УДК 631.171

АНАЛІЗ КЛАСИЧНИХ ВИДІВ НЕСТІЙКОСТЕЙ ПРИ ПЕРВИННОМУ ТА ВТОРИННОМУ РОЗПАДІ РІДИНИ

Сировицький К.Г., старший викладач

Сумський національний аграрний університет

Фундаментальні класичні роботи в галузі гідродинаміки розпилу базуються на теоріях лінійної та нелінійної нестійкості інтерфейсу розділу середовищ.

У дослідженні детально виділено три ключові типи фізичних нестійкостей, які безпосередньо керують процесами диспергування потоку в щілинних форсунках та визначають топологію факела. Релей–Плато (капілярна) нестійкість: домінує для тонкого в’язкого струменя у спокійному газі, де довгохвильові збурення симетрично зростають під дією поверхневого натягу, призводячи до первинного розпаду на великі краплі, діаметр яких співставний із початковим діаметром струменя. Зсувно-аеродинамічна нестійкість Кельвіна–Гельмгольца (Kelvin–Helmholtz, KH): домінує за значних чисел We та високої різниці швидкостей між газом і рідинною плівкою. Лінійний аналіз хвильового зростання на інтерфейсі лежить в основі математичних KH-моделей первинного розпаду, де краплі ін’єктуються у вигляді первинних рідких елементів ("блобів") з подальшим фрагментуванням. Нестійкість Релея–Тейлора (Rayleigh–Taylor, RT): проявляється на прискорених інтерфейсах розділу фаз різної щільності та найчастіше використовується для математичного опису вторинного розпаду крапель і рідких зв'язок (ліг) під дією зовнішнього лобового опору повітря.

Висновок.

Таким чином, детальний аналіз розглянутих фізичних феноменів показує, що гідродинамічна картина формування факела розпилу щілинної форсунки є результатом послідовного або паралельного прояву різних типів нестійкостей інтерфейсу розділу фаз. Якщо капілярна нестійкість Релея–Плато та зсувно-аеродинамічна нестійкість Кельвіна–Гельмгольца є визначальними для процесів первинного розпаду суцільного струменя (або плівки) рідини на початковій ділянці виходу з сопла, то нестійкість Релея–Тейлора виступає головним механізмом вторинного дроблення вже сформованих крапель під дією сил лобового опору повітря. Ідентифікація та математичний облік меж домінування кожного з цих трьох класичних режимів руйнування потоку є фундаментальною основою для побудови адекватної чисельної моделі, здатної з високою точністю прогнозувати фінальний дисперсний спектр крапель і загальну топологію факела розпилювання.

УДК 631.171

МАТЕМАТИЧНИЙ АПАРАТ ОПИСУ ЕВОЛЮЦІЇ ДИСПЕРСНОЇ ФАЗИ ФАКЕЛА РОЗПИЛУ

Сировицький К.Г., старший викладач

Сумський національний аграрний університет

Процес просторово-часової зміни параметрів хмари крапель після виходу з сопла описується за допомогою складного інтегро-диференціального математичного апарату.

Чисельне розв'язання рівнянь балансу популяцій (Population Balance Equations, PBE) в поєднанні з багатофазними CFD-моделями реалізують за допомогою сучасних методів моментів, таких як QMOM, DQMOM та QBMM. Також у роботі застосовуються швидкі таблично-кореляційні підходи для визначення середнього за Саутером діаметра крапель SMD (D32) за напівемпіричними формулами Нукіями–Танасави, Хіроясу–Араї або Лефевра, що забезпечує високу швидкість розрахунків при збереженні точності. Додатково в архітектуру моделі інтегровано замикаючі диференціальні рівняння турбулентності повітряного середовища, що дозволяє коректно описувати пульсації швидкостей масопереносу. Обчислювальний алгоритм передбачає автоматичний вибір кроку інтегрування за часом на основі критерію Куранта–Фрідріхса–Леві. Моніторинг збіжності чисельного рішення здійснюється за рівнем нормованих невязок, граничне значення яких встановлено на рівні 10^{-5}. Це забезпечує математичну стабільність розрахунку факела навіть за умов високошвидкісної деформації первинних рідких зв'язків.

Висновок.

Таким чином, поєднання кінетичного рівняння Вільямса, математичного апарату балансу популяцій (PBE) та швидких таблично-кореляційних підходів дозволило створити ефективний обчислювальний базис для імітаційного моделювання. Запропонований інтегрований підхід забезпечує компроміс між високою точністю відтворення спектра крапель і витратами процесорного часу. Це робить розроблену модель придатною для системного прогнозування просторової еволюції факела розпилу щілинних форсунок та предиктивної оцінки якості масопереносу робочої рідини в реальних експлуатаційних умовах.

Список використаних джерел

1. Сировицький К.Г., Шуляк М.Л., Зубко В.М., Панкова О.В. (2025). Обґрунтування гідродинаміки факела розпилу щілинної гідравлічної форсунки. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Механізація та автоматизація виробничих процесів, (3 (61), 142-150. DOI https://doi.org/10.32782/msnau.2025.3.20.

УДК 631.171

ІНТЕРФЕЙСНІ CFD-МЕТОДИ ТА ЇХ ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ДЛЯ МІКРОРІВНЕВОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Сировицький К.Г., старший викладач

Сумський національний аграрний університет

Для детального фізичного моделювання початкового розпаду безпосередньо біля зрізу сопла застосовуються високоточні CFD-методи відстеження та захвату інтерфейсу розділу фаз.

Такі методи є обчислювально місткими, але надають детальну інформацію про топологію інтерфейсу та механізм утворення рідких плівок і "листів". Робота виділяє та порівнює такі інтерфейсні підходи:

- VOF (Volume-of-Fluid): масозберігаючий консервативний підхід, заснований на транспорті функції заповненості комірок рідиною. Він відмінно моделює великі розриви струменя, реалізований в OpenFOAM (interFoam) та DNS/LES кодах, але має обмеження через дифузію інтерфейсу без додаткової геометричної реконструкції;

- Level-Set (LS): базується на еволюції підписаної дистанційної функції. Метод забезпечує отримання гладкої геометрії та дуже точний розрахунок кривини інтерфейсу, проте не зберігає масу в чистому вигляді, тому потребує процедури ребазування або комбінування з VOF (гібридний метод CLSVOF);

- Front-Tracking (FT): передбачає явне відстеження рухомої сітки інтерфейсу, що гарантує високу точність, але супроводжується значною складністю алгоритмів при ремешингу.

- SPH (Lagrangian mesh-free) та LBM (Lattice-Boltzmann Method): безсіткові та решіткові підходи, що природно відтворюють великі деформації та розриви, але є чутливими до вибору ядра в'язкості та моделей змочування.

Висновок.

Результати аналізу обчислювальних сіток показали, що локальне згущення сітки в зоні соплового отвору (до 1,6 млн комірок) забезпечує оптимальний баланс між обчислювальними витратами та точністю визначення кута розпилу, підтверджуючи збіжність моделі з паспортними даними виробника.

Список використаних джерел

1. Сировицький К.Г., Шуляк М.Л., Зубко В.М., Панкова О.В. (2025). Обґрунтування гідродинаміки факела розпилу щілинної гідравлічної форсунки. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: Механізація та автоматизація виробничих процесів, (3 (61), 142-150. DOI https://doi.org/10.32782/msnau.2025.3.20.

УДК 631.171

ОСОБЛИВОСТІ ЩІЛИННИХ ФОРСУНОК У ПОРІВНЯННІ З ІНШИМИ ТИПАМИ ГІДРАВЛІЧНИХ РОЗПИЛЮВАЧІВ

Сировицький К.Г., старший викладач

Сумський національний аграрний університет

Гідравлічні розпилювачі без піддуву класифікуються за геометричними особливостями каналів та домінуючим фізичним механізмом руйнування потоку рідини.

У роботі проведено глибокий порівняльний аналіз щілинних форсунок з іншими поширеними типами розпилювачів:

- прямоточні форсунки (plain-orifice): мають подовжену геометрію каналу (L/d = 3...10), працюють у широкому діапазоні тисків (5...200 бар), де розпад керується нестійкістю КН за схемою "ядро струменя → ліги →краплі", формуючи малий або середній кут факела.
- вихрові тискові форсунки (pressure-swirl): оснащені спеціальною камерою завихрення, формують порожнистий конічний факел із широким кутом (30...80°) за рахунок розпаду тонкої рідинної плівки по краю конуса під дією відцентрових сил.
- щілинні / віялові форсунки (flat-fan): характеризуються наявністю специфічного щілинного сопла, яке генерує плоский профіль витрати типу "віяло". Механізм розпаду базується на розриві плаского плівки та розвитку крайових ліг. Вони працюють у діапазоні низьких та середніх тисків (2...20 бар), забезпечують широкий кут факела (60...120°) і є найбільш придатними для точного агророзпилення засобів захисту рослин завдяки високій рівномірності покриття поверхні при перекритті сусідніх факелів на штанзі обприскувача.

Висновок.

Таким чином, проведений порівняльний аналіз гідравлічних розпилювачів дозволив систематизувати їх за геометричними особливостями робочих каналів, робочим тиском та фізичними механізмами розпаду рідини. Установлено, що на відміну від прямоточних (керованих нестійкістю КН) та вихрових форсунок, щілинні (віялові) розпилювачі мають оптимізований для умов агросектору діапазон тисків (2…20 бар) та широкий кут факела (60°…120°). Це обґрунтовує їхнє пріоритетне застосування в технологіях точного обприскування посівів, оскільки специфіка формування плоского віялового потоку забезпечує максимальну рівномірність покриття цільової поверхні при взаємному перекритті факелів на штанзі.

УДК 631.171

МЕТОДИКА ВІДНОВЛЕННЯ РЕАЛЬНОЇ ГЕОМЕТРІЇ ВНУТРІШНІХ КАНАЛІВ ЗНОШЕНОГО РОЗПИЛЮВАЧА

Сировицький К.Г., старший викладач

Сумський національний аграрний університет

На етапі практичного створення цифрової геометричної моделі форсунки виникає серйозна проблема визначення фактичних внутрішніх розмірів її робочих каналів.

Дана проблема зумовлена тим, що фірми-виробники розпилювачів у супровідній довідковій літературі та каталогах не надають точних геометричних параметрів внутрішніх порожнин сопла, а у процесі експлуатації ці розміри додатково змінюються через знос. Для подолання цього обмеження та точного відтворення реальної зношеної геометрії в роботі було застосовано оригінальну оптико-механічну методику з використанням спеціалізованої вимірювальної лупи Брінелля.

Це дозволило провести прямі інструментальні вимірювання фактичних розмірів внутрішніх каналів розпилювача та вихідного соплового отвору з високою точністю (до часток міліметра). Отримані експериментальні лінійні та кутові параметри послужили базовою основою для побудови точної тривимірної твердотільної CAD-моделі розпилювача в середовищі SolidWorks, яка в подальшому імпортувалася в розрахунковий комплекс ANSYS CFD для проведення багатофазного гідродинамічного аналізу методом кінцевих об’ємів. Такий підхід дозволив повністю відійти від ідеалізованих моделей і врахувати реальний експлуатаційний стан форсунки.

Висновок.

Запропонована оптико-механічна методика із використанням лупи Брінелля та CAD-моделювання в SolidWorks довела свою ефективність для ідентифікації реальних геометричних параметрів зношених форсунок, що забезпечує високу адекватність вхідних даних для моделювання.

Список використаних джерел

1. Мельник В. І., Сировицький К. Г., Шуляк М. Л., Панкова О. В. Методика проведення експериментальних досліджень технічного стану щілинних гідравлічних розпилювачів самохідних обприскувачів. Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Серія: Автомобіле-та тракторобудування. - Харків : Вид-во ХПІ, 2021. - Вип. 1. - С. 60-66. - DOI 10.20998/2078-6840.2021.1.07.

УДК 631.171

ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РОЗРАХУНКОВОЇ СІТКИ ТА ВЕРИФІКАЦІЯ ІМІТАЦІЙНОЇ МОДЕЛІ

Сировицький К.Г., старший викладач

Сумський національний аграрний університет

Для дослідження впливу просторової дискретизації на точність результатів імітаційного моделювання було розроблено та досліджено кілька типів обчислювальних сіток.

У межах розрахункової області ANSYS CFD було проведено порівняльний аналіз двох рівнів деталізації: грубої сітки (що містила приблизно 400 тисяч обчислювальних комірок) та дрібної сітки (яка налічувала близько 1,6 мільйона комірок). Також було детально досліджено та порівняно три різні топологічні типи комірок: обрізані комірки (які переважно складаються з гексаедрів, але допускають тетраедричні елементи), поліедричні комірки та класичні тетраедричні комірки.

Шляхом штучного розбиття внутрішнього об'єму сопла на кілька суміжних підобластей вдалося ефективно застосувати значно менший базовий розмір комірок безпосередньо навколо критичної зони соплового отвору та в зоні початкового формування факела. Це дозволило зберегти оптимальну загальну кількість елементів сітки без надмірного перевантаження обчислювальних ресурсів ПК. Процедура верифікації розробленої фізико-математичної моделі базувалася на порівнянні розрахованого кута розпилення із паспортним кутом, що декларується заводом-виробником форсунки, продемонструвавши високу адекватність, збіжність та точність розробленої імітаційної моделі.

Висновок.

Практична цінність розробленої комплексної імітаційної моделі полягає у можливості її використання для оптимізації режимів роботи обприскувачів, прогнозування строків заміни розпилювальних елементів та мінімізації ризиків екологічного забруднення навколишнього середовища через вітрове знесення аерозолів.

Список використаних джерел

1. Сировицький К. Г., Шуляк М. Л., Мельник В. І. Результати досліджень технічного стану гідравлічних розпилювачів для захисту рослин. Вісник Сум. нац. аграр. ун-ту. Серія: Механізація та автоматизація виробничих процесів. - Суми : Вид-во СНАУ, 2021. - Вип. 2 (44). - С. 41-44. - DOI 10.32845/msnau.2021.2.9.

Секція 4

МЕХАТРОНІКА, БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ

УДК 631.15:614.8

БЕЗПЕКА ПРАЦІ ПРИ ВИКОРИСТАННІ БЕЗПІЛОТНИХ ТЕХНОЛОГІЙ В АПК

Фесенко А.М., ст. викладач, Ляшенко С.О., д.т.н., проф.

Державний біотехнологічний університет

У тезах розглянуті особливості використання безпілотних літальних апаратів у сільському господарстві та проаналізовано основні ризики на небезпечні фактори при їх експлуатації. Запропоновано напрямки підвищення рівня безпеки праці операторів безпілотних систем.

Сучасний розвиток агропромислового комплексу, як і багатьох інших сфер життя, характеризується активним впровадженням цифрових технологій та автоматизованих систем. Одним із найбільш затребуваних та перспективних напрямів є використання безпілотних літальних апаратів та безпілотних наземних комплексів для моніторингу посівів, внесення засобів захисту рослин, аналізу стану ґрунтів та контролю врожайності. Завдяки картографуванню можна визначати проблемні ділянки і локально коригувати процес вирощування і розвитку рослин. [2]

Застосування дронів дозволяє підвищити ефективність аграрного виробництва, зменшити витрати ресурсів та мінімізувати вплив людського фактора. Водночас, важливим питанням організації аграрного виробництва є забезпечення не лише ефективного, а й безпечного виробничого процесу [1,3]. А експлуатація безпілотних систем супроводжується низкою небезпечних факторів, які можуть негативно впливати на безпеку праці операторів та обслуговуючого персоналу.

До основних ризиків при використанні безпілотних технологій в АПК можна віднести:

- Ураження електричним струмом під час заряджання акумуляторів;
- Травмування обертовими елементами дрона;
- Вплив хімічних речовин при аерозольному внесенні пестицидів;
- Порушення правил експлуатації за несприятливих погодних умов;
- Психофізіологічне навантаження на оператора.

Особливої уваги потребує питання використання дронів для обробки полів. У такому випадку оператор може контактувати з небезпечними хімічними речовинами. З метою зниження ризиків необхідно використовувати засоби індивідуального захисту: респіратори, захисні окуляри, рукавички та спеціальний одяг.

Щоб запобігти ураженню електричним струмом під час заряджання акумуляторів безпілотних літальних апаратів необхідно використовувати справне обладнання, забезпечувати заземлення електромережі, дотримуватись вимог експлуатації акумуляторних систем та проводити регулярний контроль технічного стану зарядних пристроїв.

Важливим аспектом підвищення безпеки є проведення навчання персоналу. Оператор безпілотного літального апарата повинен володіти навичками керування технікою, знати правила охорони праці та вміти діяти в аварійних ситуаціях.

Експлуатація безпілотних технологій у сільському господарстві за несприятливих погодних умов може супроводжуватись втратою керованості дронами, підвищенням травматизму персоналу, ураженням електричним струмом та виникненням аварійних ситуацій. Тому варто здійснювати постійних контроль метеорологічних факторів і дотримуватись вимог охорони праці [4].

Крім того, необхідно здійснювати регулярний технічний контроль обладнання, перевірку стану акумуляторів, систем навігації та програмного забезпечення. Це дозволяє мінімізувати ризик аварійних ситуацій та підвищити надійність роботи техніки.

В Україні поступово формується нормативна база щодо безпечної експлуатації безпілотних систем. Є вже розроблені окремі інструкції і нормативні документи, що регламентують роботу з безпілотними системами, однак, єдиної примірної інструкції для цивільного використання дронів в АПК поки немає. Підприємства аграрного комплексу розробляють локальні інструкції з охорони праці для операторів БПЛА на основі Закону України «Про охорону праці», авіаційних правил та галузевих нормативних документів [5,6,7].

Таким чином, використання безпілотних технологій у сільському господарстві є перспективним напрямком розвитку АПК, але потребує комплексного підходу до забезпечення безпеки життєдіяльності працівників. Дотримання вимог охорони праці, належна підготовка операторів та технічний контроль обладнання є основними умовами безпечної експлуатації безпілотних систем.

Список використаних джерел

1. Закон України «Про охорону праці».

2. Рева С.В. Сучасні технології використання БПЛА в аграрному секторі // *Аграрна техніка та технології*. — 2024.

3. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці. — Львів: Афіша, 2022.

4. Довгань В. Виклики використання дронів у складних погодних умовах.// *Аграрні перспективи*. 2020. №12. С. 10-14.

5. ДСТУ ISO 45001:2019. Системи управління охороною здоров’я та безпекою праці.

6. Інструкція з охорони праці оператора наземних засобів керування безпілотних літальних апаратів.

7. Про затвердження Правил виконання польотів безпілотними авіаційними комплексами державної авіації України:

УДК 691.11.004.8:69.059.62

МІЖНАРОДИЙ ДОСВІД ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ДЕРЕВИНИ УТВОРЕНИХ ВІД РУЙНАЦІЇ БУДІВЕЛЬ

Лактіонов В. А.[1] студент, Черепньов І.А.[1] к.т.н., доцент, Пісня Л. А.[2] к.т.н.

[1]Державний біотехнологічний університет

[2] Науково-дослідна установа «Український науково-дослідний інститут екологічних проблем»

Метою дослідження є аналіз міжнародного досвіду у повторному використання відходів деревини та його використання для відновленні будівель під час воєнного стану та як вторинної сировини для будівельної галузі у повоєнному «зеленому» відновленні України. Також висвітлено ключові аспекти нормативно-правового та практичного нетривалого досвіду в Україні щодо управління відходами руйнації в територіальній громаді Гостомеля.

Автори публікації [1] узагальнили багаторічний досвід наукового аналізу результатів, чому відходи деревини здебільшого переробляються, а лише невелика їх частина повторно використовується у будівництві, а також наслідки, до яких може призвести більш висока частка їх повторного використання. У висновках вони підкреслюють, що застосуванню деревних відходів насамперед перешкоджають економічні бар'єри (високі витрати, ринкові обмеження та складність регулювання), соціальні бар'єри (обмежена обізнаність про циклічні методи, ризики для якості, брак досвіду та кваліфікації), екологічні бар'єри (проблеми логістики та забруднюючих речовин), технічні бар'єри (неадекватні дані про сортування та якість, невідповідності матеріалів та неоднорідні потоки) та нормативні бар'єри (юридичні обмеження на повторне використання, роздроблення стандартів для різних країн та складність управління такими відходами).

Опубліковані результати дослідження [2] акцентують, що можна отримати якісний легкий конструкційний бетон, замінивши звичайну кількість піску тирсою, а також цементну золу тирсою замість цементу в бетонній суміші, додавши від 5% до 15%, що є технологічно виправданим. Крім того, можна виробляти цеглу та блоки з тирси з характеристиками стиснення та водопоглинання, що відповідають міжнародним стандартам, замінюючи 10-30% піску, що використовується при виробництві блоків та цегли, на тирсу. Композит з деревної тирси також має хороші тепло- та звукоізоляційні властивості, що робить його придатним для використання в стінах, дахах і підлогах.

Зазначене в [2] часте використання деревної тирси в будівельній галузі значно допоможе у створенні та використанні екологічно чистих і стійких будівельних матеріалів. Крім того, використання тирси в будівельних цілях зведе до мінімуму викиди CO^2, пов'язані з використанням натуральних будівельних матеріалів, заощадить енергію та допоможе зберегти невідновлювані будівельні ресурси. Тому країнам, що розвиваються, слід розглядати тирсу як потенційний побічний продукт, корисний у будівельній галузі, а не як відходи.

Висвітлене в [3] підкреслює, що в ЄС відходи будівництва та знесення будівель (CDW) становлять приблизно 30 % від загального обсягу утворених відходів. Щорічно це становить до 800 мільйонів тонн (Європейська комісія, 2016a, 2016b). Крім того, CDW містить низку цінних матеріалів, таких як мінерали, пластмаси, метали та деревина. З цих причин ЄС поставив перед своїми державами-членами амбітну мету щодо утилізації матеріалів. У Фінляндії частка деревини в CDW (36%) помітно вища порівняно з деякими іншими країнами-членами ЄС, де ця частка становить лише 2–4%. Метали та інші матеріали, такі як пластик і картон, зазвичай становлять меншу частину CDW. Каміння, ґрунт і гравій у цих композиційних пропорціях не враховуються.

Поводження з відходами від руйнувань в Україні регулюють такі урядові документи: 1) «Порядок виконання невідкладних робіт щодо ліквідації наслідків збройної агресії РФ пов'язаних із пошкодженням будівель та споруд, затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 19 квітня 2022 р. № 473 [4]; 2) «Порядок виконання робіт з демонтажу об'єктів, пошкоджених або зруйнованих внаслідок надзвичайних ситуацій, воєнних дій або терористичних актів», затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 19 квітня 2022 р. № 474 [5]; 3) Порядок поводження з відходами, що утворились у зв'язку з пошкодженням (руйнуванням) будівель та споруд внаслідок бойових дій, терористичних актів, диверсій або проведенням робіт з ліквідації їх наслідків, затверджений постановою Кабінету Міністрів України від 27 вересня 2022 р. № 1073 [6].

Як громадам на місцях правильно організувати розбирання завалів після “прильоту” та демонтаж пошкоджених чи зруйнованих об’єктів, як і де зберігати відходи від руйнувань і як вести облік таких відходів в Україні висвітлено в [7] з допомогою фахівців Програми “U-LEAD з Європою”. Селище Гостомель під Києвом унаслідок російської агресії зазнало руйнувань на 40%: різного ступеня пошкодження зазнали 4 553 будівель із 11 874, а 905 із них були зруйновані вщент або зазнали сильних руйнувань. Відповідно й обсяг відходів від руйнувань був величезним. Також в [7] зазначалося, що станом на лютий 2023 року обсяг відходів руйнації в Україні через військову агресію уже становив близько 10-12 мільйонів тонн. Нажаль, ця цифра щоденно зростає.

Відходи, що утворилися: внаслідок пошкодження (руйнування) об'єктів і/або в результаті демонтажу пошкоджених (зруйнованих) об'єктів, а саме: якщо їх поетапно контрольовано частково чи повністю розібрали на окремі елементи та вироби або сталося неконтрольоване знесення. Рішення про розміщення місць тимчасового зберігання таких відходів ухвалюють Київська військова (Київська міська) та обласні військові (державні) адміністрації.

На території для тимчасового зберігання відходів від руйнувань мають бути ділянки для:

- тимчасового зберігання відходів,
- сортування,
- оброблення (перероблення),
- тимчасового зберігання отриманої вторинної сировини,

- розміщення дробильно-сортувальних та інших установок,
- тимчасових споруд, необхідних для здійснення операцій з поводження з відходами від руйнування.

Територія для тимчасового зберігання відходів від руйнувань теж не може бути випадкова — є спеціальні правила. Так, така територія має бути розміщена за:

- 2 кілометри — від об'єктів водного фонду;
- 0,5 кілометра — від житлової та громадської забудови, об'єктів соціальної інфраструктури;
- 0,2 кілометра — від сільськогосподарських угідь, доріг загального користування та залізничних шляхів загальної мережі;
- 0,05 кілометра — від лісів.

У місці, де зберігатимуть відходи від руйнувань, обов'язково має бути тверда та рівна основа або покриття. Це може бути бетон, асфальт або ущільнений ґрунт, покритий шаром геомембрани завтовшки не менше ніж 1,5 міліметра, захищеної від механічних пошкоджень шаром завтовшки не менше 0,5 метра.

Водночас у місці збереження відходів мають бути в'їзд та під'їзні дороги, що забезпечують безперешкодний проїзд транспортних засобів. У тому числі має бути забезпечений вільний проїзд для пожежної та іншої спеціальної техніки (якщо тут зберігатимуться горючі відходи).

Крім того, у такому місці бути забезпечений розрахунковий об'єм води для зовнішнього пожежогасіння (якщо тут зберігатимуться горючі відходи).

За потреби слід облаштувати:

- організоване відведення води, що утворюється внаслідок випадання атмосферних опадів;
- огородження периметра;
- освітлення території.

Дві функції місць тимчасового зберігання відходів від руйнувань: по-перше, відходи від руйнувань тут зберігають протягом періоду воєнного стану та одного року з дня припинення або скасування воєнного стану; по-друге, тут обробляють (переробляють) виключно основні компоненти відходів від руйнувань, що не містять та/або не забруднені небезпечними відходами.

Як саме обробляють основні компоненти відходів від руйнувань: відокремлюють компоненти відходів; дроблять їх; фракціонують.

Важливо зауважити, що заборонено: зберігати відходи від руйнувань поза межами визначених місць їх тимчасового зберігання або об'єктів поводження з відходами; змішувати відходи від руйнувань під час їх зберігання; розміщувати інші відходи на місцях тимчасового зберігання відходів від руйнувань.

Висновок.

Таким чином, для екологічного та економічного використання деревних відходів в Україні важливо використання системного підходу з управління відходами руйнації в територіальних громадах. Управління відходами має організовуватися для переробки відходів безпосередньо на місці утворення, що

знизить економічні бар'єри (високі витрати, ринкові обмеження та складність регулювання), створить робочі місця та підвищить соціальний інтерес у громадах (обмежена обізнаність про циклічні методи, ризики для якості, брак досвіду та кваліфікації), знизить ризики тривалого екологічного забруднення територій (проблеми логістики та забруднюючих речовин), технічні бар'єри пов'язані з відсутністю мобільних хабів з переробки та реалізації вторинної сировини з відходів деревини (неадекватні дані про сортування та якість, невідповідності матеріалів та неоднорідні потоки) та нормативні бар'єри (юридичні обмеження на повторне використання, роздроблення стандартів для різних країн та складність управління такими відходами).

Список використаних джерел

1. Cakaj A., Hesse L., Krause A. and all. Barriers and Potentials for Circular Use of Waste Wood in Construction and Demolition Sector with Special Focus on Germany. Urban Sci. 2025, Vol. 9, № 9. 367. doi.org/10.3390/urbansci9090367.

2. Olaiya B., Muhammad M. Kolawole L., Olonade A. Utilization of sawdust composites in construction—a review. Discover Applied Sciences. 2023. Vol. 5:140. doi.org/10.1007/s42452-023-05361-4

3. Miia L., Kaisa G, Ivan, D., Jouni H. and all. Construction and demolition waste as a raw material for wood polymer composites – Assessment of environmental impacts. Journal of Cleaner Production. 2019. Vol. 225. P. 716-727. doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.03.348.

4. Про затвердження Порядку виконання невідкладних робіт щодо ліквідації наслідків збройної агресії Російської Федерації, пов'язаних із пошкодженням будівель та споруд : Постанова Кабінету Міністрів України; Порядок від 19.04.2022 № 473 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/473-2022-%D0%BF (дата звернення: 15.05.2026)

5. Про затвердження Порядку виконання робіт з демонтажу об'єктів, пошкоджених або зруйнованих внаслідок надзвичайних ситуацій, воєнних дій або терористичних актів : Постанова Кабінету Міністрів України; Порядок, Форма типового документа, Акт від 19.04.2022 № 474 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/474-2022-%D0%BF (дата звернення: 15.05.2026)

6. Про затвердження Порядку управління відходами, що утворились у зв'язку з пошкодженням (руйнуванням) будівель та споруд внаслідок бойових дій, терористичних актів, диверсій або проведенням робіт з ліквідації їх наслідків та внесення змін до деяких постанов Кабінету Міністрів України : Постанова Кабінету Міністрів України; Порядок, Перелік, Форма типового документа, Форма від 27.09.2022 № 1073 // База даних «Законодавство України» / Верховна Рада України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/1073-2022-%D0%BF (дата звернення: 15.05.2026)

7. Під ударом війни: що робити з відходами від руйнувань у громадах? URL: https://rubryka.com/article/vidhody-vid-rujnuvan-u-gromadah/

УДК 631.372

ВПЛИВ СТІЙКОСТІ РУХУ ОРНОГО АГРЕГАТУ НА ЯКІСТЬ ПРОЦЕСУ ОРАНКИ

Шаповал В.В., асп.

Державний біотехнологічний університет

В роботі обґрунтовано метод оцінки впливу стійкості руху орного агрегату на якість процесу оранки.

Сучасні умови функціонування аграрного виробництва висувають підвищені вимоги до якості виконання технологічних операцій основного обробітку ґрунту. Оранка як базова операція формує агрофізичні властивості орного шару, визначає водно-повітряний режим ґрунту, впливає на врожайність культур і загальну енергетичну ефективність виробництва. У цьому контексті особливої актуальності набуває проблема забезпечення стійкості руху орного агрегату, що є визначальним чинником стабільності технологічних параметрів процесу.

Орний агрегат «трактор–плуг» являє собою складну динамічну систему з багатьма ступенями вільності, у якій взаємодіють маси, пружні та демпфуючі елементи навісної системи, а також змінні сили тягового опору. Під стійкістю руху трактора розуміють його здатність зберігати задану траєкторію, швидкісний режим і просторове положення під впливом зовнішніх збурювальних факторів — змінної щільності ґрунту, нерівностей мікрорельєфу, асиметричного навантаження з боку плуга. Порушення курсової та поперечної стійкості спричиняє відхилення агрегату від прямолінійного руху, що безпосередньо відображається на геометрії борозни та рівномірності глибини обробітку.

Аналіз силової взаємодії показує, що при роботі плуга виникають горизонтальні та вертикальні складові тягового опору, які створюють повертальні моменти відносно центра мас трактора. Якщо лінія дії результуючої сили тяги не проходить через центр опору руху, виникає додатковий момент, що зумовлює кутові коливання енергетичного засобу. Такі коливання трансформуються у зміну положення навісної системи, а отже — у варіацію глибини оранки. Практичні дослідження свідчать, що навіть незначні відхилення кута нахилу трактора можуть спричиняти зміну глибини обробітку на 5–10 %, що виходить за межі агротехнічних вимог.

Стійкість руху плуга є не менш важливою складовою якості процесу. Плуг у робочому положенні піддається змінному навантаженню, величина якого залежить від фізико-механічних властивостей ґрунту та швидкості руху агрегату. Вертикальні коливання плуга призводять до нерівномірності глибини ходу, а поперечні зміщення — до зміни ширини захвату корпусів і порушення повноти перевертання скиби. Крім того, нестабільність положення робочих органів

спричиняє періодичне зростання тягового опору, що підвищує динамічне навантаження на трансмісію трактора та збільшує витрати палива.

Суттєвою особливістю функціонування орного агрегату є наявність зворотного динамічного зв'язку між трактором і плугом. Коливання плуга формують асиметричні тягові сили, які погіршують курсову стійкість трактора, а нестабільність трактора, у свою чергу, змінює просторове положення плуга. У результаті формується замкнена коливальна система, у якій амплітуда збурень може зростати при певних швидкісних режимах, наближаючись до резонансних значень. Це знижує не лише якість обробітку, а й надійність елементів агрегату.

Якість процесу оранки в умовах нестійкого руху характеризується такими негативними проявами:

– збільшенням коефіцієнта варіації глибини обробітку;

– порушенням прямолінійності борозни;

– виникненням необроблених смуг або перекриттів;

– підвищенням питомої витрати палива;

– зростанням динамічних навантажень і зношування робочих органів.

Таким чином, забезпечення динамічної стійкості агрегату є передумовою підвищення техніко-економічних показників його роботи.

Покращення стійкості руху орного агрегату доцільно здійснювати комплексно. Першочергове значення має оптимізація геометрії агрегатування: правильне встановлення лінії тяги, регулювання довжини центральної тяги навісного механізму, мінімізація бокового зміщення центра тягового опору відносно поздовжньої осі трактора. Це дозволяє зменшити повертальні моменти та забезпечити рівномірний розподіл навантаження між колесами.

Другим напрямом є підвищення поперечної та поздовжньої стійкості трактора шляхом раціонального баластування, збільшення колії, оптимізації розподілу мас між осями. Раціональний підбір параметрів шин та тиску в них також сприяє підвищенню коефіцієнта зчеплення з ґрунтом і зменшенню буксування.

Третій напрям пов'язаний із удосконаленням навісної системи та конструкції плуга. Підвищення жорсткості з'єднань, використання демпфуючих елементів, застосування копіювальних коліс і гідравлічних систем регулювання глибини дозволяє зменшити амплітуду вертикальних коливань робочих органів.

Перспективним є впровадження автоматизованих систем керування, що включають електронне регулювання навісного механізму та супутникові системи курсової стабілізації. Використання автопілотування дозволяє зменшити відхилення траєкторії руху, підвищити прямолінійність борозни та скоротити перекриття. Електронні системи контролю тягового зусилля забезпечують адаптивну зміну глибини оранки залежно від змін ґрунтових умов.

Отже, стійкість руху трактора і плуга є взаємопов'язаними параметрами, що визначають якість технологічного процесу оранки та ефективність експлуатації орного агрегату. Комплексне вдосконалення конструктивних і експлуатаційних параметрів системи «трактор–плуг» забезпечує підвищення рівномірності

обробітку ґрунту, зниження енерговитрат та підвищення ресурсу машин, що відповідає сучасним вимогам ресурсозбереження та технологічної надійності.

Список літератури

1. Roman Antoshchenkov, Ivan Halych, Viktor Antoshchenkov, Anton Nykyforov, Liliia Kis-Korkishchenko, Halyna Cherevatenko, Dmytro Smitskov. Measuring system of dynamics and energy of mobile machines: monograph. – Katowice: Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 2024. – 150 p.

2. Антощенков Р. В., Галич І. В., Череватенко Г. І. Динаміка та енергетика руху машинно-тракторного агрегату з урахуванням профілю опорної поверхні: монографія. – Харків: ДБТУ, 2024. – 100 с.

3. R. Antoshchenkov, V. Antoshchenkova, V. Kis, D. Smitskov. Increasing accuracy of measuring functioning parameters of agricultural units. Engineering for Rural Development, 2023, 22. P. 210–215.

4. Antoshchenkov, R., Halych, I., Nikiforov, A., Cherevatenko, H., Chyzhykov, I., Sushko, S., Ponomarenko, N., Diundi, S., Tsebriuk, I. Determining the influence of geometric parameters of the traction-transportation vehicle's frame on its tractive capacity and energy indicators. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2022. 2 (7-116), pp. 60-61. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.254688.

5. Volodymyr Bulgakov, Roman Antoshchenkov, Valerii Adamchuk, Ivan Halych, Yevhen Ihnatiev, Ivan Beloev, Semjons Ivanovs. Investigation of the tractor performance when ballasting its rear half-frame. INMATEH –Agricultural Engineering, 2022. Vol. 68. No. 3. PP. 533–542.

6. Антощенков Р. В., Никифоров А. О., Череватенко Г. І., Антощенков В. М. Мікропроцесорна вимірювальна система динаміки та енергетики мобільних машин. *Український журнал прикладної економіки та техніки*, 2021. Том 6. № 4. С. 241–248.

7. Galych I., Antoshchenkov R., Antoshchenkov V., Lukjanov I., Diundik S., Kis O. Estimating the dynamics of a machine-tractor assembly considering the effect of the supporting surface profile . Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1(7 (109), 51–62. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.225117.

8. Bulgakov, V., Ivanovs, S., Adamchuk, V., Antoshchenkov R. Investigations of the Dynamics of a Four-Element Machine-and-Tractor Aggregate. *Acta Technologica Agriculturae*. Vol. 22, Is. 4, 1 December 2019, P. 146-151.

9. Антощенков Р. В., Антощенков В. М., Фабричнікова І. А., Сміцков Д. С., Кісь О. В. Визначення динаміки колеса мобільної машини. *Український журнал прикладної економіки та техніки*, 2023. Т. 8. № 4. С. 115–120.

10. Антощенков Р. В., Череватенко Г. І., Задорожний В. П., Світличний О. В., Кусков М. А. Дослідження динаміки повнопривідної тягово-транспортної машини. *Український журнал прикладної економіки та техніки*, 2023. Т. 7. № 3. С. 125-135.

11. Roman Antoshchenkov, Ivan Halych, Anton Nikiforov, Halyna Cherevatenko, Serhii Sheptun. Study of inter-wheel differential influence on dynamics of traction and transport machine. Engineering for Rural Development, 2025, 24. 234–241. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF046.

УДК 631.372

ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА КОЛІСНИХ, ГУСЕНИЧНИХ ТА ЧОТИРИГУСЕНИЧНИХ РУШІЙНИХ СИСТЕМ ТРАКТОРІВ У КОНТЕКСТІ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МАШИННО-ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТІВ

Гембарський М.В., асп.

Державний біотехнологічний університет

В роботі наведено порівняльну оцінку колісних, гусеничних та чотиригусеничних рушійних систем тракторів у контексті підвищення ефективності машинно-тракторних агрегатів.

Підвищення ефективності експлуатації машинно-тракторних агрегатів значною мірою залежить від типу рушійної системи трактора. Саме рушій визначає можливість реалізації тягового потенціалу двигуна, величину буксування, ступінь ущільнення ґрунту та енергетичну ефективність виконання технологічних операцій. У сучасному тракторобудуванні застосовуються три основні типи рушійних систем: колісні, гусеничні та чотиригусеничні. Кожен із цих типів має конструктивні особливості, які по-різному впливають на тягові показники та експлуатаційні характеристики машинно-тракторних агрегатів.

Колісні трактори є найбільш поширеними завдяки універсальності, простоті конструкції та високій транспортній швидкості. Пневматичні шини забезпечують еластичний контакт із ґрунтом, що позитивно впливає на плавність руху та зменшує динамічні навантаження. Можливість регулювання тиску повітря в шинах дозволяє змінювати площу контакту з ґрунтом залежно від умов роботи. Проте колісні рушії мають відносно меншу площу контакту порівняно з гусеничними системами, що обмежує величину реалізованого тягового зусилля, особливо на вологих або слабонесучих ґрунтах. У складних польових умовах це призводить до зростання буксування та підвищених втрат енергії.

Гусеничні трактори відзначаються значно більшою площею контакту з ґрунтом, що забезпечує кращий розподіл навантаження і зниження питомого тиску на поверхню поля. Завдяки цьому підвищується зчеплення з ґрунтом і реалізується більше тягове зусилля при однаковій масі трактора. Зменшення буксування дозволяє ефективніше використовувати потужність двигуна та знижувати витрати палива під час виконання енергоємних операцій, зокрема оранки та глибокого розпушування. Крім того, менший тиск на ґрунт сприяє зменшенню його ущільнення, що має важливе агротехнічне значення. Водночас гусеничні трактори характеризуються нижчою транспортною швидкістю, більш складною конструкцією та вищими витратами на технічне обслуговування.

Чотиригусеничні трактори поєднують конструктивні переваги гусеничного рушія з підвищеною маневровістю, притаманною шарнірно-зчленованим колісним машинам. Кожен гусеничний модуль має незалежний контакт із ґрунтом, що забезпечує рівномірний розподіл маси та підвищену стійкість руху.

Такі системи демонструють мінімальні значення буксування навіть у складних ґрунтових умовах та дозволяють реалізувати максимальне тягове зусилля без перевантаження окремих елементів ходової частини. Чотиригусеничні трактори є особливо ефективними при роботі з широкозахватними та важкими агрегатами. Разом із тим, їх застосування супроводжується високою вартістю придбання та обслуговування.

Порівняльний аналіз показує, що зі збільшенням площі контакту рушія з ґрунтом зростає можливість реалізації тягового зусилля та зменшується буксування. Для колісних тракторів у польових умовах характерні вищі значення буксування, особливо при підвищеній вологості ґрунту. Гусеничні системи забезпечують стабільніші тягові характеристики та менші втрати на пробуксовування. Чотиригусеничні рушії дозволяють досягти найменших показників буксування, що позитивно впливає на паливну економічність та довговічність вузлів трансмісії.

Зменшення буксування має комплексний позитивний ефект: підвищується коефіцієнт використання потужності двигуна, зменшуються витрати палива, знижується зношування рушійних елементів, покращується рівномірність виконання технологічної операції. Крім того, стабільність тягового режиму сприяє підвищенню якості обробітку ґрунту та зменшенню нерівномірності глибини.

Отже, вибір типу рушійної системи повинен здійснюватися з урахуванням конкретних умов експлуатації, типу ґрунту, енергетичної насиченості агрегату та характеру виконуваних робіт. Колісні трактори доцільні для універсального використання та транспортних операцій; гусеничні — для важких польових робіт у складних ґрунтових умовах; чотиригусеничні — для роботи з потужними широкозахватними агрегатами, де критичними є показники тягової ефективності та мінімального буксування.

Оптимізація параметрів рушійної системи — зокрема ширини шин, тиску в них, довжини опорної поверхні гусениці та розподілу маси трактора — є ефективним напрямом підвищення експлуатаційної ефективності машинно-тракторних агрегатів і зниження енерговитрат у сучасному аграрному виробництві.

Список літератури

1. Roman Antoshchenkov, Ivan Halych, Viktor Antoshchenkov, Anton Nykyforov, Liliia Kis-Korkishchenko, Halyna Cherevatenko, Dmytro Smitskov. Measuring system of dynamics and energy of mobile machines: monograph. – Katowice: Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 2024. – 150 p.

2. Антощенков Р. В., Галич І. В., Череватенко Г. І. Динаміка та енергетика руху машинно-тракторного агрегату з урахуванням профілю опорної поверхні: монографія. – Харків: ДБТУ, 2024. – 100 с.

3. R. Antoshchenkov, V. Antoshchenkova, V. Kis, D. Smitskov. Increasing accuracy of measuring functioning parameters of agricultural units. Engineering for Rural Development, 2023, 22. P. 210–215.

4. Antoshchenkov, R., Halych, I., Nikiforov, A., Cherevatenko, H., Chyzhykov,

I., Sushko, S., Ponomarenko, N., Diundi, S., Tsebriuk, I. Determining the influence of geometric parameters of the traction-transportation vehicle's frame on its tractive capacity and energy indicators. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2022. 2 (7-116), pp. 60-61. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.254688.

5. Volodymyr Bulgakov, Roman Antoshchenkov, Valerii Adamchuk, Ivan Halych, Yevhen Ihnatiev, Ivan Beloev, Semjons Ivanovs. Investigation of the tractor performance when ballasting its rear half-frame. INMATEH –Agricultural Engineering, 2022. Vol. 68. No. 3. PP. 533–542.

6. Антощенков Р. В., Никифоров А. О., Череватенко Г. І., Антощенков В. М. Мікропроцесорна вимірювальна система динаміки та енергетики мобільних машин. *Український журнал прикладної економіки та техніки*, 2021. Том 6. № 4. С. 241–248.

7. Galych I., Antoshchenkov R., Antoshchenkov V., Lukjanov I., Diundik S., Kis O. Estimating the dynamics of a machine-tractor assembly considering the effect of the supporting surface profile . Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1(7 (109), 51–62. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.225117.

8. Bulgakov, V., Ivanovs, S., Adamchuk, V., Antoshchenkov R. Investigations of the Dynamics of a Four-Element Machine-and-Tractor Aggregate. *Acta Technologica Agriculturae*. Vol. 22, Is. 4, 1 December 2019, P. 146-151.

9. Антощенков Р. В., Антощенков В. М., Фабричнікова І. А., Сміцков Д. С., Кісь О. В. Визначення динаміки колеса мобільної машини. *Український журнал прикладної економіки та техніки*, 2023. Т. 8. № 4. С. 115–120.

10. Антощенков Р. В., Череватенко Г. І., Задорожний В. П., Світличний О. В., Кусков М. А. Дослідження динаміки повнопривідної тягово-транспортної машини. *Український журнал прикладної економіки та техніки*, 2023. Т. 7. № 3. С. 125-135.

11. Roman Antoshchenkov, Ivan Halych, Anton Nikiforov, Halyna Cherevatenko, Serhii Sheptun. Study of inter-wheel differential influence on dynamics of traction and transport machine. Engineering for Rural Development, 2025, 24. 234–241. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF046.

УДК 631.372

ПІДВИЩЕННЯ СТІЙКОСТІ РУХУ КОЛІСНОГО ТРАКТОРА З ШАРНІРНО-ЗЧЛЕНОВАНОЮ РАМОЮ

Григорова М. В., маг.; Івченко Б. Л., маг.

Державний біотехнологічний університет

У тезах розглянуто проблему підвищення стійкості руху колісних тракторів із шарнірно-зчленованою рамою під час виконання сільськогосподарських операцій. Проведено аналіз чинників, що впливають на курсову та поперечну стійкість машини, зокрема конструктивних параметрів шарнірного з'єднання, швидкісних режимів, характеристик опорної поверхні та динамічного навантаження. Запропоновано напрями вдосконалення систем

керування та конструктивних елементів, спрямованих на забезпечення стійкості руху трактора.

Сучасне сільськогосподарське виробництво характеризується широким використанням високопотужних колісних тракторів із шарнірно-зчленованою рамою, які відзначаються підвищеною прохідністю, маневровістю та можливістю агрегатування із широкозахватними ґрунтообробними машинами. Такі трактори ефективно використовуються при виконанні енергоємних операцій, зокрема глибокого розпушування, чизелювання, культивації та передпосівного обробітку ґрунту.

Разом із тим конструктивні особливості шарнірно-зчленованої рами можуть спричиняти погіршення стійкості руху, особливо в умовах нерівного рельєфу, неоднорідності ґрунтового покриву та при роботі на підвищених швидкостях. Недостатня курсова стійкість призводить до збільшення відхилень від заданої траєкторії, погіршення якості виконання технологічного процесу, підвищення витрат палива та зростання навантаження на вузли трансмісії.

У зв’язку з цим підвищення стійкості руху колісного трактора із шарнірно-зчленованою рамою є актуальним завданням сучасного галузевого машинобудування.

Дослідженнями динаміки руху тракторів займалися численні вітчизняні та зарубіжні науковці, які встановили, що на стійкість руху суттєво впливають геометричні параметри машини, положення центра мас, тип рушіїв, характер взаємодії шин із ґрунтом, а також особливості конструкції рульового механізму. Для тракторів із шарнірно-зчленованою рамою особливо важливим є вплив кінематичних параметрів шарнірного вузла, оскільки саме через нього реалізується поворот машини.

Відомо, що збільшення кута складання піврам може супроводжуватися виникненням нестійких режимів руху, особливо під час транспортування або виконання робіт на схилах. Додатковим фактором є змінне тягове навантаження від ґрунтообробного агрегату, яке формує збурювальні моменти та може викликати коливання трактора відносно заданої траєкторії.

Метою роботи є аналіз факторів, що впливають на стійкість руху колісного трактора з шарнірно-зчленованою рамою, та визначення шляхів її підвищення в процесі виконання сільськогосподарських робіт.

Стійкість руху трактора визначається здатністю зберігати заданий напрямок руху та протидіяти зовнішнім збуренням. Для тракторів із шарнірно-зчленованою рамою характерним є керування шляхом зміни взаємного положення передньої та задньої піврам, що забезпечує високий рівень маневреності, проте одночасно створює передумови до зниження курсової стабільності.

На стійкість руху суттєво впливають такі фактори: швидкість руху трактора; конструкція шарнірного з’єднання; жорсткість гідросистеми керування; характеристики шин та величина тиску в них; нерівномірність тягового опору

ґрунтообробної машини; рельєф місцевості; поперечні та поздовжні коливання піврам.

Одним із перспективних напрямів підвищення стійкості є застосування адаптивних систем керування поворотом, які дозволяють автоматично коригувати положення піврам залежно від умов руху. Перспективним також є використання електрогідравлічних систем керування, що забезпечують більш плавне регулювання кута повороту та зменшують ризик виникнення коливальних процесів.

Суттєвий вплив на стійкість має оптимальний розподіл маси між осями трактора. Раціональне баластування дозволяє покращити зчіпні властивості рушіїв та зменшити втрату курсової стійкості внаслідок пробуксовування.

Крім того, перспективним напрямом є впровадження автоматизованих систем навігації та курсової стабілізації, заснованих на використанні супутникових технологій та інерціальних датчиків, які забезпечують підтримання заданої траєкторії руху навіть за наявності зовнішніх збурень.

Таким чином, підвищення стійкості руху колісного трактора із шарнірно-зчленованою рамою є комплексним завданням, що потребує врахування конструктивних, експлуатаційних та динамічних факторів. Основними напрямами підвищення стійкості є вдосконалення конструкції шарнірного механізму, застосування адаптивних систем керування, оптимізація вагового балансу машини та використання інтелектуальних систем навігації. Реалізація зазначених заходів сприятиме підвищенню продуктивності агрегатів, зниженню енерговитрат та покращенню якості виконання технологічних операцій.

Список літератури

1. Roman Antoshchenkov, Ivan Halych, Viktor Antoshchenkov, Anton Nykyforov, Liliia Kis-Korkishchenko, Halyna Cherevatenko, Dmytro Smitskov. Measuring system of dynamics and energy of mobile machines: monograph. – Katowice: Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 2024. – 150 p.

2. Антощенков Р. В., Галич І. В., Череватенко Г. І. Динаміка та енергетика руху машинно-тракторного агрегату з урахуванням профілю опорної поверхні: монографія. – Харків: ДБТУ, 2024. – 100 с.

3. R. Antoshchenkov, V. Antoshchenkova, V. Kis, D. Smitskov. Increasing accuracy of measuring functioning parameters of agricultural units. Engineering for Rural Development, 2023, 22. P. 210–215.

4. Antoshchenkov, R., Halych, I., Nikiforov, A., Cherevatenko, H., Chyzhykov, I., Sushko, S., Ponomarenko, N., Diundi, S., Tsebriuk, I. Determining the influence of geometric parameters of the traction-transportation vehicle's frame on its tractive capacity and energy indicators. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2022. 2 (7-116), pp. 60-61. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.254688.

5. Volodymyr Bulgakov, Roman Antoshchenkov, Valerii Adamchuk, Ivan Halych, Yevhen Ihnatiev, Ivan Beloev, Semjons Ivanovs. Investigation of the tractor performance when ballasting its rear half-frame. INMATEH –Agricultural Engineering, 2022. Vol. 68. No. 3. PP. 533–542.

6. Антощенков Р. В., Никифоров А. О., Череватенко Г. І., Антощенков В. М.

Мікропроцесорна вимірювальна система динаміки та енергетики мобільних машин. *Український журнал прикладної економіки та техніки*, 2021. Том 6. № 4. С. 241–248.

7. Galych I., Antoshchenkov R., Antoshchenkov V., Lukjanov I., Diundik S., Kis O. Estimating the dynamics of a machine-tractor assembly considering the effect of the supporting surface profile . Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1(7 (109), 51–62. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.225117.

8. Bulgakov, V., Ivanovs, S., Adamchuk, V., Antoshchenkov R. Investigations of the Dynamics of a Four-Element Machine-and-Tractor Aggregate. *Acta Technologica Agriculturae*. Vol. 22, Is. 4, 1 December 2019, P. 146-151.

9. Антощенков Р. В., Антощенков В. М., Фабричнікова І. А., Сміцков Д. С., Кісь О. В. Визначення динаміки колеса мобільної машини. *Український журнал прикладної економіки та техніки*, 2023. Т. 8. № 4. С. 115–120.

10. Антощенков Р. В., Череватенко Г. І., Задорожний В. П., Світличний О. В., Кусков М. А. Дослідження динаміки повнопривідної тягово-транспортної машини. *Український журнал прикладної економіки та техніки*, 2023. Т. 7. № 3. С. 125-135.

11. Roman Antoshchenkov, Ivan Halych, Anton Nikiforov, Halyna Cherevatenko, Serhii Sheptun. Study of inter-wheel differential influence on dynamics of traction and transport machine. Engineering for Rural Development, 2025, 24. 234–241. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF046.

УДК 631.372

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ТВАРИННИЦЬКОГО ПРИМІЩЕННЯ

Івченко Б. Л., маг.; Куленко О. І., маг.

Державний біотехнологічний університет

У тезах розглянуто питання підвищення ефективності системи теплопостачання тваринницьких приміщень як важливого чинника забезпечення оптимального мікроклімату та зниження енергетичних витрат у тваринництві. Проаналізовано основні джерела теплових втрат, сучасні способи теплопостачання та напрями підвищення енергоефективності за рахунок автоматизації, використання альтернативних джерел енергії та удосконалення теплоізоляції приміщень.

Ефективність функціонування тваринницьких підприємств значною мірою залежить від створення оптимального мікроклімату в приміщеннях для утримання тварин. Одним із ключових параметрів мікроклімату є температурний режим, який безпосередньо впливає на продуктивність, фізіологічний стан та здоров’я тварин. Порушення температурного балансу призводить до зниження приростів живої маси, продуктивності, погіршення імунітету та збільшення витрат кормів.

Особливої актуальності проблема набуває в холодний період року, коли підтримання нормативної температури потребує значних енергетичних ресурсів. У структурі експлуатаційних витрат тваринницьких комплексів витрати на опалення можуть становити значну частину загального енергоспоживання. Тому підвищення ефективності систем теплопостачання є важливим напрямом розвитку аграрного виробництва та галузевого машинобудування.

Дослідженнями енергоефективності тваринницьких приміщень встановлено, що значна частина теплової енергії втрачається через недостатню теплоізоляцію огороджувальних конструкцій, нераціональну організацію вентиляції, інфільтрацію холодного повітря та використання морально застарілих систем опалення.

Сучасні дослідження показують, що традиційні системи теплопостачання на основі твердопаливних або газових котлів не завжди забезпечують оптимальне співвідношення між енерговитратами та якістю підтримання мікроклімату. У зв’язку з цим актуальними є питання впровадження енергозберігаючих технологій, зокрема теплових насосів, рекуператорів тепла, інфрачервоного обігріву та автоматизованих систем регулювання температури.

Метою роботи є аналіз шляхів підвищення ефективності системи теплопостачання тваринницького приміщення шляхом удосконалення технічних рішень та впровадження енергоощадних технологій.

Ефективність системи теплопостачання визначається здатністю підтримувати оптимальний температурний режим при мінімальних витратах енергетичних ресурсів. Значний вплив на тепловий баланс приміщення мають конструктивні особливості будівлі, кліматичні умови та технологія утримання тварин.

Основними джерелами теплових втрат є: зовнішні стіни, дах і підлога; вентиляційні викиди; нещільності віконних і дверних конструкцій; неефективна робота опалювального обладнання.

Для підвищення ефективності системи теплопостачання доцільним є застосування комплексу технічних заходів, серед яких:

1. Покращення теплоізоляції приміщення. Застосування сучасних теплоізоляційних матеріалів дозволяє суттєво зменшити втрати теплової енергії через огороджувальні конструкції та скоротити навантаження на систему опалення.

2. Автоматизація процесу теплопостачання. Використання температурних датчиків, програмованих контролерів і систем автоматичного регулювання дозволяє підтримувати необхідний мікроклімат залежно від температури зовнішнього середовища та фізіологічних потреб тварин.

3. Використання енергоефективних джерел тепла. Перспективним є впровадження теплових насосів, сонячних колекторів, біомасових котлів і систем рекуперації тепла вентиляційного повітря. Особливий інтерес становить використання біогазових установок, які дозволяють отримувати теплову енергію з органічних відходів тваринництва.

4. Оптимізація вентиляційної системи. Раціональна організація вентиляції дає змогу знизити втрати тепла та підтримувати необхідний рівень вологості й концентрації шкідливих газів.

Одним із перспективних напрямів є використання комбінованих систем теплопостачання, які поєднують кілька джерел енергії та автоматично адаптуються до зміни погодних умов і виробничих потреб.

Таким чином, підвищення ефективності системи теплопостачання тваринницького приміщення є важливою умовою забезпечення стабільної продуктивності тваринництва та зниження експлуатаційних витрат. Основними напрямами вдосконалення є покращення теплоізоляції будівель, автоматизація управління температурним режимом, застосування енергоощадних технологій та альтернативних джерел енергії. Реалізація зазначених заходів дозволить підвищити енергоефективність виробництва та покращити умови утримання тварин.

Список літератури

1. Roman Antoshchenkov, Ivan Halych, Viktor Antoshchenkov, Anton Nykyforov, Liliia Kis-Korkishchenko, Halyna Cherevatenko, Dmytro Smitskov. Measuring system of dynamics and energy of mobile machines: monograph. – Katowice: Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 2024. – 150 p.

2. Антощенков Р. В., Галич І. В., Череватенко Г. І. Динаміка та енергетика руху машинно-тракторного агрегату з урахуванням профілю опорної поверхні: монографія. – Харків: ДБТУ, 2024. – 100 с.

3. R. Antoshchenkov, V. Antoshchenkova, V. Kis, D. Smitskov. Increasing accuracy of measuring functioning parameters of agricultural units. Engineering for Rural Development, 2023, 22. P. 210–215.

4. Antoshchenkov, R., Halych, I., Nikiforov, A., Cherevatenko, H., Chyzhykov, I., Sushko, S., Ponomarenko, N., Diundi, S., Tsebriuk, I. Determining the influence of geometric parameters of the traction-transportation vehicle's frame on its tractive capacity and energy indicators. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2022. 2 (7-116), pp. 60-61. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.254688.

5. Volodymyr Bulgakov, Roman Antoshchenkov, Valerii Adamchuk, Ivan Halych, Yevhen Ihnatiev, Ivan Beloev, Semjons Ivanovs. Investigation of the tractor performance when ballasting its rear half-frame. INMATEH –Agricultural Engineering, 2022. Vol. 68. No. 3. PP. 533–542.

6. Антощенков Р. В., Никифоров А. О., Череватенко Г. І., Антощенков В. М. Мікропроцесорна вимірювальна система динаміки та енергетики мобільних машин. *Український журнал прикладної економіки та техніки*, 2021. Том 6. № 4. С. 241–248.

7. Galych I., Antoshchenkov R., Antoshchenkov V., Lukjanov I., Diundik S., Kis O. Estimating the dynamics of a machine-tractor assembly considering the effect of the supporting surface profile . Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1(7 (109), 51–62. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.225117.

8. Bulgakov, V., Ivanovs, S., Adamchuk, V., Antoshchenkov R. Investigations of the Dynamics of a Four-Element Machine-and-Tractor Aggregate. *Acta Technologica*

Agriculturae. Vol. 22, Is. 4, 1 December 2019, P. 146-151.

9. Антощенков Р. В., Антощенков В. М., Фабричнікова І. А., Сміцков Д. С., Кісь О. В. Визначення динаміки колеса мобільної машини. *Український журнал прикладної економіки та техніки*, 2023. Т. 8. № 4. С. 115–120.

10. Антощенков Р. В., Череватенко Г. І., Задорожний В. П., Світличний О. В., Кусков М. А. Дослідження динаміки повнопривідної тягово-транспортної машини. *Український журнал прикладної економіки та техніки*, 2023. Т. 7. № 3. С. 125-135.

11. Roman Antoshchenkov, Ivan Halych, Anton Nikiforov, Halyna Cherevatenko, Serhii Sheptun. Study of inter-wheel differential influence on dynamics of traction and transport machine. Engineering for Rural Development, 2025, 24. 234–241. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF046.

УДК 631.372

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТУ ПОКРАЩЕННЯМ НАДІЙНОСТІ ТРАКТОРА

Куленко О. І., маг.; Лесів Д. В., маг.

Державний біотехнологічний університет

У тезах розглянуто питання підвищення ефективності функціонування машинно-тракторного агрегату шляхом покращення надійності трактора як основного енергетичного засобу аграрного виробництва. Проаналізовано вплив технічного стану трактора на продуктивність агрегату, рівень простоїв, витрати пального та якість виконання технологічних операцій. Визначено основні напрями підвищення надійності тракторів за рахунок удосконалення конструкції, технічного обслуговування та впровадження систем діагностування.

Сучасне сільськогосподарське виробництво характеризується високим рівнем механізації технологічних процесів, у яких важливу роль відіграють машинно-тракторні агрегати (МТА). Від ефективності їх функціонування значною мірою залежать строки виконання польових робіт, врожайність сільськогосподарських культур, енерговитрати та економічні показники господарства.

Основним енергетичним засобом у складі машинно-тракторного агрегату є трактор, технічний стан якого визначає стабільність і якість виконання технологічних операцій. У процесі експлуатації трактори працюють в умовах значних динамічних навантажень, запиленості, вібрацій, перепадів температур та нерівномірного навантаження, що призводить до інтенсивного зношування деталей і виникнення відмов.

Недостатній рівень надійності трактора спричиняє збільшення непродуктивних простоїв, підвищення витрат на ремонт, перевитрати пального

та зниження продуктивності машинно-тракторного агрегату. У зв'язку з цим підвищення ефективності функціонування МТА шляхом покращення надійності трактора є актуальним завданням галузевого машинобудування.

Дослідження показують, що експлуатаційна ефективність машинно-тракторних агрегатів значною мірою визначається показниками надійності, серед яких особливе значення мають безвідмовність, довговічність, ремонтопридатність та збережуваність.

Встановлено, що найбільша кількість відмов у тракторах пов'язана з роботою двигуна, паливної апаратури, гідросистем, трансмісії та електронних систем керування. Часті технічні несправності призводять до втрат робочого часу, особливо в періоди інтенсивних сезонних польових робіт, коли затримка виконання технологічних операцій може викликати значні економічні збитки.

Сучасні дослідження доводять, що підвищення надійності можливе завдяки впровадженню систем технічної діагностики, моніторингу параметрів роботи машин, використанню якісних мастильних матеріалів та вдосконаленню конструктивних рішень окремих вузлів.

Метою роботи є аналіз шляхів підвищення ефективності функціонування машинно-тракторного агрегату шляхом покращення надійності трактора в умовах сільськогосподарського виробництва.

Надійність трактора визначає здатність машини виконувати задані функції протягом установленого часу без втрати працездатності. Ефективність функціонування машинно-тракторного агрегату безпосередньо залежить від стабільності роботи трактора та рівня його технічної готовності.

Основними чинниками, що впливають на надійність трактора, є: конструктивні особливості вузлів і агрегатів; якість матеріалів та комплектуючих; умови експлуатації; рівень технічного обслуговування; кваліфікація механізатора; дотримання режимів навантаження.

Найбільш поширеними причинами відмов тракторів є: перевантаження двигуна; забруднення паливної системи; недостатній рівень мастила; перегрів двигуна; зношування деталей трансмісії; порушення регламенту технічного обслуговування.

Підвищення надійності трактора можливе шляхом реалізації таких заходів:

1. Удосконалення конструкції вузлів. Використання більш зносостійких матеріалів, покращення систем охолодження та фільтрації дозволяє збільшити ресурс основних механізмів.

2. Впровадження систем діагностування. Сучасні електронні системи моніторингу дають змогу виявляти несправності на ранніх стадіях та запобігати аварійним відмовам.

3. Оптимізація технічного обслуговування. Перехід від планово-попереджувального обслуговування до обслуговування за фактичним технічним станом дозволяє скоротити витрати та підвищити технічну готовність машин.

4. Дотримання раціональних режимів роботи. Робота трактора в оптимальних режимах навантаження сприяє зниженню зношування деталей і підвищенню ресурсу агрегатів.

Особливо ефективним є використання цифрових систем моніторингу технічного стану, що дозволяють здійснювати дистанційний контроль параметрів роботи двигуна, трансмісії та паливної системи.

Таким чином, підвищення ефективності функціонування машинно-тракторного агрегату значною мірою залежить від надійності трактора як основного енергетичного засобу. Покращення конструктивної досконалості, впровадження сучасних систем діагностування, удосконалення технічного обслуговування та дотримання раціональних режимів експлуатації сприятимуть зменшенню кількості відмов, скороченню простоїв і підвищенню продуктивності МТА. Реалізація зазначених заходів забезпечить зниження експлуатаційних витрат та підвищення ефективності аграрного виробництва.

Список літератури

1. Roman Antoshchenkov, Ivan Halych, Viktor Antoshchenkov, Anton Nykyforov, Liliia Kis-Korkishchenko, Halyna Cherevatenko, Dmytro Smitskov. Measuring system of dynamics and energy of mobile machines: monograph. – Katowice: Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 2024. – 150 p.

2. Антощенков Р. В., Галич І. В., Череватенко Г. І. Динаміка та енергетика руху машинно-тракторного агрегату з урахуванням профілю опорної поверхні: монографія. – Харків: ДБТУ, 2024. – 100 с.

3. R. Antoshchenkov, V. Antoshchenkova, V. Kis, D. Smitskov. Increasing accuracy of measuring functioning parameters of agricultural units. Engineering for Rural Development, 2023, 22. P. 210–215.

4. Antoshchenkov, R., Halych, I., Nikiforov, A., Cherevatenko, H., Chyzhykov, I., Sushko, S., Ponomarenko, N., Diundi, S., Tsebriuk, I. Determining the influence of geometric parameters of the traction-transportation vehicle's frame on its tractive capacity and energy indicators. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2022. 2 (7-116), pp. 60-61. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.254688.

5. Volodymyr Bulgakov, Roman Antoshchenkov, Valerii Adamchuk, Ivan Halych, Yevhen Ihnatiev, Ivan Beloev, Semjons Ivanovs. Investigation of the tractor performance when ballasting its rear half-frame. INMATEH –Agricultural Engineering, 2022. Vol. 68. No. 3. PP. 533–542.

6. Антощенков Р. В., Никифоров А. О., Череватенко Г. І., Антощенков В. М. Мікропроцесорна вимірювальна система динаміки та енергетики мобільних машин. *Український журнал прикладної економіки та техніки*, 2021. Том 6. № 4. С. 241–248.

7. Galych I., Antoshchenkov R., Antoshchenkov V., Lukjanov I., Diundik S., Kis O. Estimating the dynamics of a machine-tractor assembly considering the effect of the supporting surface profile . Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1(7 (109), 51–62. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.225117.

8. Bulgakov, V., Ivanovs, S., Adamchuk, V., Antoshchenkov R. Investigations of the Dynamics of a Four-Element Machine-and-Tractor Aggregate. *Acta Technologica Agriculturae*. Vol. 22, Is. 4, 1 December 2019, P. 146-151.

9. Антощенков Р. В., Антощенков В. М., Фабричнікова І. А., Сміцков Д. С., Кісь О. В. Визначення динаміки колеса мобільної машини. *Український журнал*

прикладної економіки та техніки, 2023. Т. 8. № 4. С. 115–120.

10. Антощенков Р. В., Череватенко Г. І., Задорожний В. П., Світличний О. В., Кусков М. А. Дослідження динаміки повнопривідної тягово-транспортної машини. *Український журнал прикладної економіки та техніки*, 2023. Т. 7. № 3. С. 125-135.

11. Roman Antoshchenkov, Ivan Halych, Anton Nikiforov, Halyna Cherevatenko, Serhii Sheptun. Study of inter-wheel differential influence on dynamics of traction and transport machine. Engineering for Rural Development, 2025, 24. 234–241. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF046.

УДК 631.372

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТУ РОЗРОБКОЮ МЕХАТРОННОЇ НАВІСКИ

Лесів Д. В., маг.; Наконечний Д. А., маг.

Державний біотехнологічний університет

У тезах розглянуто питання підвищення ефективності функціонування машинно-тракторного агрегату шляхом розробки мехатронної навіски для сільськогосподарських машин. Проаналізовано вплив навісної системи на якість виконання технологічного процесу, стабільність руху агрегату та енергетичні показники роботи. Визначено перспективні напрями застосування мехатронних систем керування положенням робочих органів, які дозволяють автоматично адаптувати параметри роботи агрегату до змінних умов експлуатації.

Ефективність функціонування машинно-тракторних агрегатів (МТА) у сучасному сільськогосподарському виробництві значною мірою залежить від стабільності технологічного процесу, точності дотримання агротехнічних вимог та раціонального використання енергетичних ресурсів. Особливої уваги потребують процеси взаємодії трактора з навісними та причіпними машинами, оскільки зміна параметрів ґрунту, рельєфу поля та тягового опору істотно впливає на якість виконання операцій.

Традиційні системи навіски тракторів, незважаючи на достатню конструктивну простоту, не завжди забезпечують ефективне регулювання положення робочих органів у режимі реального часу. Унаслідок цього виникають коливання глибини обробітку, збільшення буксування рушіїв, перевитрати пального та зниження продуктивності агрегату.

У зв’язку з розвитком цифрових технологій та концепції точного землеробства перспективним напрямом є розробка мехатронних навісних систем, здатних автоматично адаптувати режими роботи агрегату до змінних умов функціонування.

Сучасні дослідження у сфері агроінженерії свідчать, що автоматизація систем керування навісними машинами дозволяє суттєво підвищити ефективність використання машинно-тракторних агрегатів. Встановлено, що

використання датчиків навантаження, положення, кута нахилу та параметрів ґрунту дозволяє оперативно коригувати положення робочих органів і підтримувати задані технологічні параметри.

Мехатронна навіска являє собою інтегровану систему, що поєднує механічні, гідравлічні, електронні та програмні компоненти. Основними елементами такої системи є: виконавчі гідроциліндри; електронний блок керування; датчики положення та навантаження; система обробки сигналів; алгоритми автоматичного регулювання.

Відомо, що застосування автоматизованих систем регулювання глибини обробітку дозволяє зменшити енерговитрати та покращити рівномірність технологічного процесу.

Метою роботи є аналіз шляхів підвищення ефективності функціонування машинно-тракторного агрегату шляхом розробки мехатронної навіски, здатної автоматично адаптувати параметри роботи до змінних умов експлуатації.

Мехатронна навіска повинна забезпечувати автоматичне регулювання положення навісної машини залежно від зміни тягового навантаження, рельєфу місцевості та агротехнічних вимог. Використання адаптивної системи керування дозволяє підтримувати стабільну глибину обробітку, знижувати навантаження на трактор та покращувати якість технологічної операції.

До основних переваг мехатронної навіски належать.

1. Підвищення точності технологічного процесу. Автоматичне регулювання положення робочих органів забезпечує стабільність глибини обробітку та зменшує відхилення від установлених параметрів.

2. Зниження енергетичних витрат. Оптимізація навантаження на трактор сприяє зменшенню пробуксовування рушіїв і витрат пального.

3. Зменшення динамічних навантажень. Плавне регулювання положення навісного обладнання знижує ударні навантаження на вузли навіски та елементи трансмісії.

4. Підвищення продуктивності агрегату. Стабілізація режимів роботи дозволяє працювати на більш високих швидкостях без погіршення якості технологічного процесу.

Одним із перспективних напрямів є використання інтелектуальних алгоритмів керування, які враховують сигнали від датчиків тягового опору, швидкості руху, положення навіски та вологості ґрунту. На основі отриманих даних електронна система може автоматично змінювати положення робочого органу, компенсуючи вплив зовнішніх збурень.

Особливого значення набуває інтеграція мехатронної навіски із системами супутникової навігації та елементами точного землеробства, що дозволяє реалізувати диференційований підхід до виконання технологічних операцій.

Таким чином, підвищення ефективності функціонування машинно-тракторного агрегату шляхом розробки мехатронної навіски є перспективним напрямом розвитку сучасного галузевого машинобудування. Використання автоматизованих систем керування положенням навісного обладнання дозволяє забезпечити стабільність технологічного процесу, зменшити енерговитрати,

підвищити продуктивність агрегату та покращити якість виконання польових робіт. Подальші дослідження доцільно спрямувати на розробку адаптивних алгоритмів керування та інтеграцію мехатронних систем із цифровими технологіями точного землеробства.

Список літератури

1. Roman Antoshchenkov, Ivan Halych, Viktor Antoshchenkov, Anton Nykyforov, Liliia Kis-Korkishchenko, Halyna Cherevatenko, Dmytro Smitskov. Measuring system of dynamics and energy of mobile machines: monograph. – Katowice: Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 2024. – 150 p.

2. Антощенков Р. В., Галич І. В., Череватенко Г. І. Динаміка та енергетика руху машинно-тракторного агрегату з урахуванням профілю опорної поверхні: монографія. – Харків: ДБТУ, 2024. – 100 с.

3. R. Antoshchenkov, V. Antoshchenkova, V. Kis, D. Smitskov. Increasing accuracy of measuring functioning parameters of agricultural units. Engineering for Rural Development, 2023, 22. P. 210–215.

4. Antoshchenkov, R., Halych, I., Nikiforov, A., Cherevatenko, H., Chyzhykov, I., Sushko, S., Ponomarenko, N., Diundi, S., Tsebriuk, I. Determining the influence of geometric parameters of the traction-transportation vehicle's frame on its tractive capacity and energy indicators. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2022. 2 (7-116), pp. 60-61. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.254688.

5. Volodymyr Bulgakov, Roman Antoshchenkov, Valerii Adamchuk, Ivan Halych, Yevhen Ihnatiev, Ivan Beloev, Semjons Ivanovs. Investigation of the tractor performance when ballasting its rear half-frame. INMATEH –Agricultural Engineering, 2022. Vol. 68. No. 3. PP. 533–542.

6. Антощенков Р. В., Никифоров А. О., Череватенко Г. І., Антощенков В. М. Мікропроцесорна вимірювальна система динаміки та енергетики мобільних машин. *Український журнал прикладної економіки та техніки*, 2021. Том 6. № 4. С. 241–248.

7. Galych I., Antoshchenkov R., Antoshchenkov V., Lukjanov I., Diundik S., Kis O. Estimating the dynamics of a machine-tractor assembly considering the effect of the supporting surface profile . Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1(7 (109), 51–62. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.225117.

8. Bulgakov, V., Ivanovs, S., Adamchuk, V., Antoshchenkov R. Investigations of the Dynamics of a Four-Element Machine-and-Tractor Aggregate. *Acta Technologica Agriculturae*. Vol. 22, Is. 4, 1 December 2019, P. 146-151.

9. Антощенков Р. В., Антощенков В. М., Фабричнікова І. А., Сміцков Д. С., Кісь О. В. Визначення динаміки колеса мобільної машини. *Український журнал прикладної економіки та техніки*, 2023. Т. 8. № 4. С. 115–120.

10. Антощенков Р. В., Череватенко Г. І., Задорожний В. П., Світличний О. В., Кусков М. А. Дослідження динаміки повнопривідної тягово-транспортної машини. *Український журнал прикладної економіки та техніки*, 2023. Т. 7. № 3. С. 125-135.

11. Roman Antoshchenkov, Ivan Halych, Anton Nikiforov, Halyna Cherevatenko, Serhii Sheptun. Study of inter-wheel differential influence on dynamics

of traction and transport machine. Engineering for Rural Development, 2025, 24. 234–241. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF046.

УДК 631.372

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТУ РОЗРОБКОЮ МЕХАТРОННОГО ВАЛУ ВІДБОРУ ПОТУЖНОСТІ ТРАКТОРА

Наконечний Д. А., маг.; Узунов А. О., маг.

Державний біотехнологічний університет

У тезах розглянуто питання підвищення ефективності функціонування машинно-тракторного агрегату шляхом розробки мехатронного валу відбору потужності (ВВП) трактора. Проведено аналіз впливу режимів передачі потужності на роботу активних сільськогосподарських машин та якість виконання технологічних операцій. Обґрунтовано доцільність використання мехатронного ВВП із системою автоматизованого керування частотою обертання та навантаженням, що дозволяє адаптувати роботу агрегату до змінних умов експлуатації.

У сучасному сільськогосподарському виробництві значна кількість технологічних операцій виконується із застосуванням машин, робочі органи яких приводяться в дію через вал відбору потужності трактора. До таких машин належать кормозмішувачі, косарки, обприскувачі, подрібнювачі, ґрунтофрези, сівалки та інші агрегати з активними робочими органами.

Ефективність функціонування машинно-тракторного агрегату (МТА) у значній мірі залежить від стабільності передачі потужності через вал відбору потужності та відповідності режиму його роботи технологічним вимогам. У традиційних системах ВВП частота обертання встановлюється фіксовано і змінюється оператором вручну, що не завжди дозволяє враховувати змінне навантаження та особливості виконання технологічного процесу.

У результаті виникають перевантаження приводу, нерівномірність роботи активних органів, перевитрати пального та підвищене зношування вузлів. Тому розробка мехатронного валу відбору потужності, здатного автоматично адаптувати режими передачі енергії до умов роботи, є актуальним завданням галузевого машинобудування.

Дослідження в галузі автоматизації тракторних систем показують, що традиційні механічні системи приводу ВВП мають обмежені можливості регулювання та недостатню адаптивність до змін навантаження. Водночас сучасні тенденції розвитку аграрної техніки пов’язані з впровадженням мехатронних систем, які забезпечують інтеграцію механічних, електронних, сенсорних та програмних компонентів.

Мехатронний вал відбору потужності являє собою систему, що включає: датчики навантаження і частоти обертання; електронний блок керування;

виконавчі механізми регулювання швидкості; програмне забезпечення адаптивного управління; систему моніторингу технічного стану.

Відомо, що автоматизоване регулювання режимів роботи приводу дозволяє забезпечити стабільність технологічного процесу, знизити пікові навантаження та покращити паливну економічність агрегату.

Метою роботи є аналіз шляхів підвищення ефективності функціонування машинно-тракторного агрегату шляхом розробки мехатронного валу відбору потужності трактора з адаптивною системою керування.

Традиційний вал відбору потужності працює на фіксованих частотах обертання, зазвичай 540 або 1000 об/хв, що не завжди відповідає реальним умовам функціонування активних робочих органів. Зміна щільності матеріалу, вологості ґрунту або продуктивності машини може викликати значні коливання навантаження, які негативно впливають на ефективність роботи агрегату.

Розробка мехатронного ВВП дозволяє забезпечити автоматичне регулювання параметрів приводу залежно від поточного навантаження. Основними функціями такої системи можуть бути:

1. Автоматичне регулювання частоти обертання ВВП. Залежно від технологічного навантаження система автоматично змінює частоту обертання приводу, забезпечуючи оптимальний режим роботи робочих органів.

2. Захист від перевантажень. Застосування датчиків крутного моменту дозволяє виявляти перевантаження та оперативно змінювати режим роботи або тимчасово обмежувати передачу потужності.

3. Підвищення паливної економічності. Оптимізація режимів роботи ВВП сприяє раціональному використанню потужності двигуна та зниженню питомих витрат пального.

4. Моніторинг технічного стану. Мехатронна система може здійснювати контроль температури, вібрацій, навантаження та інших параметрів, що дозволяє своєчасно виявляти ознаки несправностей.

Особливо перспективним є інтегрування мехатронного валу відбору потужності із системами точного землеробства та електронними системами керування трактором. Це дозволяє автоматично адаптувати роботу агрегату до конкретних умов поля та технологічних вимог.

Очікуваними результатами впровадження мехатронного ВВП є підвищення продуктивності машинно-тракторного агрегату, зменшення витрат енергії, покращення якості технологічного процесу та зниження рівня зношування привідних вузлів.

Таким чином, підвищення ефективності функціонування машинно-тракторного агрегату шляхом розробки мехатронного валу відбору потужності є перспективним напрямом розвитку сучасного галузевого машинобудування. Використання адаптивних систем керування режимами роботи ВВП дозволяє підвищити стабільність передачі потужності, знизити енерговитрати та забезпечити оптимальні умови функціонування активних робочих органів. Подальші дослідження доцільно спрямувати на вдосконалення алгоритмів

автоматичного керування та інтеграцію мехатронного ВВП у цифрові системи управління аграрною технікою.

Список літератури

1. Roman Antoshchenkov, Ivan Halych, Viktor Antoshchenkov, Anton Nykyforov, Liliia Kis-Korkishchenko, Halyna Cherevatenko, Dmytro Smitskov. Measuring system of dynamics and energy of mobile machines: monograph. – Katowice: Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 2024. – 150 p.

2. Антощенков Р. В., Галич І. В., Череватенко Г. І. Динаміка та енергетика руху машинно-тракторного агрегату з урахуванням профілю опорної поверхні: монографія. – Харків: ДБТУ, 2024. – 100 с.

3. R. Antoshchenkov, V. Antoshchenkova, V. Kis, D. Smitskov. Increasing accuracy of measuring functioning parameters of agricultural units. Engineering for Rural Development, 2023, 22. P. 210–215.

4. Antoshchenkov, R., Halych, I., Nikiforov, A., Cherevatenko, H., Chyzhykov, I., Sushko, S., Ponomarenko, N., Diundi, S., Tsebriuk, I. Determining the influence of geometric parameters of the traction-transportation vehicle's frame on its tractive capacity and energy indicators. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2022. 2 (7-116), pp. 60-61. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.254688.

5. Volodymyr Bulgakov, Roman Antoshchenkov, Valerii Adamchuk, Ivan Halych, Yevhen Ihnatiev, Ivan Beloev, Semjons Ivanovs. Investigation of the tractor performance when ballasting its rear half-frame. INMATEH –Agricultural Engineering, 2022. Vol. 68. No. 3. PP. 533–542.

6. Антощенков Р. В., Никифоров А. О., Череватенко Г. І., Антощенков В. М. Мікропроцесорна вимірювальна система динаміки та енергетики мобільних машин. *Український журнал прикладної економіки та техніки*, 2021. Том 6. № 4. С. 241–248.

7. Galych I., Antoshchenkov R., Antoshchenkov V., Lukjanov I., Diundik S., Kis O. Estimating the dynamics of a machine-tractor assembly considering the effect of the supporting surface profile . Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1(7 (109), 51–62. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.225117.

8. Bulgakov, V., Ivanovs, S., Adamchuk, V., Antoshchenkov R. Investigations of the Dynamics of a Four-Element Machine-and-Tractor Aggregate. *Acta Technologica Agriculturae*. Vol. 22, Is. 4, 1 December 2019, P. 146-151.

9. Антощенков Р. В., Антощенков В. М., Фабричнікова І. А., Сміцков Д. С., Кісь О. В. Визначення динаміки колеса мобільної машини. *Український журнал прикладної економіки та техніки*, 2023. Т. 8. № 4. С. 115–120.

10. Антощенков Р. В., Череватенко Г. І., Задорожний В. П., Світличний О. В., Кусков М. А. Дослідження динаміки повнопривідної тягово-транспортної машини. *Український журнал прикладної економіки та техніки*, 2023. Т. 7. № 3. С. 125-135.

11. Roman Antoshchenkov, Ivan Halych, Anton Nikiforov, Halyna Cherevatenko, Serhii Sheptun. Study of inter-wheel differential influence on dynamics of traction and transport machine. Engineering for Rural Development, 2025, 24. 234–241. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF046.

УДК 631.372

РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ НАПРЯМОМ РУХУ ТА ПЕРЕМИКАННЯМ ПЕРЕДАЧ ТРАКТОРА У СКЛАДІ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТУ

Узунов А. О., маг.; Григорова М. В., маг.

Державний біотехнологічний університет

У тезах розглянуто питання розробки системи автоматизованого управління напрямом руху та перемиканням передач трактора у складі машинно-тракторного агрегата (МТА). Проаналізовано вплив людського фактора на якість керування, ефективність використання потужності двигуна та продуктивність агрегату. Обґрунтовано доцільність інтеграції систем навігації, датчиків динамічного стану та інтелектуальних алгоритмів керування трансмісією для підвищення точності руху, зменшення витрат пального та оптимізації режимів роботи трактора.

Ефективність функціонування машинно-тракторного агрегата значною мірою залежить від точності керування напрямом руху та раціонального вибору передач. У традиційних системах управління ці функції виконуються оператором, що призводить до значного впливу людського фактора, зокрема запізнілих рішень, нерівномірного руху, помилок при виборі передачі та перевитрати палива.

У сучасних умовах інтенсифікації сільськогосподарського виробництва та впровадження технологій точного землеробства виникає потреба у створенні автоматизованих систем керування трактором, здатних забезпечувати стабільний рух за заданою траєкторією та оптимальний режим роботи трансмісії.

Особливо актуальним є поєднання систем автоматичного керування курсом руху та інтелектуального перемикання передач, що дозволяє підвищити продуктивність МТА та знизити експлуатаційні витрати.

Сучасні дослідження в галузі агроінженерії свідчать про активний розвиток систем автоматичного водіння тракторів на основі GPS/RTK-навігації, інерціальних датчиків та електрогідравлічних виконавчих механізмів. Такі системи дозволяють забезпечити точність руху до ±2–3 см, що є достатнім для більшості польових операцій.

Окремий напрям досліджень пов’язаний із автоматизацією перемикання передач у тракторах. Встановлено, що оптимізація вибору передачі залежно від навантаження двигуна, буксування та опору ґрунтообробного знаряддя дозволяє знизити витрати пального на 8–15 % та підвищити продуктивність агрегату.

Разом з тим, існуючі системи часто працюють незалежно одна від одної: автопілот відповідає за рух, а трансмісія – за окрему логіку перемикання. Це обмежує загальну ефективність керування МТА.

Метою роботи є обґрунтування та розробка концепції інтегрованої системи автоматизованого управління напрямом руху та перемиканням передач трактора

у складі машинно-тракторного агрегата для підвищення його енергетичної та технологічної ефективності.

Запропонована система автоматизованого управління базується на інтеграції трьох основних підсистем:

1. Система курсової стабілізації руху. Використовує дані GPS/RTK-приймача, інерціальних датчиків (IMU) та датчиків кута повороту керованих коліс або шарнірної рами. Алгоритм управління формує коригувальні сигнали для електрогідравлічного рульового механізму.

2. Система контролю тягового навантаження. Включає датчики крутного моменту, буксування та навантаження на двигун, що дозволяє оцінювати реальні умови роботи МТА.

3. Інтелектуальна система перемикання передач. Базується на алгоритмах оптимізації, які враховують: потужність двигуна; швидкість руху; тяговий опір агрегату; допустиме буксування; витрати пального.

Узгоджена робота цих систем дозволяє реалізувати адаптивне керування трактором у реальному часі.

Функціонально система виконує такі задачі: автоматичне підтримання заданої траєкторії руху; вибір оптимальної передачі відповідно до навантаження; запобігання перевантаженню двигуна; мінімізація відхилень швидкості руху; зменшення витрат пального.

Особливістю запропонованого підходу є спільна оптимізація руху та трансмісії, коли вибір передачі впливає на динаміку руху, а корекція траєкторії враховує зміну тягового режиму.

Очікуваний ефект від впровадження системи включає: підвищення продуктивності МТА на 10–20 %; зниження витрат пального на 8–18 %; зменшення впливу людського фактора; підвищення точності виконання технологічних операцій; зменшення зношування трансмісії та рушіїв.

Таким чином, розробка системи автоматизованого управління напрямом руху та перемиканням передач трактора є перспективним напрямом розвитку сучасного галузевого машинобудування. Інтеграція систем автопілотування та інтелектуального керування трансмісією дозволяє суттєво підвищити ефективність машинно-тракторних агрегатів, забезпечити стабільність технологічних процесів та знизити енерговитрати. Подальші дослідження доцільно спрямувати на розробку математичних моделей взаємозв’язку між траєкторією руху та режимами роботи трансмісії, а також на створення програмного забезпечення реального часу для аграрних машин.

Список літератури

1. Roman Antoshchenkov, Ivan Halych, Viktor Antoshchenkov, Anton Nykyforov, Liliia Kis-Korkishchenko, Halyna Cherevatenko, Dmytro Smitskov. Measuring system of dynamics and energy of mobile machines: monograph. – Katowice: Wydawnictwo Uniwersytetu Śląskiego, 2024. – 150 p.

2. Антощенков Р. В., Галич І. В., Череватенко Г. І. Динаміка та енергетика руху машинно-тракторного агрегату з урахуванням профілю опорної поверхні: монографія. – Харків: ДБТУ, 2024. – 100 с.

3. R. Antoshchenkov, V. Antoshchenkova, V. Kis, D. Smitskov. Increasing accuracy of measuring functioning parameters of agricultural units. Engineering for Rural Development, 2023, 22. P. 210–215.

4. Antoshchenkov, R., Halych, I., Nikiforov, A., Cherevatenko, H., Chyzhykov, I., Sushko, S., Ponomarenko, N., Diundi, S., Tsebriuk, I. Determining the influence of geometric parameters of the traction-transportation vehicle's frame on its tractive capacity and energy indicators. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2022. 2 (7-116), pp. 60-61. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.254688.

5. Volodymyr Bulgakov, Roman Antoshchenkov, Valerii Adamchuk, Ivan Halych, Yevhen Ihnatiev, Ivan Beloev, Semjons Ivanovs. Investigation of the tractor performance when ballasting its rear half-frame. INMATEH –Agricultural Engineering, 2022. Vol. 68. No. 3. PP. 533–542.

6. Антощенков Р. В., Никифоров А. О., Череватенко Г. І., Антощенков В. М. Мікропроцесорна вимірювальна система динаміки та енергетики мобільних машин. *Український журнал прикладної економіки та техніки*, 2021. Том 6. № 4. С. 241–248.

7. Galych I., Antoshchenkov R., Antoshchenkov V., Lukjanov I., Diundik S., Kis O. Estimating the dynamics of a machine-tractor assembly considering the effect of the supporting surface profile . Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 1(7 (109), 51–62. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.225117.

8. Bulgakov, V., Ivanovs, S., Adamchuk, V., Antoshchenkov R. Investigations of the Dynamics of a Four-Element Machine-and-Tractor Aggregate. *Acta Technologica Agriculturae*. Vol. 22, Is. 4, 1 December 2019, P. 146-151.

9. Антощенков Р. В., Антощенков В. М., Фабричнікова І. А., Сміцков Д. С., Кісь О. В. Визначення динаміки колеса мобільної машини. *Український журнал прикладної економіки та техніки*, 2023. Т. 8. № 4. С. 115–120.

10. Антощенков Р. В., Череватенко Г. І., Задорожний В. П., Світличний О. В., Кусков М. А. Дослідження динаміки повнопривідної тягово-транспортної машини. *Український журнал прикладної економіки та техніки*, 2023. Т. 7. № 3. С. 125-135.

11. Roman Antoshchenkov, Ivan Halych, Anton Nikiforov, Halyna Cherevatenko, Serhii Sheptun. Study of inter-wheel differential influence on dynamics of traction and transport machine. Engineering for Rural Development, 2025, 24. 234–241. DOI: 10.22616/ERDev.2025.24.TF046.

УДК 628.1

ЯКІСТЬ ПИТНОЇ ВОДИ ПРЯМА БЕЗПЕКА ЩОДО ЗДОРОВ'Я УКРАЇНЦІВ

Бабарика І. Г., к. с.-г н, доц.

Державний біотехнологічний університет

У тезах розглянуто стан водозабезпечення та водопостачання деяких регіонів України та показників якості води.

Проблема забезпечення населення планети доброякісною питною водою зостається однією з важливих світових проблем. Якість питної води обумовлюється якісними та кількісними показниками стану джерел питного водопостачання.

Екологічну ситуацію, що склалася в Україні, можна характеризувати лише як кризову. Забруднення води, повітря та ґрунту у промислових зонах оцінюється як лихо, яке ускладнюється радіоактивним забрудненням значної території після Чорнобильської катастрофи.

Питне водопостачання України здійснюється за рахунок поверхневих джерел (70%) і підземних (30%).

За регіональною оцінкою Україна має значні ресурси підземних вод, які використовуються як джерела питного водопостачання, але вони розташовані нерівномірно.

Основна їх частина розташована у північних та північно-західних областях України, а південні області мають обмежені ресурси.

Треба наголосити, що найчастіше підземні води не відповідають нормативним вимогам за природного походження показниками – залізо (1-20 мг/дм3); марганець – супутній компонент заліза (0,2-0,5 мг/дм3); жорсткість характерна для південного та центрального регіонів України (від 8-12 до 20-22 мг-екв./дм3); хлориди, сульфати, загальна мінералізація – супутні компоненти жорсткості; фтор – характерний для підземних вод Українського кристалічного щита – Полтавської, частково Чернігівської і Черкаської областей (2-6 мг/дм3 і іноді 10-12 мг/дм3).

Високий рівень забруднення джерел питного водопостачання, недостатня ефективність технології водопідготовки та водопостачання, низький рівень забезпеченості води на душу населення привели до низької якості питної води в Україні, що стало серйозною загрозою здоров'ю нації і наслідком недостатності відпрацювання системи безпеки життєдіяльності людини.

У водогосподарчій діяльності України особливе місце набуває басейн р. Дніпро, за рахунок якого забезпечується 75% потреби економіки країни у воді. 445 міст і 229 селищ міського типу з 911 забезпечені централізованим водопостачанням.

Щодобово населення і економіка країни споживають 12,2 млн. м3 питної води при довжині водорозподіляючих мереж 75 тис. км.

Сьогодні у 260 населених пунктах України питна вода за окремими фізико-хімічними показниками (загальний вміст солей, жорсткість, залізо, аміак природного походження, марганець) не відповідають вимогам стандарту. А у зв'язку з відсутністю місцевих джерел водопостачання і водозабезпеченості близько 1200 населених пунктів у Автономній республіці Крим і південних областях України частково або повністю користуються привозною питною водою.

Великі міста такі як Львів, Одеса. Вінниця, Житомир, Чернівці, міста Донецької і Луганської областей і Великої Ялти не мають водо джерел – дублерів

або альтернативних джерел централізованого водопостачання (досить глянути на географічну карту регіонів).

Що стосується води, що вже пройшла системи очищення, тобто господарсько-питної. Після обов'язкового процесу знезаражування питної води з точки зору профілактики епідемзахворювань в залежності від технології знезаражування вода набуває додатковий ряд показників негативної якості.

В Україні для знезаражування води застосовують хлор-газ (98%), гіпохлорит натрію (1,1%), в обмеженій кількості діоксин хлору, озон та інші реагенти і технології (0,9%). Хлорування води має негативні сторони – утворення побічних хімічних продуктів – хлорорганічних сполук – ТГМ (тригалометанів), яким притаманні мутагенні, канцерогенні та інші властивості.

Найбільші значення показників хлорорганічних сполук при хлоруванні води були визначені в вододжерелах Дніпра, Південного Бугу, Десні, Тетереві, водосховищах Кременчуцькому, Київському, Каховському, Краснопавлівському (Харків), Межигірському (Сімферополь), тобто у воді річок та водосховищ, що є основними водозабезпечуючими об'єктами найбільших міст України, обласних та районних центрів.

Отже якість води у житті людини має велике значення і суттєво впливає на життєві показники здоров'я. Організм людини на 80% складається із води тому її хімічний склад і є основою. Обов'язком влади є необхідність забезпечувати безпеку життя і здоров'я свого народу. А якісна питна вода є пріоритетним завданням.

Список літератури

1. ДсанПін 564/1997 «Державні санітарні правила і норми. Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованного господарсько-питного водопостачання».

2. В. О. Прокопов, О. В.Зоріна, О. І. Волощенко. Хлорорганічні сполуки у питній воді та ризики для здоров'я. Збірка доповідей міжнародного конгресу «ЕТВК-2007», Україна, Крим, Ялта 22-26 травня 2007 р. 463 с.

3. В. П. Рудий. Розробка державного стандарту України «Вода питна. Вимоги та контроль за якістю. Збірка доповідей міжнародного конгресу «ЕТВК-2007», Україна, Крим, Ялта 22-26 травня 2007 р. 463 с.

4. Краплина, якої може забракнути. *Урядовий кур'єр*, №39, 28.02.2004.

5. Пийте фасовану воду. *Урядовий кур'єр*, №39, 28.02.2004.

Секція 5

ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ТА ОБЛАДНАННЯ

УДК 631.362

ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РУХУ ЧАСТОЧКИ В ПОВІТРЯНОМУ ПОТОЦІ МІЖ ВІБРУЮЧИМИ ПЛОЩИНАМИ

Сіняєва О.В., ст.викл., Крекот М.М., Михайлов А.Д., Козій О.Б., к.т.н., доценти, Савченко Б.В., Пісний В.В., Махник М.С. здобувачі ВО

Державний біотехнологічний університет

Розглянуто питання математичного моделювання руху часточки в повітряному потоці між вібруючими робочими площинами..

Мета досліджень: Розглянути теоретичну модель симетричного руху часточки в повітряному потоці під дією вібрації робочих площин для можливості швидкого визначення параметрів процесу сепарації зернових матеріалів.

Основні матеріали досліджень: Розглянуто питання математичного моделювання руху часточки в повітряному потоці між вібруючими робочими площинами. Розроблено спрощену модель руху часточки в повітряному потоці між вібруючими робочими площинами. Виконано аналіз похибки в отриманих результатах математичного моделювання за первинною і спрощеною моделями руху часточки.

Виконаємо теоретичні дослідження спираючись на попередні результати досліджень і припущення зроблені в роботі . В зазначеній роботі були отримані рівняння удара кулі по поверхні площини в просторі, а також диференційні рівняння що описують рух частки під дією повітряного потоку на протязі часу її переміщення між вертикальними робочими площинами сепаратора. Так маємо рівняння швидкості кулі після її взаємодії з робочою площиною:

$$v_x = u_x - \frac{\mu(u_x + \varpi_z r)}{1+\mu}, \qquad (1)$$

$$v_y = -R u_y, \qquad (2)$$

$$v_z = u_z - \frac{\mu(u_z - \varpi_x r)}{1+\mu}, \qquad (3)$$

та кутову швидкість руху кулі після її взаємодії з робочою площиною:

$$\Omega_x = \varpi_x + \frac{u_z - \varpi_x r}{r(1+\mu)}, \qquad (4)$$

$$\Omega_y = \varpi_y, \qquad (5)$$

$$\Omega_z = \varpi_z - \frac{u_x + \varpi_z r}{r(1+\mu)}, \qquad (6)$$

де $\vec{u} = (u_x, u_y, u_z)$ – швидкість точки удару кулі до її взаємодії з робочою площиною; $\vec{v} = (v_x, v_y, v_z), \vec{V} = (V_x, V_y, V_z)$ – швидкість центра мас кулі після її взаємодії з робочою площиною; $\vec{\varpi} = (\varpi_x, \varpi_y, \varpi_z)$ – кутова швидкість руху кулі до її взаємодії з робочою площиною; $\vec{\Omega} = (\Omega_x, \Omega_y, \Omega_z)$ – кутова швидкість руху кулі після її взаємодії з робочою площиною; r – р адіус кулі; ρ – радіус інерції кулі; $\mu = (\rho/r)^2$, що у нашому випадку знаходиться в межах $0 < \mu < 2/3$

Момент переходу від швидкості руху центра маси кулі до швидкості руху точки дотику кулі з робочою площиною описується залежностями:

- до взаємодії кулі з робочою площиною,

$$U_x = u_x + \varpi_z r, \quad U_y = u_y, \quad U_z = u_z - \varpi_x r, \tag{7}$$

- після взаємодії кулі з робочою площиною,

$$V_x = v_x + \Omega_z r, \quad V_y = v_y, \quad V_z = v_z - \Omega_x r. \tag{8}$$

де $\vec{U}=(U_x, U_y, U_z)$ швидкість руху точки дотику кулі з робочою площиною.

Диференційні рівняння руху центра мас кулі представляються в такому вигляді:

$$\ddot{x} = -k\left(\dot{x} - V_{\text{п}}\right)\sqrt{\left(\dot{x} - V_{\text{п}}\right)^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2}, \tag{9}$$

$$\ddot{y} = A\,\omega^2 \sin\left(\omega t + \varphi_1\right) - g\sin\alpha - k\,\dot{y}\sqrt{\left(\dot{x} - V_{\text{п}}\right)^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2}, \tag{10}$$

$$\ddot{z} = g\cos\alpha - k\,\dot{z}\sqrt{\left(\dot{x} - V_{\text{п}}\right)^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2}, \tag{11}$$

де k – коефіцієнт опору середовища; g – прискорення вільгого падіння; $V_{\text{п}}$ – середня швидкість повітряного потоку між робочими площинами; A – амплітуда коливань робочих площин; ω – частота коливань робочих площин; α – кут відхилення робочих площин від вертикальної площини; φ_1 – фаза взаємодії часточки з робочою площиною.

Рівняння записані для відносної системи координат. Ця система не змінює свого положення відносно робочої площини. Орієнтація системи координат організована таким чином що напрям вісі x співпадає з напрямом проектованого повітрягого потоку між робочими площинами, вісь y спрямована перпендикулярно до робочих площин, а вісь z у напрямку дії сили тяжіння що співпадає з перпендикуляром до приймачів часток. Початок координатних вісей знаходиться в точці взаємодії робочої площини з поверхнею часточки. Було зроблено припущення, що тертя часточки і середовища, за умови обертального руху часточки, суттєво не впливає на закономірність зміни кутової швидкості часточки, тому може не враховуватись при теоретичних дослідженнях. При цьому в теоретичній моделі зміна кутової швидкості часточки буде змінювати своє значення тільки у момент взаємодії часточки з робочою поверхнею.

Висновки: Приведена модель дозволяє отримати розрахунки з невеликими значеннями похибки, що дозволяє її використовувати не для точних наукових досліджень а для швидкого вирішення інженерних задач.

Список використаних джерел

1. Плявниекс В.Ю. Пространственное соударение двух тел Вопросы динамики и прочности. – Рига: “Зинатне”, 1970, вып. №20.– С.75-88.

2. Завгородний А.И., Синяева О.В. Движения шара в воздушном потоке между вибрирующими плоскостями Вібрації в техніці та технологіях: Всеукраїнський науково-технічний журнал, №3(67).– Вінниця: ВНАУ, 2012.– С.20-27.

3. Бакум М.В. Дослідження впливу параметрів вібро-пневматичного сепаратора на якісні показники його роботи / М.В. Бакум, М.М. Крекот, О.В. Сіняєва, І.С. Сільонов. Технічний прогрес в АПВ: матеріали Всеукраїнської

науково-практичної конференції, 9-10 травня 2023 року / Державний біотехнологічний університет. Харків, 2023. с. 60-61

УДК 539.3, 519.60

ВПЛИВ ВНУТРІШНІХ ПЕРЕГОРОДОК НА ГАСІННЯ ПЛЕСКАНЬ РІДИНИ В ЖОРСТКИХ РЕЗЕРВУАРАХ

Колодяжний А. С. аспірант, Крютченко Д. В. доктор філософії, с.н.с., Міщенко М.С., аспірант, Стрельнікова О.О., д.т.н., проф.

Інститут енергетичних машин та систем ім. А.М. Підгорного НАН України, Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Метою дослідження є розроблення математичних моделей коливань рідини в резервуарах з внутрішніми перегородками та аналіз їхнього впливу на динамічні характеристики системи. Особливу увагу приділено визначенню раціональних параметрів перегородок для зменшення інтенсивності плескань рідини, підвищення динамічної стійкості та довговічності конструкції.

Оболонкові конструкції та резервуари оболонкового типу, частково заповнені рідиною, широко застосовуються в аерокосмічній техніці, енергетиці, нафтогазовій галузі, транспорті та суднобудуванні [1]. До таких об’єктів належать паливні баки ракет-носіїв, літальних і космічних апаратів, резервуари морських суден, а також великогабаритні наземні ємності для зберігання води, нафтопродуктів, зріджених газів та інших технологічних рідин. Надійність і безпека експлуатації цих конструкцій значною мірою залежать від динамічної взаємодії рідини з оболонкою, зокрема від характеристик плескання та ефективності його гасіння . У роботі розроблено математичні моделі коливань рідини в жорстких резервуарах з внутрішніми перегородками [2]. Основну увагу приділено дослідженню впливу перегородок на спектр власних коливань, форми коливань вільної поверхні та динамічну стійкість системи. Для числового аналізу застосовано методи граничних елементів і супер-елементів, що дають змогу ефективно розв’язувати спектральні задачі гідродинаміки та гідропружності для оболонок обертання [3]. Форми власних коливань, які визначені в результаті спектрального аналізу, використано як координатні функції при дослідженні вимушених рухів рідини. Унаслідок застосування методу заданих форм динамічну задачу зведено до розв’язання системи звичайних диференціальних рівнянь типу Матьє, що дало можливість дослідити стійкість руху рідини в резервуарах при одночасній дії вертикальних і горизонтальних збурень. Для врахування втрат енергії в системі введено модель в’язкого демпфування за Релеєм з емпірично заданими параметрами. Числовий аналіз дозволив встановити умови виникнення параметричного резонансу та суб-резонансних режимів, а також резонансних коливань, спричинених горизонтальним прискоренням. Проведено дослідження коливань рідини в циліндричних, конічних і сферичних резервуарах із горизонтальними перегородками та без перегородок. Вивчено геометричних параметрів і розташування перегородок на

власні частоти та форми коливань. Виконано спектральний аналіз динамічних характеристик системи залежно від конфігурації резервуара та положення перегородок. На основі розроблених числових процедур виконано моделювання процесів плескання рідини в оболонках обертання при комбінованих вертикальних і горизонтальних збудженнях [4]. Досліджено стійкість руху рідини в резервуарах з перегородками та без них. На рис. 1 подано зміну рівня вільної поверхні за часом, що відповідає втраті стійкості руху рідини в сферичному резервуарі.

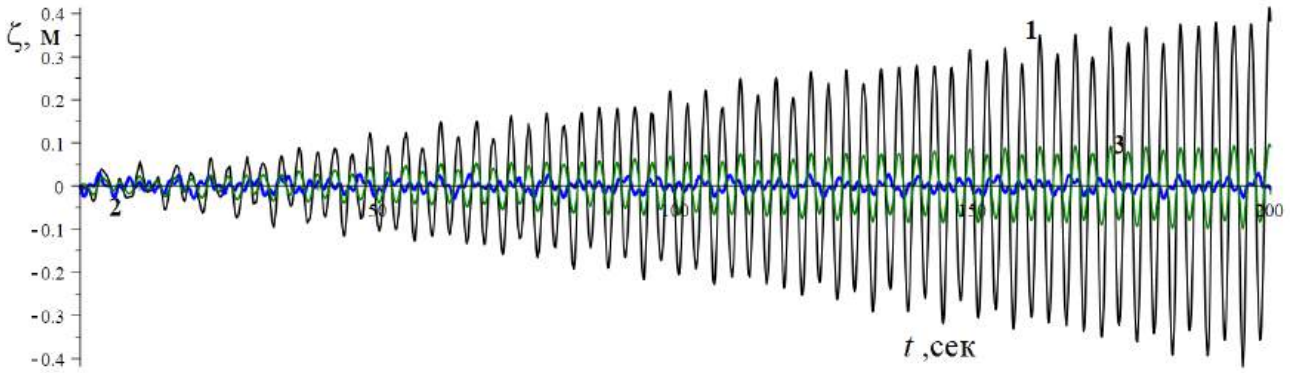


Рис. 1. Зміна рівня підйому вільної поверхні за часом

Цифрою 1 позначено криву (чорна лінії), що відповідає руху рідини в сферичному резервуарі з радіусом 1м, без перегородки, коли різниця між частотами вертикального та горизонтального збурень дорівнює першій власній частоті, цифрою 2 – за наявності перегородки, встановленої в сферичній оболонці на рівні H_1=1.0 м (синя лінія), цифра 3 відповідає даним (зелена лінія), отриманим при застосуванні демпфування по Релею. В цих розрахунках обиралось $\xi = 0.005$, що трактується як реальне демпфування. Отримані результати дають змогу оцінити ефективність внутрішніх перегородок у зменшенні амплітуд плескання, підвищенні динамічної стійкості та забезпеченні надійності експлуатації резервуарів..

Список використаних джерел

1. Smetankina N. Mass minimization of multilayer glazing for high-speed vehicles under unsteady loading. *Smart Technologies in Urban Engineering: proceedings of the STUE 2024* / ed. by O. Arsenyeva, T. Romanova, M. Sukhonos, I. Biletskyi, Y. Tsegelnyk. Cham : Springer, 2026. Vol. 1658. (Lecture Notes in Networks and Systems). P. 187–201. https://doi.org/10.1007/978-3-032-06829-3_14.

2. Sierikova O., Strelnikova E., Degtyarev K. Seismic loads influence treatment on the liquid hydrocarbon storage tanks made of nanocomposite materials. *WSEAS Transactions on Applied and Theoretical Mechanics*. 2022. Vol. 17. P. 62–70. https://doi.org/10.37394/232011.2022.17.9.

3. Degtyariov K., Kriutchenko D., Osypov I., Sierikova O., Strelnikova E. Dampers influence on sloshing mitigation in fuel tanks of launch vehicles and reservoirs. *Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering – 2023: proceedings of the ICTM 2023* / ed. by M. Nechyporuk, V. Pavlikov, D. Krytskyi.

Cham : Springer, 2024. Vol. 1008. (Lecture Notes in Networks and Systems). P. 426–438. https://doi.org/10.1007/978-3-031-61415-6_36.

4. Strelnikova E., Kriutchenko D., Gnitko V. Liquid vibrations in cylindrical quarter tank subjected to harmonic, impulse and seismic lateral excitations. *Journal of Mathematics and Statistical Science.* 2019. Vol. 5. P. 31–41. ISSN 2411-2518.

УДК 621.01:531.3:519.876.5:004.8

МЕТОДИКА ЗАСТОСУВАННЯ ФІЗИЧНО-ІНФОРМОВАНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ ДЛЯ РОЗВ'ЯЗАННЯ ЗАДАЧ ДИНАМІКИ АКЗ НА СТОХАСТИЧНОМУ РЕЛЬЄФІ

Бєрдиєв Р. Р. аспірант, Стороженко І. П. д.ф.-м.н., професор

Державний біотехнологічний університет

Проведено аналіз застосування фізично-інформованих нейронних мереж для математичного моделювання динаміки автономних колісних засобів на стохастичному рельєфі. Запропонований підхід дозволяє одночасно визначати параметри руху та ідентифікувати характеристики системи без використання традиційних чисельних схем або додаткових сенсорних даних.

Вступ. Проєктування та експлуатація автономних колісних засобів (АКЗ) для агропромислового комплексу вимагає створення моделей, здатних працювати в умовах невизначеності рельєфу. Випадковий характер мікропрофілю поверхні (стохастичний рельєф) генерує значні випадкові динамічні навантаження як на агрегати АКЗ, так і на ґрунт, що дуже важливо враховувати при обробки полів. Отже, прогнозування в необхідній потужності силової установки, швидкості та траєкторії руху для сучасних АКЗ є гострою проблемою. Використання великої кількості різноманітних датчиків руху суттєво підвищує собівартість АКЗ та не вирішує проблему повністю [1]. Іншим підходом до проблеми є передбачення за характерними рисами ґрунту та стану агрегатів того, які керувальні сигнали треба подати на різні агрегати АКЗ, щоб по-можливості з великим ККД та стійко просуватися по випадковому ґрунту. Класичні методи чисельного інтегрування системи диференціальних рівнянь (методом Рунге–Кутти або методом Монте–Карло) критично залежать від кроку дискретизації та накопичують похибку при обробці стохастичних збурень. Перспективним інструментом є фізично-інформовані нейронні мережі (PINN), які дозволяють інтегрувати диференціальні рівняння руху безпосередньо в архітектуру навчання, забезпечуючи швидкість прогнозування в реальному часі.

Постановка задачі. Об'єктом дослідження є процес двовимірного руху АКЗ, що моделюється як динамічна система під дією керуючих сил та збурень від мікропрофілю поверхні. На відміну від спрощених кінематичних моделей, запропонований підхід розглядає рух у неоднорідному потенціальному полі, що дозволяє врахувати реальну геометрію поверхні через енергетичні характеристики.

Розглядається рух АКЗ масою m як матеріальної точки (або центру мас платформи) на площині під дією керуючої сили тяги, сили в'язкого тертя та градієнта потенціального поля. Динаміка системи описується рівнянням:

$$m\ddot{r} + c\dot{r} + \nabla U(r) = F_{tr},$$

де r – радіус-вектор на площині; m – маса транспортного засобу; F_t – сила тяги; c – коефіцієнт в'язкого опору; $U(r)$ – випадкова потенціальна функція рельєфу.

Нерівність поверхні не розглядається як набір геометричних перешкод, а інтегрується в систему через потенціальну функцію $U(r)$. Це ключовий момент, що дозволяє уникнути ілюзії «руху по площині». Будь-яка зміна висоти рельєфу $h(r)$ породжує зміну потенціальної енергії. Отже, $\nabla U(r)$ визначає також проєкцію сили тяжіння на площину. Рельєф «штовхає» машину через зміну потенціальної енергії. Також рельєф задається як випадкове поле (наприклад, гауссівське), де параметри шорсткості σ та кореляційної довжини l визначають характер поверхні.

Потенціал $U(r)$ також закладаються фізичні властивості взаємодії: жорсткість ґрунту, опір коченню та локальні енергетичні бар'єри.

Методологія PINN. Замість пошуку дискретних значень координат, PINN апроксимує безперервну функцію розв'язку $\hat{r}(t, \theta)$. Навчання мережі базується на мінімізації комбінованої функції втрат:

$$L = \omega_1 L_{data} + \omega_2 L_{phys} + \omega_3 L_{bc},$$

де L_{data} – середньоквадратична похибка за наявними даними координат і швидкостей; L_{phys} – компонент фізичного залишку; ω_1, ω_2 та ω_3 – важелі; L_{bc} – граничні та початкові умови. Тут L_{phys} штрафує модель за невідповідність законам Ньютона, обчислюючи похідні через автоматичне диференціювання. Це дозволяє моделі «відчувати» фізику процесу навіть за обмеженої кількості вхідних даних.

Для реалізації PINN ми пропонуємо використовувати багатошарову нейронну мережу прямого поширення з автоматичним диференціюванням, що дозволяє обчислювати похідні координат та швидкостей без застосування класичних чисельних методів інтегрування. Оптимізацію параметрів моделі може бути реалізована із застосуванням алгоритмів Adam для швидкого наближення та L-BFGS – для точного «дошліфовування» результату.

Наукова новизна та очікувані результати. Запропонована методика передбачає розв'язання двох типів задач без використання реальних польових випробувань на першому етапі

Пряма задача. Прогнозування траєкторії АКЗ на основі генерованих ансамблів стохастичних рельєфів. Очікується прискорення обчислень у 100–500 разів порівняно з традиційними солверами на етапі інференсу.

Обернена задача. Ідентифікація прихованих параметрів системи. PINN дозволяє за «зашумленим» треком руху відновити невідому масу m, коефіцієнт опору c та навіть параметри самого рельєфу h, σ.

Висновок. Використання PINN відкриває шлях до створення «цифрових двійників» автономних платформ, здатних до самонавчання та адаптації до

складних умов АПК. Відмова від класичних чисельних схем на користь нейромережевих наближень дозволяє перенести основні обчислювальні витрати на етап навчання, забезпечуючи миттєву реакцію системи керування в реальних умовах експлуатації.

Список використаних джерел

1. Raissi M., Perdikaris P., Karniadakis G. Physics-informed neural networks: A deep learning framework for solving forward and inverse problems involving nonlinear partial differential equations. Journal of Computational Physics. 2019. Vol. 378. P. 686–707.

2. Cuomo S., Di Cola V., Giampaolo F. et al. Scientific machine learning through physics-informed neural networks: Where we are and what's next. Journal of Scientific Computing. 2022. Vol. 92. № 3. P. 1–62.

3. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. Cambridge : MIT Press, 2016. 800 p.

4. Ловейкін В. С., Ромасевич Ю. О. Математичне моделювання динамічних систем. Київ : Компринт, 2020. 296 с.

УДК 631

МОДЕЛЮВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ КУКУРУДЗИ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД ФАКТОРІВ СЕРЕДОВИЩА

Масленніков Д.І., к. фіз.-мат. н., доцент

Державний біотехнологічний університет (ДБТУ)

Наведено спосіб моделювання врожайності с/г кукурудзи в залежності від твердості орного шару ґрунту. Оцінено оптимальну та граничні значення твердості орного шару ґрунту, при яких при яких урожайність буде найвищою та найнижчою.

У сучасних умовах кліматичних змін, що характеризуються підвищенням температури повітря та нестійким зволоженням, питання забезпечення стабільної продуктивності польових культур набуває особливої актуальності [1]. Кукурудза (*Zea mays* L.) є однією з провідних зернових культур у світі, продуктивність якої значною мірою залежить від водного режиму ґрунту, його агрофізичних властивостей та технологій обробітку [2], [3]. Моделювання умов зростання та урожайності є важливою складовою вирощування кукурудзи.

Як правило, при моделюванні урожайності кукурудзи в залежності від одного або декількох факторів використовується лінійна модель. Але в даній роботі буде використана квадратична функція $y=ax^2+bx+c$ для опису залежності урожайності від твердості орного шару ґрунту, оскільки вона дає можливість описати одразу два протилежних ефекти: зростання урожайності зі збільшенням твердості при малих значеннях останньої та зменшення урожайності зі збільшенням твердості при великих значеннях твердості. Також використання даної функції дає можливість оцінити оптимальну твердість орного шару ґрунту,

тобто такого, при якій урожайність має найбільше значення при рівних значеннях інших факторів.

Аналіз проводиться за результатами спостережень за вирощуванням кукурудзи протягом трьох років на чотирьох ділянках дослідного поля ДБТУ.

Таблиця 1 – Твердість орного шару ґрунту та урожайність кукурудзи

Рік	2021	2021	2021	2021	2022	2022	2022	2023	2023	2023	2023	2023
Ділянка	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Твердість ґрунту, кг/см^2	17,4	18,8	17,9	19,6	21,7	26,4	24	27,5	11,9	12,3	12,7	13,7
Урожайність, т/га	6,92	6,58	6,67	6,51	6,25	5,62	5,96	5,59	6,93	6,39	6,62	6,11

Залежність шукаємо у вигляді квадратичної функції:

$$У=aT^2+bT+c, \quad (1)$$

де У – урожайність кукурудзи, т/га; Т – твердість ґрунту, кг/см^2.

За методом найменших квадратів знаходимо

a=-0,008,

b=0,245,

c=4,758.

Таким чином, отримали математичну модель:

$$У=-0,008T^2+0,245T+4,758. \quad (2)$$

Графік залежності показано на Рисунку 1.

Проаналізуємо функцію:

Оптимальне значення твердості відповідає максимуму функції і знаходиться за формулою

$$T_0 = -\frac{b}{2a} \quad (3)$$

Для нашої функції T_0=15,423 кг/см^2. Їй відповідає максимальна прогнозна урожайність 6,64 т/га.

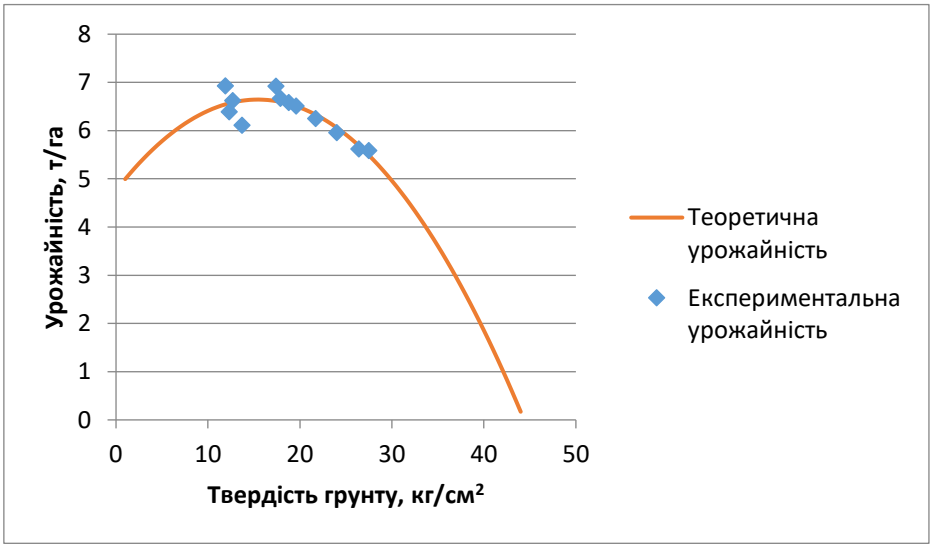


Рис. 1. Емпірична та теоретична залежності урожайності кукурудзи від твердості ґрунту.

Нулі функції, тобто значення, при яких урожайність дорівнює нулю: T_1=-13,5 кг/см^2 і T_2=44,37 кг/см^2. Перше значення від'ємне, що означає, мінімальної необхідної твердості ґрунту не існує. Друге значення показує максимально можливу твердість ґрунту за якої урожайність ще є.

Дана модель може бути використана і для інших факторів, що впливають на урожайність. Але використання квадратичної множинної регресії ускладнюється за рахунок появи великої кількості параметрів, від яких залежить модель і, отже, недостатньої точності моделі особливо при малому обсязі даних.

Література

1. Winkler, J., Kopta, T., Ferby, V., Neudert, L. and Vaverková, M.D., 2022, Effect of tillage technology systems for seed germination rate in a laboratory tests. *Environments* 9(2), 13.
4. https://doi.org/10.3390/environments9020013
2. Berner, A., Hildermann, I., Fließbach, A., Pfiffner, L., Niggli, U., & Mäder, P. (2008). Crop yield and soil fertility response to reduced tillage under organic management. *Soil and Tillage Research*, *101*(1-2), 89-96. https://doi.org/10.1016/j.still.2008.07.012
3. Krauss, M., Berner, A., Perrochet, F., Frei, R., Niggli, U., & Mäder, P. (2020). Enhanced soil quality with reduced tillage and solid manures in organic farming–a synthesis of 15 years. *Scientific reports*, *10*(1), 4403. https://doi.org/10.1038/s41598-020-61320-8

UDC 519.6:001.5

METHODS OF MATHEMATICAL MODELING OF PHYSICAL PROCESSES

D. Levkin[1], O. Zavgorodniy[2]
Candidate of Engineering Science, Associate Professor[1]
Doctor of Technical Sciences, Professor[2]
State Biotechnological University

This work examines mathematical models for physical processes in complex systems. The choice of methods for implementing mathematical models depends on the characteristics of the process under study and the objectives of the mathematical modeling.

Today, mathematical modeling is one of the primary methods for studying physical phenomena and processes. A mathematical model is a set of formulas, logical conditions, inequalities, and so on, that describe the state of the modeled system under various operating conditions and under the influence of external factors [1]. In its simplest form, a mathematical model is a function that expresses the dependence of a quantity on its parameters. Depending on their purpose, mathematical models are divided into computational and optimization models. Computational mathematical models are based on boundary value problems with differential equations. The solution to a differential equation, or, as is commonly said, the implementation of a

computational mathematical model, is understood as a function that transforms the differential equation from a boundary value problem into an identity. To implement an optimization mathematical model, the solution function is first obtained, and then, by applying the necessary and sufficient conditions for a local extremum of the function, it is analyzed to find the extremum (minimum or maximum) value of the function. Due to the connection between the implementation of optimization and computational mathematical models, the correctness of boundary value problems (computational mathematical models) determines the correctness of optimization mathematical models. Based on the form of the equations, mathematical models can be linear or nonlinear. When performing mathematical modeling of physical phenomena and processes, one most often has to perform mathematical modeling of complex systems [2, 3]. Let us consider the most common types of mathematical models for complex systems:

- *the functional model* describes the set of functions performed by the system;
- *the structural model* describes the composition of the system;
- *the information model* characterizes the relationships between the system's elements and the influence of external factors on the system;
- *the behavioral model* reflects the dynamics of the system under the influence of internal and external factors.

Mathematical models are classified according to the method of analysis into those studied analytically, numerically, or using analog-digital processors. When using analytical methods, a mathematical model is formulated in a form that allows it to be solved using exact methods to obtain an analytical solution. This means that differential equations are replaced by a system of linear algebraic equations for which an analytical solution can be found.

However, due to the specific characteristics of the modeled systems (the structure of the object under study, the operating modes of physical field sources, etc.), numerical analysis of mathematical models is used in most cases. In doing so, certain system parameters are averaged, and certain factors are neglected. This is done to justify the validity of boundary value problems with differential equations without using specialized research methods, in order to reduce the complexity of the solution function. Using numerical methods, an approximate solution is obtained with a certain error that depends on specific input data [4]. In analog modeling, analog computers are used to solve systems of linear algebraic equations, which have replaced the differential equations from the boundary value problem. This allows for obtaining solutions to boundary value problems in the form of tables of target function values or in graphical form. The use of analog-digital machines allows for the implementation of a large number of computational mathematical models on computers.

Mathematical modeling is used to study physical phenomena and processes through the construction of equations, functions, and algorithms. It is used to predict system behavior, calculate, and optimize complex systems in various scientific fields. The use of mathematical modeling allows for the investigation of physical processes without conducting actual experiments, which saves on experimental materials and optimizes resource utilization in the modeled systems.

References:

1. Чалий С.Ф., Лещинський В.О. Причинно-наслідкове моделювання пояснень в інтелектуальних системах. *Автоматизовані системи управління та прилади автоматики*. 2025. № 185. С. 53–62.
DOI: https://doi.org/10.30837/0135-1710.2025.185.053
2. Pylypiuk T., Schyrba V. Multi-stream process modeling. *Математичне та комп'ютерне моделювання. Серія: Технічні науки*. 2025. Вип. 28. № 1. С. 71–83. DOI: https://doi.org/10.32626/2308-5916.2025-28.71-83
3. Rusanov R., Rusanov A., Kriutchenko D., Bykov Y., Degtyarev K. Computer modeling temperature and strength characteristics of an ultra-supercritical loop-type steam turbine rotor. *Bulletin of V.N. Karazin Kharkiv National University. Series: «Mathematical Modeling. Information Technology. Automated Control Systems»*. 2024. Vol. 64. С. 90–103.
DOI: https://doi.org/10.26565/2304-6201-2024-64-09
4. Levkin D. Methods for solving applied problems in mathematical physics. *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences*. 2026. Vol. 361. No. 1. С. 251–256. DOI: https://doi.org/10.31891/2307-5732-2026-361-35

УДК 664.1.033

ДОСЛІДЖЕННЯ РОЗПОДІЛУ ТИСКІВ ПРИ ЕКСТРАГУВАННІ САХАРОЗИ В ПРОМИСЛОВИХ ДИФУЗІЙНИХ АПАРАТАХ

Люлька Д.М., к.т.н., доцент, Пономаренко В.В., д.т.н., доцент, Якобчук Р.Л., к.т.н., доцент

Національний університет харчових технологій

Досліджено зміну параметрів, що характеризує стан сокостружкової суміші в дифузійних апаратах під дією робочих органів транспортних систем. Отримано закон зміни тиску від часу для будь-якого фіксованого проміжку часу, а також закон зміни тиску за висотою шару для будь-якого фіксованого проміжку часу.

Екстрагування сахарози з бурякової стружки в сульфітовану воду здійснюється в кілька етапів: спочатку відбувається дифузія сахарози в межах клітини, перехід через мембрану і далі в рідку фазу. Рушійною силою процесу є різниця концентрацій сахарози всередині клітини та в рідкій фазі (екстрагенті) [1]. При цьому для оптимального проектування дифузійного обладнання важливим є знання зміни тисків сокостружкової суміші по поперечному перерізу та вздовж екстрактора. Такі дані дозволяють визначати масообмінні характеристики в будь-який момент часу в об'ємі апарата.

Досліджували сокостружкову суміш в промислових дифузійних апаратах, яка є двофазною системою. Вона складається з бурякової стружки та соку і характеризується величиною питомого наповнення стружкою об'єму дифузійного простору. У апаратів різних типів ця величина різна і коливається в межах 400…850 кг/м^3. В процесі роботи дифузійного апарату сокостружкова

суміш піддається механічному впливу різної інтенсивності, що значно впливає на процес екстрагування. Для оцінки цього впливу і визначення ефективності процесу необхідно визначити локальний напрямок руху рідини в апараті. Це можливо лише у випадку, якщо відомі розподіл тиску навколо транспортуючих елементів при їх переміщенні в сокостружковій суміші, фільтраційні характеристики середовища [2, 3].

Для виявлення впливу розподілу тиску в шарі сокостружкової суміші на його фільтраційну здатність використаємо метод математичного моделювання процесу стискання пористого середовища. Для побудови математичної моделі зроблено такі припущення: шар бурякової стружки повністю насичений екстрагентом, стан якого в порах вважається вільним, нестисливим і гідравлічно безперервним; шар стружки приймається лінійно деформованим: напруження, які виникають в ньому миттєво викликає його переміщення; шар стружки не структурований і зовнішній тиск, який прикладається до неї, миттєво повністю передається на сік; фільтрація соку в порах шару стружки підпорядковується закону Дарсі. За таких припущень зовнішній тиск, що прикладений до виділеного об'єму сокостружкової суміші складає:

$$P = P_П + P_C, \qquad (1)$$

де $P_П$ – надлишковий тиск екстрагента в порах;

P_C – пульсаційний тиск, який створюється рухомими лопатями дифузійного апарату на бурякову стружку.

З рівняння (1) виходить, що для будь-якого моменту часу на будь-якій глибині шару сума тиску в поровому соці і тиску, що передається на бурякову стружку, дорівнює зовнішньому тиску P.

В перший момент часу τ_1 зовнішній тиск P повністю передається на поровий сік, але в наступні проміжки часу тиск в соці P_C зі зміною гідростатичного тиску H буде зменшуватись, а тиск, що діє на стружку $P_П$, зростати до тих пір, поки не стане рівним зовнішньому тиску (рис. 1).

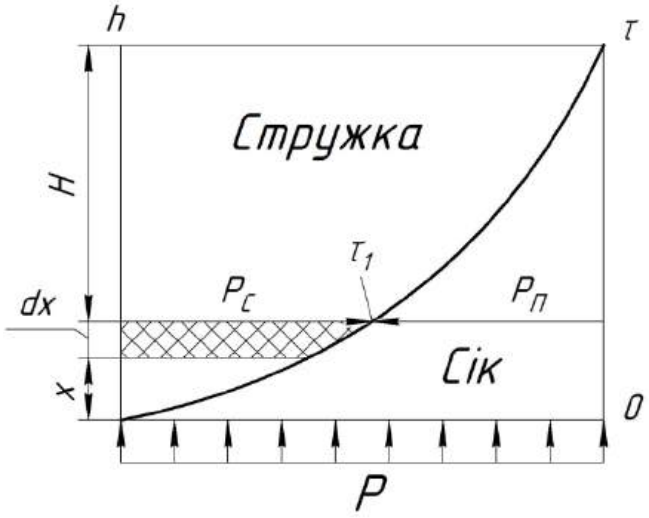


Рис. 1. Схема стискання сокостружкової суміші

Для елементарного шару ∂x на глибині x в об’ємі сокостружкової суміші збільшення вмісту соку q дорівнює зменшенню пористості шару n:

$$\frac{\partial q}{\partial x} = -\frac{\partial n}{\partial t}, \tag{2}$$

де q – витрата соку в напрямку x;

n – об'єм соку в міжстружковому просторі шару ∂x.

За законом фільтрації Дарсі витрата соку вздовж осі x для випадку направленого руху соку буде рівною:

$$q = -k_{Ф} \cdot \frac{\partial H}{\partial x}, \tag{3}$$

де $k_{Ф}$ – коефіцієнт фільтрації;

H – тиск в соці.

Звідси: $$\frac{\partial q}{\partial x} = -k_{Ф} \cdot \frac{\partial^2 H}{\partial x^2}. \tag{4}$$

Приймаючи до уваги, що напір в соці H дорівнює тиску в соці $P_{П}$, розділеному на його густину $\rho_{П}$ і, врахувавши рівняння (1) та (4), отримаємо:

$$\frac{\partial q}{\partial x} = \frac{k_{Ф}}{\rho_{П}} \cdot \frac{\partial^2 P_C}{\partial x^2}. \tag{5}$$

Для перетворення правої частини рівняння (2) введемо поняття коефіцієнта пористості шару сокостружкової суміші e. Оскільки виділений одиничний об'єм сокостружкової суміші складається з об'єму скелету пор m і об'єму соку в них n, то:

$$n + m = 1, \text{ тоді } e = \frac{n}{m}. \tag{6}$$

Звідси отримуємо: $n = \frac{e}{1+e}$ і $\frac{\partial n}{\partial t} \approx \frac{1}{1+e_{сер}} \cdot \frac{\partial e}{\partial t}$. Знехтувавши в знаменнику зміною e в порівнянні з одиницею, одержимо $e_{сер}$. Введемо також коефіцієнт стисливості шару m_0, який дорівнює відношенню зміни коефіцієнта пористості до діючого тиску:

$$m_0 = \frac{e_0 - e_i}{P_{Ci}}. \tag{7}$$

Для якогось проміжного значення P_{Ci} маємо:

$$e_i = e_0 - m_0 \cdot P_{Ci}, \tag{8}$$

де e_0 – початковий коефіцієнт пористості.

Диференціюючи рівняння (8) по t, отримаємо: $\frac{\partial e}{\partial t} = -m_0 \cdot \frac{\partial P_C}{\partial t}$. Отже:

$$\frac{\partial n}{\partial t} = -\frac{m_0}{1+e_{сер}} \cdot \frac{\partial P_C}{\partial t}. \tag{9}$$

Тоді рівняння (2) можна записати з врахуванням (5) та (9) у вигляді:

$$\frac{k_{Ф} \cdot (1+e_{сер})}{m_0 \cdot \rho_{П}} \cdot \frac{\partial^2 P_C}{\partial x^2} = \frac{\partial P_C}{\partial t}.$$

Позначивши множник в лівій частині через a, отримаємо в кінцевому вигляді диференційне рівняння одномірної задачі фільтраційного ущільнення сокостружкової суміші:

$$\frac{\partial P_C}{\partial t} = a \cdot \frac{\partial^2 P_C}{\partial x^2}, \tag{10}$$

Величина *a* називається коефіцієнтом ущільнення, який відображає вихідні умови задачі по характеристиці ущільнення сокостружкової суміші і самого процесу фільтраційного ущільнення.

Для однозначного вирішення рівняння (10) доповнюємо його крайовими умовами стискання шару суміші товщиною *2h* при двохсторонній фільтрації екстрагента (вгору і вниз) (рис. 2).

Вибираємо початок координат посередині шару. Тоді функція $P_C(x, t)$ є парною відносно *x* для будь-якого фіксованого *t*, тому дана задача симетрична і для неї при *x=0* можна записати умову симетрії у вигляді $\frac{\partial P_C(0,t)}{\partial x} = 0$.

Використовуючи базові рівняння стану сокостружкової суміші та з врахувавши стисливість шару отримаємо аналітичне рішення задачі ущільнення шару сокостружкової суміші, що дозволяє виявити вплив ряду факторів на процес розподілу тиску в шарі і процес фільтрації екстрагента через шар стружки:

$$P_C(x,t) = P \cdot \left(1 - \frac{4}{\pi} \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2} \cdot \frac{x}{h}\right) \cdot e^{-\frac{\pi^2}{4} \cdot \frac{a \cdot t}{h^2}}\right) \tag{11}$$

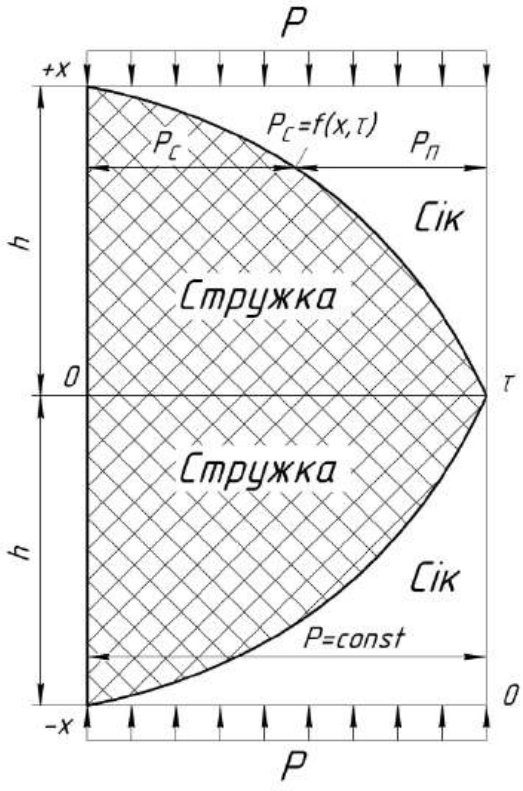


Рис. 2. Стискання шару суміші при двосторонній фільтрації екстрагента

З даного рівняння знайдено закон розподілення тиску P_c від часу для будь якого фіксованого перерізу шару суміші та швидкість фільтрації соку для будь якого перерізу в будь який проміжок часу.

Витрата соку (об'ємна швидкість фільтрації) знаходиться диференціюванням по *x* рівняння (11):

$$q = \frac{k_{\Phi}}{\rho_{П}} \cdot P \cdot \frac{2}{h} \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2 \cdot h} \cdot x\right) \cdot e^{-\frac{\pi^2 \cdot a}{4 \cdot h^2} \cdot t} \quad (12)$$

Висновок.

Одержані рішення описують зміну параметрів, що характеризують стан сокостружкової суміші в промислових дифузійних апаратах: закон розподілення тиску від часу для будь-якого шару суміші та об'ємну швидкість фільтрації. В подальшому ці дані будуть використані при дослідженні масообмінних процесів в промислових екстракторах.

Список використаних джерел

1. Simulation of compression of juice chips mixtures in diffusive device / D. Lyulka, M. Pushanko // *Ukrainian Food Journal*. 2013. Vol. 2, Issue 3. P. 393-403.

2. Розроблення методів і засобів діагностики з підвищенням надійності екстракційного обладнання / Д.М. Люлька, О.О. Серьогін, І.Є. Ізволенський, О.А. Мащенко, Ю.А. Чорний // *Харчова промисловість*. 2023. №34. С. 127-136.

3. Люлька Д.М. Розроблення конструкцій транспортних систем дифузійних апаратів з метою інтенсифікації процесу екстрагування: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.12 «Процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв» / Люлька Дмитро Миколайович; Нац. ун-т харч. технологій. Київ, 2014. 24 с.

УДК 621.694.3

АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЖЕКТОРІВ З ДИСПЕРГОВАНИМ СТРУМЕНЕМ РІДИНИ З ЗАСТОСУВАННЯМ ТЕОРІЇ ПРИЄДНАНОЇ МАСИ

Пономаренко В.В., д.т.н., доцент, Якобчук Р.Л., к.т.н., доцент, Люлька Д.М. к.т.н., доцент

Національний університет харчових технологій, м. Київ

Метою дослідження є аналітичне обґрунтування процесу ежекції газової фази в рідинно-газовому ежекторі з диспергованим струменем рідини на основі теорії приєднаної маси. Запропонований підхід передбачає врахування коефіцієнта передачі енергії, що дає змогу уточнити визначення коефіцієнта ежекції з урахуванням втрат енергії у камері змішування.

Ежектори широко застосовуються в різних галузях промисловості як основне або допоміжне обладнання для інтенсифікації гідродинамічних і масообмінних процесів. Особливий практичний інтерес становлять ежектори з диспергованим струменем рідини, оскільки їхній коефіцієнт ежекції може перевищувати відповідний показник апаратів із компактним струменем в 2…5 разів. Такі ежектори переважно використовують для проведення

масообмінних процесів в інтенсивному режимі, оскільки мають місце як висока швидкість оновлення поверхні контакту, так і значні швидкості фаз. [1, 2]

Для промислового застосування таких апаратів необхідна розрахункова методика, яка дає змогу визначати основні витратні характеристики ежектора та обґрунтовувати його конструктивні параметри.

Проведені нами експериментальні дослідження гідродинаміки фаз у камері змішування ежекторів з диспергованим струменем рідини дали змогу встановити раціональне значення геометричної характеристики ежектора, тобто відношення площі камери змішування до площі сопла, у діапазоні 15…60. Водночас визначення коефіцієнта ежекції залишається складним завданням. Не дивлячись на простоту конструкції струминного апарату в камері змішування відбуваються надзвичайно складні процеси, які врахувати на даний час не має можливості. Одні з них суттєво впливають на ежекційні процеси, вплив інших явищ в межах похибки.

Складність теоретичного опису зумовлена тим, що в камері змішування одночасно відбуваються диспергування струменя, прискорення газової фази, аеродинамічний опір руху крапель, взаємодія крапель зі стінками, утворення рідинної плівки, дегазація рідини, насичення газової фази водяною парою та кавітаційні явища. За зміни тиску робочої рідини змінюється швидкісний режим, що призводить до перерозподілу втрат енергії та зміни коефіцієнта ежекції [1, 3].

Одним із перспективних підходів до опису ежекційних процесів є використання теорії приєднаної маси, зокрема модифікованої теорії Бутакова-Хемеона. Її основне положення полягає в тому, що частина кінетичної енергії диспергованих частинок рідини, яка втрачається внаслідок опору середовища, передається газовій фазі, що рухається разом із краплями. Такий підхід дає змогу враховувати дисперсний стан активного потоку, який не відображається в класичних моделях, побудованих лише на рівняннях збереження маси, енергії та кількості руху.

Основною тезою теорії Бутакова-Хемеона до опису процесу ежекції повітря сипким матеріалом було положення, що втрачена кінетична енергія руху крапель за одиницю часу переходить в кінетичну енергію потоку газової фази, яка рухається разом з краплями (ефект приєднаної маси):

$$dE_г = Q_г dp\,, \tag{1}$$

де $Q_г$ – об’ємна витрата повітря (приєднана маса), м^3/с;

dp – рушійна сила руху повітря (різниця тисків по довжині камери змішування), Па.

Для n крапель рідини затрачену енергію можна знайти за виразом:

$$dE_г = nR_0 dx\,, \tag{2}$$

де R_0 – сила аеродинамічного опору;

dx – координата шляху, що проходить частинка.

Або:

$$nR_0 dx = Q_г dp\,. \tag{3}$$

Інтегрування останнього виразу в межах довжини камери змішування з врахуванням значення для втрат тиску в камері змішування ежектора:

$$\Delta p = \sum \varsigma \frac{v_{\text{см}}^2}{2} \rho_{\text{см}}, \quad (4)$$

де ς – загальний коефіцієнт опору (сума місцевого опору та по довжині);

$v_{\text{см}}$ – швидкість суміші;

$\rho_{\text{см}}$ – густина суміші в камері змішування.

Ввівши в вираз коефіцієнт передачі енергії ξ_e отримаємо вираз:

$$Q_г \sum \varsigma \frac{v_г^2}{2} \rho_г = \xi_e \int_0^l n R_0 dx \quad (5)$$

Доволі просто отримати рішення даного рівняння для найпростішого випадку, коли коефіцієнт передачі енергії $\xi_e = 1$.

Звернемось до коректності прийняття припущення про рівність одиниці коефіцієнта передачі енергії. В камері змішування відбуваються достатньо складні фізичні явища, основні з них:

- сам процес диспергування рідини на краплі, ускладнений наявністю обмежувальних стінок на має точного опису. Теорія не дає відповіді на питання кількісного складу крапель, їх розмірів;
- рух крапель рідини в циліндричній камері змішування під дією сили тяжіння приводить до зміни їх траєкторії, а при ударі об тверду стінку краплі рідини або утворюють плівку, що рухається вздовж стінок, або частково відбиваються від неї та рухаються по новій траєкторії. При русі плівки рідини по стінкам камери змішування виникає дотична напруга, або сила тертя, що супроводжується втратами енергії. В обох випадках відбувається втрата частини енергії;
- політ крапель в газовому середовищі відбувається з опором, що призводить до зменшення кінетичної енергії, причому при утворенні крапель біля сопла форсунки, коли газова фаза має майже нульову швидкість, опір руху краплям найвищий. На виході з камери змішування швидкості рідини і газу вирівнюються, опір зменшується;
- формування краплі при виході з форсунки супроводжується зміною форми, її розмірів, тобто має місце перехідні процеси, які займають майже третину часу перебування крапель рідини в камері змішування ежектора, що супроводжується перерозподілом енергії, частковою її втратою;
- внаслідок неврівноваженості фаз та появи зон розрідження в приймальній камері ежектора відбуваються процеси дегазації рідини, що впливають на утворення та формування крапель. Одночасно відбувається процес насичення газової фази парами води, що зменшує енергію потоку рідинно-газової суміші. Всі процеси інтенсифікуються кавітаційними явищами, що відбуваються при витоку струменя рідини з сопла форсунки. Ці процеси є найскладнішими та математичному врахуванню майже не піддаються.

Як випливає з даного аналізу, внаслідок енергетичних обмінів між фазами відбувається втрата частини енергії на супутні процеси і про рівність одиниці коефіцієнта передачі енергії можна говорити лише в контексті руху ідеальної рідини в вакуумі без тертя. Знайдемо загальний вираз основного рівняння ежекції при коефіцієнті передачі енергії, не рівним одиниці. Приймемо, що сила

аеродинамічного опору краплям рідини R_0 пропорційна площі поперечного перерізу краплини d та квадрату відносної швидкості:

$$R_0 = f_0 \frac{\pi d^2}{4} \frac{(v_p - v_г)^2}{2} \rho_г, \quad (6)$$

де f_0 – коефіцієнт опору краплини;

v_p – швидкість витікання рідини з сопла форсунки;

$v_г$ – швидкість газу, що захоплюється краплями рідини.

Після виконання нескладних математичних перетворень та інтегрування отриманого виразу в межах довжини камери змішування було отримано основне рівняння ежекції з коефіцієнтом передачі енергії, не рівним одиниці:

$$Q_г^3 - Q_г^2 \zeta_е (n f_0 \rho_г l \frac{\pi d^2}{8} \frac{1}{F_{кз}}) \frac{1}{R_г} + Q_г \zeta_е (2 n f_0 \rho_г l \frac{\pi d^2}{8} v_p) \frac{1}{R_г} - \zeta_е n f_0 \rho_г l \frac{\pi d^2}{8} v_p^2 \frac{F_{кз}}{R_г} = 0, \quad (7)$$

де $R_г$ – опір газовій фазі на одиницю площі камери змішування.

Розв’язок даного рівняння дозволяє отримати кількість газової фази, що ежектувалась рідиною в камері змішування ежектора з врахуванням втрат енергії.

Важливим параметром для розрахунку є коефіцієнт передачі енергії. Загалом він показує яку частину енергії не враховано при розрахунку (є відношенням не врахованих до всіх втрат енергії в ежекторі). Тобто задача зводиться до визначення всіх значимих втрат енергії, які мають місце в ежекторі. Традиційно враховуються лише втрати тиску рідини внаслідок її тертя по стінці камери змішування та втрати тиску внаслідок руху в газі крапель рідини, що вилетіли з сопла форсунки, тобто від сили аеродинамічного опору краплям рідини R_0. Однак як показав аналіз, крім цих втрат згідно теорії гомогенного потоку можливо розрахувати втрати енергії, які не було враховано при визначенні витрати ежектованого газу. Це втрати від дії сили тяжіння, яка змінює траєкторію крапель. Важливою складовою втрат є втрати від прискорення газового потоку внаслідок передачі енергії від рідкої фази.

При знаходженні вказаних складових втрат енергії обчислюється коефіцієнт передачі енергії та знаходиться коефіцієнт ежекції. При невірному виборі діаметр крапель розрахунок може бути некоректним, оскільки цей параметр є пріоритетним при розрахунках та має квадратичний вплив на результат обчислень.

Необхідно відмітити, що при зміні тиску рідини в соплі форсунки, а такі зміни рідини на виробництві відбуваються постійно, змінюються майже всі основні розрахункові величини, що призводить до: зміни швидкості рідини в соплі форсунки, що змінює однин з основних розрахункових параметрів — розмір крапель; зміна швидкості рідини при зміні тиску приводить до зміни критерію Рейнольдса, що рівнозначно зміні опору крапель в камері змішування; зміна швидкості суміші в циліндричній частині камери змішування аналогічно зміні втрат тиску по її довжині.

Такий попередній аналіз приводить до думки, що перший оціночний розрахунок коефіцієнтів ежекції та коефіцієнта передачі енергії доцільно проводити для фіксованого значення тиску рідини в соплі форсунки з врахуванням номінального режиму встановленого насосного обладнання.

Якщо розрахункова величина коефіцієнта ежекції для даного ежектора влаштовує, можна виконати розрахунки для інших значень тисків рідини в соплі (загалом доцільно виконати такі розрахунки для граничних значень тисків рідини, що дозволить отримати діапазон робочих коефіцієнтів ежекції). Фінальним етапом є побудова робочої характеристики ежектора для всього робочого діапазону тисків.

Висновок.

Для теоретичного опису ежекції у струминному апараті з диспергованим струменем рідини запропоновано застосовувати модифіковану теорію Бутакова-Хемеона, що ґрунтується на ефекті приєднаної маси та враховує дисперсний стан активного потоку. Показано, що коефіцієнт передачі енергії є змінною величиною, яка залежить від режиму роботи ежектора, конструкції камери змішування та дисперсного складу рідини. Запропонований підхід може бути використаний для визначення коефіцієнта ежекції в робочому діапазоні тисків і для подальшого уточнення методики проєктування рідинно-газових ежекторів.

Список використаних джерел

1. Ponomarenko V., Yakobchuk R., Yastreba S. Determination of ejection coefficient of liquid-gas ejector based on theory of attached mass. *Ukrainian Food Journal*. 2025. Vol. 14, Issue 1. P. 97-110. https://doi.org/10.24263/2304-974X-2025-14-1-10.

2. Ponomarenko V., Pushanko N., Khitriy Y., Liulka D., Babko E. Research of operation of liquid-gas ejectors with compact and dispersed jets of liquid. *Technology Audit and Production Reserves*. 2017. Vol. 4, № 1(36). P. 4-10. https://doi.org/10.15587/2312-8372.2017.109048.

3. Zhao J., Wei X., Zou J., Zhang Y., Sun J., Liu Z. Research on performance optimization of gas–liquid ejector in multiphase mixed transportation device. *Journal of Mechanics*. 2022. Vol. 38. P. 22-31. https://doi.org/10.1093/jom/ufac001.

UDC 539.3, 624.014

OPTIMIZATION OF MULTI-SPAN BEAMS SUBJECT TO STRENGTH AND NATURAL FREQUENCY CONSTRAINTS

Smetankina N.V., Doctor of Technical Sciences, Professor; Vasiliev A.J., Doctor Economical Sciences, Professor

Anatolii Pidhornyi Institute of Power Machines and Systems of the National Academy of Sciences of Ukraine

Han Wei, Professor

International Center of Future Science, Jinlin University, P. R. of China

Rymar M.P., Student; Obramenko B.V., Student

State Biotechnological University

An approach is proposed for optimizing the parameters of a multi-span beam subject to strength and vibration frequency constraints. The calculation results may be useful in the design of thin-walled structural elements and equipment used in the agro-industrial sector.

Due to the widespread use of thin-walled structures in engineering, driven by their reduced material consumption and weight without compromising stiffness, special methods have been developed for such structures. A key feature of the analysis of thin-walled structures is the consideration of section displacements, known as out-of-plane deformation, which can be neglected in structures that are not thin-walled ones [1–3].

Currently, problems in the statics and dynamics of thin-walled beams are successfully solved using the finite element method [4, 5]. However, for a complete analysis of the structure and to enable its optimization, it is necessary to derive analytical expressions that will allow not only the calculation of the stress-strain state but also the establishment of a relationship between the natural vibration characteristics and the parameters of the entire structure and its individual elements.

When analyzing vibrations, determining the natural frequencies of specific structures is crucial for certain designs, as it is necessary to avoid potential resonance within the specified range of forced vibration frequencies. Taking secondary displacements into account allows for a more accurate determination of the natural frequencies. At the same time, it is important not to overlook the structural strength characteristics.

Optimal design parameters will ensure the structural integrity of the structure while meeting the established optimality criteria and preventing the occurrence of resonance frequencies within the specified range. Due to the complexity of the analytical expressions describing the structure’s motion and the need to account for strength constraints, determining the optimal structural parameters is only possible through computational analysis. Additional optimization options include selecting not only the characteristics but also the cross-section type, which may contain both open and closed sections, as well as determining the locations of the supports.

The aim of this work is to develop a method for the static and dynamic analysis of thin-walled, multi-span, continuous open-section beams, taking into account secondary shear forces, and to optimize these beams subject to strength and natural frequency constraints.

Equations have been derived for calculating the stress-strain state of a continuous thin-walled beam. The effect of accounting for secondary shear on the main characteristics of the beam's stress-strain state under static loading and on the parameters of its free vibrations has been analyzed.

An optimization algorithm has been developed for a continuous thin-walled beam, taking into account secondary shear forces and subject to constraints on strength and natural frequencies. The effect of natural frequency constraints on the characteristics of the optimal design has been evaluated.

It has been established that, when optimizing thin-walled beams, the frequency limit is often the determining factor, dictating the overall thickness of the elements.

Conclusion.

Thus, an approach has been developed for optimizing continuous thin-walled beams, taking into account strength constraints and the natural frequencies of the continuous thin-walled beam, which makes it possible to avoid the occurrence of resonance frequencies within the specified range. The results of the study can be used to assess the strength of structures in various branches of engineering.

References

1. Smetankina N.V., Postnyi O.V., Misura S.Yu., Merkulova A.I., Merkulov D.O. Optimal design of layered cylindrical shells with minimum weight under impulse loading. In: *2021 IEEE 2nd KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek).* 2021. P. 506–509. https://doi.org/10.1109/KhPIWeek53812.2021.9569982

2. Malykhina A.I., Merkulov D.O., Postnyi O.V., Smetankina N.V. Stationary problem of heat conductivity for complex-shape multilayer plates. *Bulletin of V.N. Karazin Kharkiv National University. Series "Mathematical modeling. Information technology. Automated control system"*. 2019. Vol. 41. P. 46–54. https://doi.org/10.26565/2304-6201-2019-41-05

3. Smetankina N.V. Non-stationary deformation, thermal elasticity and optimisation of laminated plates and cylindrical shells. Kharkiv: Miskdruk Publishers, 2011. 376 p.

4. Strelnikova E., Gnitko V., Krutchenko D., Naumemko Y. Free and forced vibrations of liquid storage tanks with baffles. *Journal of Modern Technology & Engineering*, 2018. Vol. 3, No. 1. P.15–52.

5. Smetankina N., Ugrimov S., Kravchenko I., Ivchenko D. Simulating the process of a bird striking a rigid target. *Advances in Design, Simulation and Manufacturing II. DSMIE 2019. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham, 2020. P. 711–721. https://doi.org/10.1007/978-3-030-22365-6_71

UDC 539.377

MATHEMATICAL MODELING OF THE STRESS-STRAIN STATE OF ROTATIONAL STRUCTURES UNDER NON-AXISYMMETRIC HEAT TRANSFER

Smetankina N.V., Doctor of Technical Sciences, Professor; Misiura S.Yu., PhD in Technics, Associate Professor

Anatolii Pidhornyi Institute of Power Machines and Systems of the National Academy of Sciences of Ukraine

Sychova T.O., PhD in Technics, Associate Professor; Sychov A.I., PhD in Technics, Associate Professor

State Biotechnological University

Misiura Ie.Yu., PhD in Technics, Associate Professor

Simon Kuznets Kharkiv National University of Economics

A method has been developed for determining the thermal elastic-plastic stress-strain state of rotationally symmetric bodies that are not closed in the circumferential direction under convective heat transfer. This method can be used in strength analyses of components in agro-industrial structures subjected to non-axisymmetric loading processes.

Many components of various structures, designed as three-dimensional bodies of simple and complex shapes, including those used in agricultural and industrial equipment, operate under conditions of uneven heating due to the action of surface and volumetric forces. This causes stresses to develop within them, which in certain areas may exceed the material's yield strength [1–3].

Rotational bodies with complex meridional cross-sections that are not closed in the circumferential direction, and which are subjected to non-axisymmetric temperature fields and external forces, are widely used as structural components in steam and gas turbines, jet engines, internal combustion engines, and other mechanical engineering structures [4–6]. When studying the strength of such structural elements, it is necessary to consider not only the stress distribution within the elastic range of the material but also beyond it. Therefore, the study of the thermal elastic-plastic stress-strain state of bodies of revolution that are not closed in the circumferential direction under the action of a non-axisymmetric load is an important and relevant problem in mathematical modeling in mechanics. The behavior of a material beyond the elastic limit differs significantly from its behavior in the elastic state. Currently, there are numerous theories of plasticity, which describe the stress-strain state during loading with varying degrees of accuracy.

The aim of this study is to develop a methodology for determining the thermal elastic-plastic stress-strain state of bodies of revolution that are not closed in the circumferential direction and are subjected to non-axisymmetric thermal and force fields. The nonlinear equations of state are linearized using the method of variable elastic constants. The calculation is performed using the finite element method. A ring

element with a triangular meridional cross-section is selected as the finite element. Temperature and displacements across the finite element are approximated by an incomplete quadratic polynomial.

The problem of determining the thermal elastic-plastic state of a cylindrical panel subjected to internal pressure and a temperature field has been solved. The solution of the problems has shown that accounting for plastic deformations can lead to a change in the values of stress components (in absolute magnitude) by more than a factor of 1.5 in the domain of their maximum values. It has been established that the body's open-ended nature in the circumferential direction leads to a pronounced edge effect near the ends.

Conclusion.

A method was offered for performing strength calculations for structural components subjected to non-axisymmetric loading. The results of investigations can be used for analysis of the thermal state of equipment in the agro-industrial sector.

References

1. Malykhina A.I., Merkulov D.O., Postnyi O.V., Smetankina N.V. Stationary problem of heat conductivity for complex-shape multilayer plates. *Bulletin of V.N. Karazin Kharkiv National University. Series "Mathematical modeling. Information technology. Automated control system"*. 2019. Vol. 41. P. 46–54. https://doi.org/10.26565/2304-6201-2019-41-05

2. Smetankina N., Kravchenko I., Merculov V., Ivchenko D., Malykhina A. Modelling of bird strike on an aircraft glazing. *Integrated Computer Technologies in Mechanical Engineering. Series "Advances in Intelligent Systems and Computing"*. Springer, Cham. 2020. Vol. 1113. P. 289–297. https://doi.org/10.1007/978-3-030-37618-5_25

3. Smetankina N., Misiura S., Vasiliev A., Misiura I., Kren K. Thermal stress analysis of multilayer glazing elements subjected to interlayer heat sources. In: *Advances in Mechanical and Power Engineering II. CAMPE 2023. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham. 2025. P. 255–263. https://doi.org/10.1007/978-3-031-82979-6_26

4. Місюра С.Ю., Сметанкіна Н.В., Місюра Є.Ю. Раціональне моделювання кришки гідротурбін для аналізу міцності. *Вісник НТУ «ХПІ». Сер.: Динаміка і міцність машин*. 2019. № 1. С. 34–39. https://doi.org/10.20998/2078-9130.2019.1.187415

5. Smetankina N.V., Postnyi O.V., Misura S.Yu., Merkulova A.I., Merkulov D.O. Optimal design of layered cylindrical shells with minimum weight under impulse loading. In: *2021 IEEE 2nd KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek).* 2021. P. 506–509. https://doi.org/10.1109/KhPIWeek53812.2021.9569982

6. Sierikova O., Strelnikova E., Degtyarev K. Computer modeling wind turbine blades with optimal parameters. *WSEAS Transactions on Fluid Mechanics*. 2025. Vol. 20. P. 51–62. https://doi.org/10.37394/232013.2025.20.6

УДК 631.1:519.86, 517.938, 519.711.3

ДЕТЕРМІНОВАНИЙ ХАОС В АГРОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМАХ: МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ

Стороженко І. П., д.ф.-м.н, професор

Державний біотехнологічний університет, Харків

Досліджено проблему нелінійної динаміки в сучасних агросистемах та обґрунтовано обмеженість лінійних моделей управління в умовах інтенсифікації виробництва та глобальної нестабільності. Проаналізовано математичну залежність керуючого параметра R логістичного співвідношення від агротехнічних факторів, що дозволяє ідентифікувати точки біфуркації та зони хаотичної поведінки системи. Висвітлено роль атракторів Лоренца в управлінні мікрокліматом закритих екосистем. Результати дослідження створюють підґрунтя для впровадження прецизійних методів управління стійкістю АПК через регулювання нелінійних зворотних зв'язків.

Сучасний агропромисловий комплекс виступає стратегічним фундаментом глобальної продовольчої безпеки та економічної стабільності держави де точність планування результатів і прогнозування ризиків безпосередньо конвертується у фінансову життєздатність підприємств та запобігання загрозам голоду. Традиційні лінійні моделі управління які десятиліттями домінували в агрономії та тваринництві виявляють свою повну неспроможність в умовах інтенсифікації виробництва та наростаючої глобальної нестабільності. Критична залежність галузі від кліматичних інверсій а також деструктивний вплив військових дій в Україні та геополітичних конфліктів у світі створюють каскад непередбачуваних факторів що руйнують класичні ланцюги причинно-наслідкових зв’язків. Математичний аналіз агросистем демонструє що динаміка поживних речовин зокрема азотний цикл часто проявляє ознаки детермінованого хаосу що робить стандартне внесення добрив малоефективним без урахування нелінійних зворотних зв’язків. Аналогічні процеси спостерігаються у вибухоподібному зростанні захворюваності сільськогосподарських культур та непередбачуваній динаміці популяцій шкідників де незначне відхилення початкових умов призводить до катастрофічних наслідків. Навіть у високотехнологічних закритих екосистемах таких як розумні теплиці або вертикальні ферми мікроскопічні зміни циркуляції повітря чи рівнів вологості здатні спровокувати різке відхилення біомаси від цільових показників через ефект дисипативних структур. У даній роботі розгляданено феномен детермінованого хаосу в агросистемах через призму переходу від базових логістичних моделей до стратегій управління динамічною стійкістю. Актуальність дослідження зумовлена гострою потребою АПК у нових методологічних інструментах які дозволяють не ігнорувати хаос а інтегрувати його нелінійні закономірності в алгоритми прийняття рішень. Метою є обґрунтування застосування апарату теорії складних систем для мінімізації

ризиків у розумному землеробстві та розробка концептуальних засад управління стабільністю агроценозів у непередбачуваних умовах сучасного та середовища.

Переходячи до математичного обґрунтування динамічних процесів слід наголосити що поширена стратегія максимізації хімічного навантаження на агроценози з метою тотального знищення збудників хвороб та шкідників є фундаментально помилковою навіть без урахування екологічних обмежень чи токсикологічних ризиків для споживача. Така лінійна логіка ігнорує механізми нелінійного зворотного зв'язку оскільки надмірна інтенсифікація провокує прискорену селекцію резистентних штамів та знищує природні механізми біологічного контролю що фактично дестабілізує систему та робить її більш вразливою до наступних хаотичних сплесків.

Фундаментом для розуміння цих процесів виступає відоме логістичне рівняння Ферхюльста яке у неперервному часі описує зростання популяції з урахуванням ємності середовища та демонструє асимптотичну стійкість де чисельність з часом виходить на стаціонарний рівень. У контексті агропромислового комплексу коефіцієнт питомого зростання та гранична ємність системи можуть бути визначені експериментально через вимірювання максимальної вегетативної маси конкретної культури на одиницю площі або через індекс поширення патогену за ідеальних умов. Проте реальні агротехнічні цикли є дискретними через сезонність польових робіт та періодичність внесення добрив що вимагає переходу до дискретного логістичного перетворення де поведінка системи кардинально змінюється залежно від керуючого параметра.

Для переходу від неперервного диференціального рівняння до дискретного логістичного перетворення необхідно використовувати чисельну апроксимацію де параметр R виступає як інтегральний показник репродуктивного потенціалу системи за певний проміжок часу. Математично цей зв'язок виражається через відношення $R = 1 + r\Delta t$ де r позначає миттєву швидкість зростання а Δt відповідає кроку дискретизації що в агротехнології може дорівнювати вегетаційному періоду або інтервалу між обробками. У наукових працях з агроекології та фітопатології параметр r часто розкладається на мультиплікативні складові що враховують біологічний потенціал сорту та зовнішній тиск середовища. Конкретна формула для розрахунку r у моделях захисту рослин зазвичай має вигляд $r = r_{max} \cdot \phi(T) \cdot \psi(H) \cdot \sigma(N) - \gamma$, де r_{max} є генетично обумовленим максимумом швидкості розмноження шкідника або патогену а функції $\phi(T), \psi(H)$ та $\sigma(N)$ відображають нелінійний вплив температури вологості та рівня азотного живлення відповідно. Коефіцієнт γ у цій структурі відповідає за смертність спричинену агротехнічними заходами або застосуванням засобів захисту рослин. Важливо підкреслити що в умовах інтенсивного землеробства де використовується надлишкове добриво та генетично однорідні культури значення функцій стимуляції зростання наближається до одиниці що призводить до небезпечного збільшення параметра R за межі критичного порога. Коли значення $R > 3$ система втрачає свою стабільну точку рівноваги та переходить у режим циклічних коливань або повного детермінованого хаосу що математично верифікується через зміну знаку

старшого показника Ляпунова який стає позитивним і слугує випереджальним індикатором моменту остаточної втрати стійкості агросистеми. Відповідно це сигналізує, що стандартні методи планування в АПК стають неможливими. Для розумного землеробства ключовим завданням стає прецизійне управління параметром R що стає технічно можливим лише завдяки впровадженню мереж IoT-датчиків для моніторингу в реальному часі та застосуванню методів Big Data аналізу для динамічного пошуку критичних значень репродуктивного потенціалу. Такий підхід дозволяє математично обґрунтувати перехід від хімічного тиску до системного управління ризиками де хаотична динаміка стає контрольованим процесом у межах безпечного атрактора.

Узагальнюючи результати дослідження необхідно підкреслити фундаментальну важливість виявлення залежності керуючого параметра R від комплексу зовнішніх і внутрішніх факторів та впровадження методів аналізу складних систем як безальтернативного інструменту управління ризиками. Сучасний агропромисловий комплекс фактично функціонує у режимі детермінованого хаосу що стає особливо помітним у високотехнологічних закритих екосистемах таких як розумні теплиці чи вертикальні ферми де динаміка процесів описується системою рівнянь Лоренца. У таких системах малі збурення циркуляції повітря вологості або концентрації CO_2 призводять до різкого експоненціального відхилення біомаси від цільових показників тому використання дивних атракторів для аналізу стійкості є обов'язковим елементом інтелектуального управління. Якщо траєкторія розвитку рослини виходить за межі стабільного атрактора система неминуче деградує переходячи у непередбачувані режими хвороб або в'янення що вимагає негайного корекційного впливу на основі нелінійних прогнозів.

Окрім біологічних факторів хаотичну природу демонструє динаміка поживних речовин зокрема складний азотний цикл у ґрунті де спроби лінеаризації системи через надлишкове внесення добрив лише посилюють нестабільність. Майбутнє агрокультури полягає у переході до концепції регенеративного землеробства де замість боротьби з хаосом реалізується стратегія управління ним через підтримку високої варіативності мікробіому що робить агроценоз стійким до зовнішніх шоків.

Додатковим аспектом хаотичної динаміки у сучасному АПК виступає нелінійна взаємодія між автоматизованими технічними системами та біологічними циклами дозрівання врожаю коли до природної складності додаються часові лаги у контурах прийняття автоматизованих рішень що є класичним джерелом виникнення хаосу в кібернетиці та призводить до розсинхронізації роботи робототехніки із реальними фізіологічними потребами рослин, провокує значні втрати продукції та логістичний колапс.

Підсумовуючи можна стверджувати що глибокий аналіз складних нелінійних систем та ідентифікація параметрів стійкої траєкторії розвитку є критично важливою умовою для забезпечення сталого розвитку АПК у довгостроковій перспективі. Тільки через математичне розуміння хаосу та розробку адаптивних моделей управління стає можливим перехід до дійсно

розумного та ефективного землеробства здатного протистояти глобальним викликам сучасності.

УДК 37.091.33/.015.31

НАПИСАННЯ ВЛАСНИХ ЗАДАЧ ЯК ЕФЕКТИВНИЙ ПРИЙОМ У НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ

Мандражи О. А. к.пед.н., доцент, Муринець А. А. здобувач вищої освіти

Державний біотехнологічний університет

У статті розглядається питання доцільності застосування у навчальному процесі завдань на складання здобувачами освіти власних задач за певними темами та наведено приклади кількох авторських задач здобувача вищої освіти спеціальності Е2 «Екологія» з навчальної дисципліни «Теорія ймовірностей та математична статистика».

Під час навчання здобувачам доводиться не тільки опановувати новий матеріал – читати, переказувати, виділяти головне тощо, а й закріплювати його розв'язанням певних завдань. На заняттях з математики найпоширенішими є завдання, що формулюються у вигляді задач. Здебільшого, розв'язання задач є знайомим для кожного з нас видом діяльності, а ось із їхнім складанням, придумуванням, створенням обізнані та мали справу далеко не усі. А втім, написання власних задач за певною темою є дуже ефективним прийомом процесу навчання, під час якого необхідно вникнути в обрану тему, розібратись у новій інформації, усвідомити отримані знання та встановити їхні зв'язки з вже існуючими, перебрати велику кількість уже готових прикладів. Усе це творчий процес, який змушує не просто підставляти числа у формули, а чітко розуміти мисленнєві ланцюжки, межі застосування кожного методу, мислити не шаблонно. Написання задач прикладного характеру потребує не тільки розуміння математичних моделей, а і ґрунтовне володіння матеріалом, за яким складається задача. Наведемо кілька авторських задач, які було складено здобувачем вищої освіти спеціальності Е2 «Екологія» при вивченні навчальної дисципліни «Теорія ймовірностей та математична статистика».

У місті над очищенням питної води працюють 5 водоочисних станцій. Було куплено 5 нових фільтруючих елементів для заміни старих, які відпрацювали свій ресурс. Скільки існує способів розподілити елементи між станціями?

(Задача на перестановки без повторень $P_n = 5!$)

Для озеленення прибудинкових територій було придбано 5 декоративних дерев різних порід. Скількома способами можна розподілити їх на групи по 3 дерева, якщо порядок в групі не важливий?

(Задача на комбінації без повторень C_n^k)

1. Для виявлення забрудненого ґрунту відбирають 9 проб для аналізу. Ймовірність того, що ґрунт буде забруднений, дорівнює 0,4. Знайти ймовірність, що ґрунт буде забруднений в *а)* 5 пробах; *б)* не більше ніж у 2 пробах.

(Задача на повторні незалежні випробування, формула Я.Бернуллі)

На сонячній електростанції встановлюють 5000 сонячних панелей. Ймовірність пошкодити панель при встановленні дорівнює 0,0003. Знайти ймовірність того, що під час встановлення панелей 8 будуть пошкоджені.

(Задача на повторні незалежні випробування, формула С.Пуассона)

Самостійне придумування задач не є простим. Щоб скласти задачу правильно, необхідно глибоко розібратися в темі. Наприклад, розглядаючи повторні незалежні випробування, важливо чітко з умови розрізнити, коли застосувати формулу Я.Бернуллі, а коли маємо використати наближену локальну теорему П.-С.Лапласа чи формулу С.Пуассона, або чому слід скористатись інтегральною теоремою Муавра-Лапласа. Варто зазначити, що з розвитком ІТ використання наближених формул певною мірою втратили свою актуальність, оскільки сучасні технології дозволяють нескладно виконати обчислення за точною формулою Я.Бернуллі, але сама ідея того, яким чином були отримані формули для спрощення обчислень, та наближення, які ці формули дають, що майже дорівнюють точним результатам, варті уваги. Описана робота є дуже корисною, після написання власних задач все ніби стає на свої місця та більш структурується, через що у майбутньому дозволяє миттєво визначати логіку розв’язання, щойно поглянувши на умову нової задачі.

УДК 65.012.14:664

ЗАСТОСУВАННЯ ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНИХ МЕТОДІВ ПІД ЧАС МИТНОЇ ЕКСПЕРТИЗИ СУХИХ СНІДАНКІВ

Пак А.В., к.т.н., доц.

ХНУ ім. В.Н. Каразіна

Пак А.О., д.т.н., проф., Онищенко В.М., д.т.н., доц.

Державний біотехнологічний університет

Об’єктом дослідження є сухі сніданки від різних виробників. Метою роботи є доведення можливості застосування фізико-математичних методів дослідження дисперсного складу сухих сніданків під час їх товарознавчих і митних експертиз.

Важливе місце у складі агропромислового комплексу України займає зернопромисловий комплекс, до якого належать галузі, що займаються переробкою зернових культур: борошномельно-круп’яна, харчова та комбікормова. Серед асортименту продукції круп’яного виробництва слід виділити такі харчові концентрати, як сухі сніданки [1]. Ринок сухих сніданків в Україні насичений і може запропонувати потенційному споживачу широкий вибір продукції як вітчизняного так і іноземного виробництва [2]. Велика частка ринку зайнята іноземними брендами, виробництво яких знаходиться в Україні. Потрібно відмітити, що збільшення споживання продукції, виробленої національними виробниками, обмежене присутністю на ринку великої кількості іноземних аналогів, яким споживачі віддають перевагу через їх відомість та

якість. Тобто Україна маючи достатню сировинну базу виробляє не достатню кількість такої продукції, як сухі сніданки. Причиною цього є те, що під час вибору сухих сніданків споживачами, визначальним чинником є у більшому ступені відомість бренду напрацьована високою якістю. Виходячи з цього, напрямки розвитку вітчизняних виробників, очевидно, необхідно коригувати з огляду на підвищення якості отримуваної продукції до рівня не нижче рівня якості відомих іноземних брендів. Це, очевидно, дасть можливість задовольнити вітчизняних споживачів та конкурувати з відомими іноземними брендами на міжнародному ринку. Основними об'єктивними характеристиками, які дають оцінку якості такої продукції, як сухі сніданки є органолептичні та фізико-хімічні показники. Інформація про такі фізичні показники, як гігроскопічні властивості, пористість, дисперсний склад, а також їх відповідність нормативній документації наводяться не у повній мірі. При цьому слід відмітити актуальність розширення меж застосування фізико-математичних методів оцінки якості під час товарознавчої та митної експертизи сухих сніданків.

Метою роботи є доведення можливості застосування фізико-математичних методів дослідження дисперсного складу сухих сніданків під час їх товарознавчих і митних експертиз та розширення можливостей експорту цієї продукції на основі оцінки її якості.

Об'єктом дослідження є сухі сніданки «Nesquik» ТМ «Nestle» (далі «Nesquik»), «Lion» ТМ «Lion» (далі «Lion»), «Duo Balls» ТМ «Doctor Benner» (далі «Duo Balls»), «Start» ПрАТ «Lantmannen» (далі «Start»), «Mr. Croco» ПрАТ «Дніпропетровський комбінат харчових концентратів» (далі «Mr. Croco»). Сухий сніданок «Nesquik» є продукцією іноземного виробництва. Сухі сніданки «Lion», «Duo Balls», «Start» – продукція іноземного виробника з виробничими потужностями на території України. Сухі сніданки «Mr. Croco» – продукція українського виробника.

Макропориста структура визначалась за мікрофотографіями внутрішньої структури досліджуваної продукції. Мікрофотографії робили з використанням цифрового мікроскопу HiView X4 1600X. Під час дослідження макропористої структури зразків сухих сніданків вихідними даними були мікрофотографії плаского зрізу зразків. Розподіл макропор за радіусами в досліджуваних зразках сухих сніданків отримували статистичним методом.

За мікрофотографіями поверхні плаского зрізу кожного із досліджуваних зразків розраховували кількість макропор N_1, N_2, N_3, … N_n, які за розмірами знаходяться, відповідно, в діапазонах $[0, a)$; $[a, 2\cdot a)$; $[2\cdot a, 3\cdot a)$ … $[n\cdot a, (n+1)\cdot a)$. При цьому значення параметра a дорівнювало – 50 μм. Загальну кількість нарахованих макропор N знаходили як:

$$N=N_1+N_2+N_3+\ldots+N_n. \quad (1)$$

Кількість макропор за кожним із діапазонів N_i (де i змінюється від 1 до n) нормували на загальну кількість макропор та отримували відносну кількість макропор, радіус яких знаходиться у i-му діапазоні.

За отриманими даними будували гістограму, де по осі абсцис відкладали діапазони радіусів макропор, а по осі ординат – відносну кількість макропор для

кожного діапазону. Огинальною такої гістограми є диференціальна функція розподілу макропор за радіусами для досліджуваного зразка.

Аналітичний вигляд огинальної, яка є диференціальною функцією розподілу макропор за радіусами для досліджуваних зразків сухих сніданків, знаходили шляхом апроксимації експериментальних точок функцією виду:

$$f(r)=a\cdot r^{b}\cdot \exp(c\cdot r), \quad (2)$$

де a, b, c – апроксимаційні коефіцієнти.

На рис.1 наведено диференціальні функції розподілу макропор за радіусами для досліджуваних зразків сухих сніданків. В табл.1 наведено значення апроксимаційних коефіцієнтів для цих диференціальних функцій розподілу.

Таблиця 1 – Апроксимаційні коефіцієнти диференціальної функції розподілу макропор за радіусами зразків сухих сніданків від різних виробників

Зразок	*a*	*b*	*c*
«Nesquik»	0.918	6.361	-2.127
«Lion»	32.563	4.063	-2.772
«Duo Balls»	14.539	7.966	-3.652
«Start»	0.758	8.909	-2.948
«Mr. Croco»	$3.208\cdot10^{-6}$	23.218	-4.81

З використанням диференціальної функції розподілу знаходили середній радіус мікропор досліджуваного зразка за формулою:

$$\langle r\rangle=\int r\cdot f(r)dr. \quad (3)$$

Найбільш імовірний $r_{iм}$ радіус макропор відповідає максимуму диференціальної функції розподілу. Виходячи з цього, числове значення радіусу визначали за коренями першої похідної від диференціальної функції розподілу.

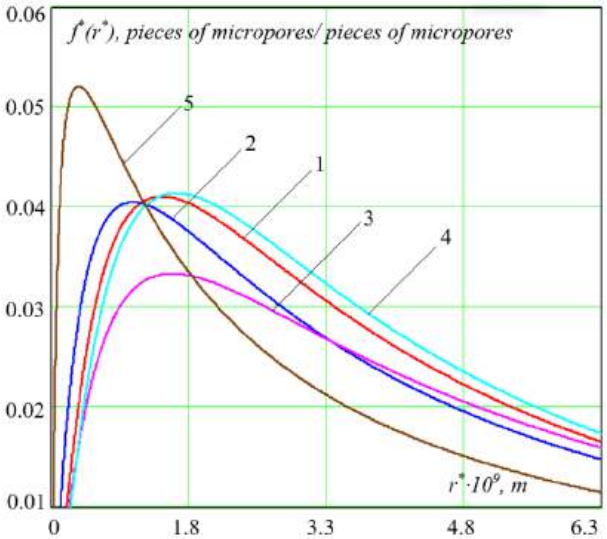


Рис.1. Диференціальні функції розподілу макропор за радіусами для зразків сухих сніданків від різних виробників: 1 – «Nesquik»; 2 – «Lion»; 3 – «Duo Balls»; 4 – «Start»; 5 – «Mr. Croco»

Дисперсія диференціальної функції розподілу макропор за радіусами визначалась за формулою:

$$D(r)=\int(r-<r>)^2\cdot f(r)dr. \quad (4)$$

Дисперсія диференціальної функції розподілу макропор за радіусами обиралась у якості критерія оцінювання однорідності макроструктури досліджуваних зразків сухих сніданків. Дисперсія у теорії імовірності й математичній статистиці є параметром оцінювання розсіяності величини за її імовірністю. У випадку диференціальної функції розподілу макропор за радіусами її обрано для оцінювання розкиду макропор за радіусами. Очевидно, макроструктуру зразка слід вважати ближчою до монодисперсної, тобто такої, яка складається із макропор одного радіусу, за умови меншого значення дисперсії диференціальної функції розподілу макропор досліджуваного зразка.

Дисперсія диференціальних функцій розподілу, найбільш імовірний та середній радіуси макропористої структури досліджуваних зразків сухих сніданків наведені в табл.2.

Таблиця 2 – Дисперсія диференціальної функції розподілу, середній та найбільш імовірний радіус макропор зразків сухих сніданків від різних виробників

Зразок	$<r>\cdot 10^6$, m	$r_{ім}\cdot 10^6$, m	*D(r)*
«Nesquik»	378	299	1.333
«Lion»	207	150	0.948
«Duo Balls»	263	219	0.881
«Start»	359	306	1.082
«Mr. Croco»	517	486	1.131

З форми диференціальних функцій розподілу макропор за радіусами для досліджуваних зразків видно, що вони у досліджуваному діапазоні (від 50 до 700 μm) є унімодальними, тобто мають один екстремум. Цей екстремум відповідає найбільш імовірному значенню радіуса мікропор зразка $r_{ім}$. Відмінності характеру отриманих функцій розподілу полягають у різниці значень найбільш імовірного та середнього радіуса й дисперсії цих функцій, а, відповідно, у різному розкиді макропор за радіусами у досліджуваних зразках.

Виходячи із значення дисперсії диференціальної функції розподілу макропор за радіусами найбільш наближену до монодисперсної структуру має зразок «Duo Balls». Він має найменший розкид у значеннях радіусів макропор. Дисперсія для цього зразка дорівнює 0.881. Наступним слідує зразок «Lion», дисперсія якого відрізняється від зразка «Duo Balls» на 8 % (*D(r)*=0.948), що можна вважати несуттєвою відмінністю. Далі йдуть зразки «Start» (*D(r)*=1.082) та «Mr. Croco» (*D(r)*=1.131). Найбільш віддалену від монодисперсної структуру має зразок «Nesquik» (*D(r)*=1.333), дисперсія якого відрізняється на 51 % від зразка «Duo Balls», який має структуру найбільш наближену до монодисперсної.

Зразок «Nesquik» має структуру найбільш неоднорідну із досліджуваних зразків сухих сніданків, однак середній та найбільш імовірний радіуси макропор

мають розмір менший порівняно із зразком із найбільшими радіусами «Mr. Croco». Середній радіус зразка «Nesquik» у 1.37 рази менший порівняно із середнім радіусом зразка «Mr. Croco», а найбільш імовірний – менший у 1.63 рази. Виходячи з цього, хоча зразок «Mr. Croco» має структуру більш наближену до монодисперсної порівняно із зразком «Nesquik», однак більші середній та найбільш імовірний радіуси, порівняно із іншими зразками, обумовлюють виражені нерівності, які візуально спостерігаються на його поверхні.

Список використаних джерел

1. Баля, Л.В. (2016). Аналіз харчової та енергетичної цінності сухих сніданків. Вісник ЛТЕУ. Технічні науки, 16, 123–126. URL: https://surl.lu/ruhsxw

2. Штрубенхоф, Х.-В. (2023). Український експорт не є загрозою для європейських фермерів? Пропозиція. Головний журнал з питань агробізнесу, 7–8 (333), 17–19. URL: https://journals.ua/prof/propozitsya/35723-07-23.html

УДК 352.74

ДИНАМІКА ВОДНЕВИХ ЗВ'ЯЗКІВ У ВОДНИХ РОЗЧИНАХ ГЛЮКОЗИ ЗА ДАНИМИ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Торяник Д.О., канд. фіз.-мат. наук, доцент

Державний біотехнологічний університет

Проведено комп'ютерне моделювання водних розчинів глюкози різних концентрацій. Отримано дані щодо молекулярної рухливості води у розчинах та розраховано кількість водневих зв'язків у розчинах різних концентрацій .

Глюкоза $C_6H_{12}O_6$ (α, β-D-глюкопіраноза) є одним з найбільш поширених вуглеводів, яка входить до складу багатьох харчових продуктів. Цей моносахарид міститься у всіх живих організмах як у вільному вигляді так і у вигляді ефірів фосфорної кислоти. Її залишок входить до складу багатьох олігосахаридів та полісахаридів. В природі зустрічається тільки D-глюкоза, яка представлена двома аномерами (рис. 1). У водному розчині встановлюється динамічна рівновага між α-глюкопіранозою та β- глюкопіранозою співвідношення між якими становить приблизно 36% та 64%.

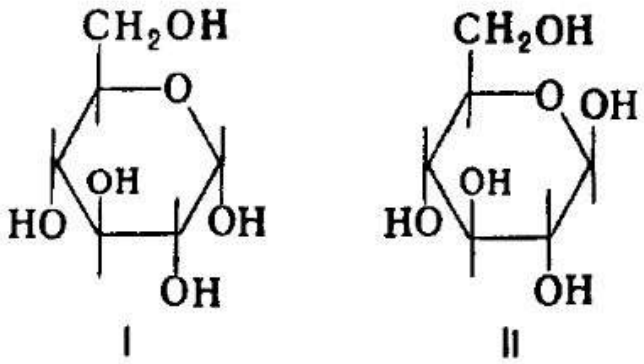


Рис. 1. Структурні формули глюкози (I - α-D-глюкопіраноза, II - β-D-глюкопіраноза)

Велика кількість груп ОН призводить до активної взаємодії молекули глюкози з молекулами води та утворенню великої кількості водневих зв'язків, які утворюють структуру розчину та суттєво впливають на молекулярну рухливість.

Водні розчини глюкози різної концентрації досліджувались методом молекулярної динаміки. Для розрахунків та обробки результатів використовувалась програма GROMACS. Конфігурація молекули глюкози отримана за використанням програми PRODRG і адаптована для використання програмою GROMACS.

Проведено моделювання систем, що відповідають 5%, 10%, 15%, 20% та 30% водним розчинам глюкози. Розчину концентрації 5% відповідають 27 молекул глюкози та 393 молекули води, 10% - 27 молекул глюкози та 372 молекули води, 15% - 27 молекул глюкози та 352 молекули воды, 20% - 27 молекул глюкози та 331 молекула води, 30% - 27 молекул глюкозы та 290 молекул води. Чисельний експеримент проводився за температур 275 К, 280 К, 290 К, 300 К, 310 К, 325 К, 350 К и 370 К та за умови нормального тиску. Також для порівняння результатів було проведено моделювання чистої води за таких самих температур. Для цього було взято кубічну комірку з ребром 3,13 нм, яка містила 1022 молекули води.

Вихідні конфігурації, які відповідають системам, що було змодельовано, створено засобами які є в програмі GROMACS. Попередньо системи було приведено у рівноважний стан мінімізацією енергії за допомогою короткого молекулярно-динамічного розрахунку. Повне моделювання методом молекулярної динаміки проводилося з шагом 0,001 пікосекунди. Координати атомів системи записувались в файл через 500 шагів, тобто кожні 0,5 пс. Розрахунковий час при моделюванні розчинів за кожної температури становив 5000 пс.

Під час обробки результатів було отримано залежності середнього квадрату зміщення центру мас молекул води від часу. Базуючись на цих даних було розраховано коефіцієнти самодифузії води та побудовано температурні залежності для розчинів досліджених концентрацій. Порівняння за однакових температур для різних концентрацій розчинів показує, що при невеликих концентраціях глюкози наявність молекул цукру мало впливає на рухомість молекул води. Наприклад, за температури 300 К коефіцієнти самодифузії молекул води в розчинах з концентраціями глюкози 5%, 10% и 15% менше ніж у чистій воді відповідно на $0{,}273 \cdot 10^{-5}$ см^2/с, $0{,}343 \cdot 10^{-5}$ см^2/с и $0{,}601 \cdot 10^{-5}$ см^2/с.

Більш повну інформацію про зв'язування води молекулами глюкози дає розрахунок числа водневих зв'язків, які утворює глюкоза з молекулами води, а також структура гідратної оболонки молекул глюкози та кількість молекул води, з яких вона складається. На рис. 2 наведено залежність кількості молекул води, що складають гідратну оболонку молекули глюкози, від часу впродовж 500 пікосекунд при концентрації розчину 5% за температурою 300К.

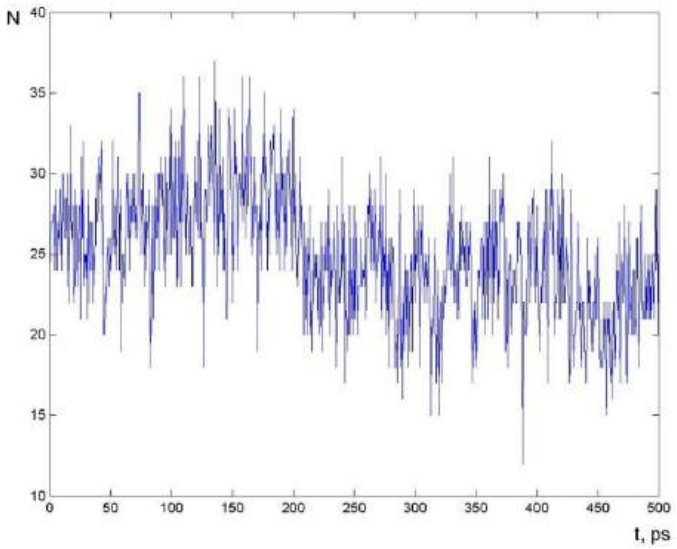


Рис. 2. Залежність кількості молекул води гідратної оболонки молекули глюкози від часу

Як видно з наведеної залежності, кількість молекул гідратної оболонки приблизно через 200 пікосекунд починає коливатись навколо деякого середнього значення. Дослідження кількості водневих зв'язків та гідратної оболонки для інших концентрацій показало, що розмір гідратної оболонки майже не залежить від концентрації розчину. Таким чином, якщо відомо співвідношення між кількістю молекул води та молекул глюкози у розчині, тобто концентрація розчину, то можна передбачити скільки молекул води зв'яже глюкоза в тому або іншому розчині.

Таким чином проведене моделювання водних розчинів глюкози методом молекулярної динаміки дозволило детально проаналізувати структуру розчинів глюкози та оцінити вплив концентрації глюкози та температури на динаміку водневих зв'язків.

Список використаних джерел

1. Erik Lindahl, Berk Hess and David van der Spoel. GROMACS 3.0: A package for molecular simulation and trajectory analysis // J. Mol. Mod. – 2001. – № 7. – P.306-317.

2. Schuettelkopf A.W. and van Aalten D.M.F. PRODRG – a tool for high-throughput crystallography of protein-ligand complexes // Acta Crystallogr. – 2004. – D60. – P.1355-1363.

УДК 338.43.054

ЛІНІЙНА МОДЕЛЬ БАР'ЄРНОГО ЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

Гаєвська Вікторія Олексіївна к.т.н., доцент.

Державний біотехнологічний університет

Запропонований метод визначення бар'єрного (порогового, критичного) значення деякого параметра базується на очікуваних або реальних даних бухгалтерського обліку. В даному випадку, час, як один із факторів не береться до уваги. Якщо капіталовкладення вже зроблені, то постає питання лише про вибір виду продукції та її об'ємів.

В умовах сьогодення провідним завданням національної економіки, як науки, є визначення та обґрунтування основних пріоритетів та заходів, спрямованих на досягнення захисту національної економіки та економічного розвитку країни. Аграрний сектор України зазнав значної шкоди. Тільки за перші три місяці війни прямі збитки аграрного сектору України становили 4,3 млрд. доларів США, в той час як непрямі втрати аграрного сектору оцінено у 23,3 млрд. доларів США [7].

У працях українських науковців І. Костенко, І. Макалюк, М. Негрей, О. Нестерова, О. Трофімцевої та ін. проведено аналіз функціонування аграрного сектору України [2; 3; 4, с. 49–55; 5; 6]

Навіть наявність розвинених ринкових відносин зовсім не гарантує необхідного рівня автоматизації та ефективності впровадження результатів науково - технічного прогресу в АПК. Оскільки, треба розуміти, що НТП в АПК має свої особливості, які пов'язані плином природних та біологічних факторів, кожний з яких є основою для окремих напрямів наукових досліджень та технологічних розробок.

Для сучасного періоду дуже важливою особливістю є необхідність переходу до якісно нової інтеграції виробництва. Оскільки дисбаланс виробничих потужностей в суміжних галузях приводять до дуже значних втрат, то на практиці доволі часто виникає необхідність визначити бар'єрне (порогове, критичне) значення деякого досліджуваного параметра.

Бар'єрне значення показника – це така його величина, перевищення якої призводить до позитивного або негативного кінцевого результату в межах деякої виробничої системи. Наприклад, при визначенні об'єму виробництва продукту, граничним його значенням є такий об'єм, при якому отриманий прибуток є нульовим. Перевищення цього об'єму дає прибуток, зменшення приводить до збитків. Подібні проблеми підлягають дослідженню та розв'язанню за допомогою метода бар'єрної або критичної точки (break – even point).

Самою зрозумілою і часто вживаною є лінійна модель. Нехай необхідно знайти об'єм виробництва одного виду продукту за умови, що всі кількісні залежності, які будемо використовувати, є лінійними виразами (вживається лінійна модель). Впровадимо до розгляду наступні позначення:

Q - об'єм виробництва;

F – витрати, що не залежать від об'єму виробництва;

C – пропорціональні витрати;

p – вартість одиниці продукції;

S – загальна сума витрат;

V – вартість виробленої продукції;

P – величина прибутку до сплати податків.

Змінні Q, F, S, V, P визначаються в розрахунку на однаковий проміжок часу, як правило, на один рік.

Спочатку обчислимо вартість виробленої продукції і відповідну суму витрат:

$$V= pQ; \qquad S=F+cQ.$$

Шуканий критичний об'єм виробництва або бар'єрне значення отримаємо дорівнюючи вартість виробленої продукції та загальної суми витрат $V= S$. Таким чином, саме рівність двох різнорідних показників, кожен з яких є функцією однієї керуючої змінної (об'єму виробництва), є основою метода бар'єрної точки.

Позначимо критичний об'єм виробництва через $Q_к$, тоді отримаємо

$$pQ_к=cQ_к+ F.$$

Таким чином, будемо мати:

$$Qk = \frac{F}{\mathrm{p} - c}$$

Можна бачити, що чим вище розмір сталих та змінних витрат, то критичний об'єм виробництва зростає. Прибуток до сплати податків буде складати

$$P=V-S=(p-c)Q-F.$$

Треба зазначити, що бар'єрні точки в умовах невизначеності майже не обговорюються в науковій літературі. Щодо методів визначення інтервалів для значень параметрів, то в більшості випадків цілком виправданою є експертна оцінка. Як правило, інтервали встановлюють в межах певного сценарію (сукупності умов). Розробляють оптимістичний, песимістичний та найбільш ймовірний сценарій. Такий підхід дозволяє визначити крайні значення та проміжну оцінку певної величини. Завдання параметрів у вигляді інтервалів надає більш повне уявлення про реальність отриманих результатів.

Список використаних джерел

1. КМУ Урядовий портал. План відновлення України: освіта та наука, як фундамент розвитку людського потенціалу. URL: https://www.kmu.gov.ua/news/plan-vidnovlennia-ukrainy-osvita-tanauka-iak-fundament-rozvytku-liudskoho-potentsialu.

2. Макалюк І. В., Кашпуренко Т. О., Баранніков М. О. Становище підприємств аграрного сектору України в умовах війни: фінансово-інвестиційні аспекти. Економіка та суспільство. 2023. Вип. 49. DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2023-49-7 (дата звернення 07.05.2023).

3. Негрей М. В., Тараненко А. А., Костенко І. С. Аграрний сектор України в умовах війни: проблеми та перспективи. Економіка та суспільство. 2022. Вип. 40. DOI: https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-40-38 (дата звернення 10.04.2023).

4. Негрей М. В., Трофімцева О. В. Аналіз функціонування аграрного сектору України в умовах війни. Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія «Економічна», 2022. Вип. 102. С. 49–56.

5. Нестеров О. Війна, агро, ПДВ: що нового в сфері оподаткування. 2022. URL: https://www.ucab.ua/ua/pres_sluzhba/blog/oleg_nesterov/viyna_agro_pdv_scho_novogo_v_sferi_opodat kuvannya. (дата звернення 26.04.2023).

6. Трофімцева О. Війна показала важливість агросектору. Як узяти нові висоти? Інтерфакс Україна. 2022. URL: https://interfax.com.ua/news/blog/839762.html. (дата звернення 21.04.2023).

7. KSE Агроцентр. Загальні збитки від війни в сільському господарстві України сягнули 4,3 млрд дол. США. 2022. URL: https://kse.ua/ua/about-the-school/news/zagalni-zbitki-vid-viyni-v-silskomugospodarstvi-ukrayini-syagnuli-4-3-mlrd-dol-ssha-kse-agrotsentr/.

8. Banse, M. Der Ukraine-Krieg und seine Folgen: Auswirkungen auf die agrarpolitische Debatte Informations. 2022. URL: https://www.thuenen.de/media/ti/Infothek/Vortragsfolien_30_03_2022_Ukraine_Krieg_und_seine_Folgen.pdf. (дата звернення 15.04.2023).

Секція 6

НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ І МАТЕРІАЛИ В СЕРВІСНІЙ ІНЖЕНЕРІЇ ТА МАШИНОБУДУВАННІ

УДК 621.793.7

КЕРУВАННЯ ВЛАСТИВОСТЯМИ ПОКРИТТІВ НАКЛАДАННЯМ НИЗЬКОЧАСТОТНИХ КОЛИВАНЬ

Бурдун В.В. магістрант, Тараник А.В. магістрант,
Тимохін Д.Ю. магістрант, Дерябкіна Є.С. к.т.н., доц.

Державний біотехнологічний університет

Показано перспективність використання віброобробки при нанесенні плазмових покриттів. Метою дослідження є експериментальне визначення впливу параметрів віброобробки на величину залишкових напружень, структуру, міцність зчеплення плазмових покриттів зі сплаву ПГ-10Н-01.

Виробництво сільськогосподарських машин і апаратів, що працюють в екстремальних умовах, з метою економії коштовних високолегованих матеріалів, захисту від абразивного зносу, зміцнення і надання поверхням особливих функціональних властивостей при відновленні геометричних розмірів поверхонь зношених деталей неможливо без застосування газотермічних покриттів, що дає найбільший економічний ефект за найменших додаткових витратах.

Однією з основних властивостей газотермічних покриттів є міцність зчеплення, суттєвий вплив на яку здійснюють залишкові напруження. Найбільш перспективними і найменш вивченими є фізико-механічні способи впливу на зовнішній контур формування покриттів - зокрема накладанням коливань.

Пропонується рішення цієї проблеми шляхом суміщення плазмового напилення з віброобробкою безпосередньо в момент кристалізації частинок, як перспективний напрямок отримання функціональних покриттів з підвищеною міцністю зчеплення.

Для зниження рівня залишкових напружень у зварних конструкціях використовується віброобробка, метод відрізняється універсальністю і незначною вартістю обладнання [1]. Аналіз робіт із застосування віброобробки показав перспективність її використання при нанесенні плазмових покриттів для зниження і рівномірного розподілу залишкових напружень, що може значно поліпшити їх властивості.

Відомо, що знакозмінні напруження, що збуджуються в металі, викликають рух дефектів, зокрема дислокацій. При цьому залежно від величини напружень рух дислокацій супроводжується збільшенням їх кількості за рахунок роботи джерел Франка - Ріда. Поряд із підвищенням щільності дислокацій також відбувається значне збільшення концентрації точкових дефектів, які можуть взаємодіяти з дислокаціями та таким чином закріплювати їх, що призводить до зміни межі плинності матеріалу. Утворення точкових дефектів викликає також зміну щільності металу та періоду решітки. Додавання змінних напружень, що не перевищують межі втоми, дозволяють забезпечити релаксацію внутрішніх напружень. При цьому межа втоми заліза дорівнює їх пороговій амплітуді, при якій спостерігається збільшення щільності дислокацій.

Стосовно плазмового нанесення покриттів, при якому час кристалізації частинок, що напилюють, становить $10^{-7}...10^{-4}$ с, вплив вібрації слід розглядати з урахуванням її впливу на структуру підоснови і напиленого матеріалу.

Як показали численні дослідження, низькочастотні коливання, як вздовж поверхні, що напилюється, так і в поперечному напрямку, значною мірою впливають на покриття, основу і межу розділу покриття з основою [2].

Дослідження мікроструктури і структури плазмових покриттів,отриманих по двом технологіям, проводили на оптичному мікроскопу МІМ-8. Мікроструктура покриттів, напилених з накладанням коливань має більш упорядковану, дрібнозернисту феритно-перлітну структуру, наявна чітко окреслена межа розділу покриття та основи. Істотного впливу параметрів віброобробки на мікроструктуру напилених покриттів не спостерігається. Встановлено, що будь які режими віброобробки не оказують впливу на фазовий склад вихідного матеріалу і плазмових покриттів.

Підвищення середньої мікротвердості плазмових покриттів у результаті віброобробки в процесі плазмового напилювання і після нього відбувається за рахунок підвищення щільності дислокацій.

Слід зазначити, що суттєве зниження залишкових напружень при віброобробці спостерігається на межі покриття з основою. Зі зростанням амплітуди коливань залишкові напруження як у покритті, так і на межі покриття з основою зменшуються.

Найбільші залишкові напруження розташовані поблизу від границі покриття - основа. А саме у шарах покриття відбувається значне зниження залишкових напружень. Так, у шарі на відстані 0,1 мм від поверхні основи залишкові напруження зменшуються від 21,2 до 2,9 МПа (у 2,9 раз), а у шарі на відстані 0,4 мм – від 11 до 2,3 МПа (у 3,5 рази).

Аналогічним чином частота коливань та час віброобробки впливають на розподіл залишкових напружень у покритті та на межі покриття - основа. Найбільш інтенсивно перерозподіл напружень протікає зі збільшенням частоти до 100 Гц і в шарах покриття, які розташовані близько до межі розділу. Так, у шарі, розташованому від поверхні підкладки на відстані 0,1 мм, напруження зменшилися з 21,2 до 3,8 МПа (тобто у 5,6 рази), а в шарі, що знаходиться на відстані 0,3 мм від підкладки - від 12 до 2,35 МПа (у 5,4 раза). Найбільш інтенсивно залишкові напруження зменшуються в перші 2 - 5 хв, при постійній амплітуді та частоті коливань і збільшенні часу віброобробки, а далі вони знижуються незначно.

Визначення залишкових напружень у напиленому покритті проводиться по розрахунково - експериментальній методиці, відповідно яких величину залишкових напружень визначають відповідно деформації напилених зразків шляхом поступового видалення напилених шарів покриття. Для проведення досліджень використовуються зразки шириною 12 мм довжиною 150 мм і товщиною 2 мм. Деформацію зразків при стравлюванні визначають по метрологічній схемі [3].

Залишкові напруження $\sigma(a_i)$у точці на відстані (a_i) від поверхні покриття розраховували наступним чином:

$$\sigma(a_i)=\frac{8E_1}{\ell^2}\left\{f_1[h-e(a_i)-a_i]+N(a_i)\frac{df}{da}(a_i)-(h-a_i)f(a_i)-\int_0^{a_i}\int M(\varepsilon)d\varepsilon\right\}, \quad (1)$$

де f_1 - прогин зразка при закріпленні; h - висота зразка; $l(a_i)$ - відстань від центру тяжіння до поверхні покриття; a_i - товщина шару, який видалено; $f(a_i)$ - прогин зразка при видаленні шарів покриття; ℓ - відстань між опорами зразка.

Дослідження показали підвищення міцності зчеплення покриття з основою, причому зі збільшенням амплітуди і частоти вона зростає. Так, зі зміною частоти від 50 до 245 Гц (εm= 2,1•10-4) міцність зчеплення підвищується від 24 до 38,2 МПа (на 47%).

Особливо ефективна віброобробка на резонансних частотах. Міцність зчеплення зразка, обробленого на резонансній частоті і при меншій амплітуді (εm = 0,8 • 10-4 та f=2960 Гц) складає 46 МПа, що на 84% перевищує міцність зчеплення покриття, нанесеного без віброобробки.

Найбільш ефективно процес протікає в перші 2...5 хв, при цьому міцність зчеплення зростає на 60…75 %. На резонансній частоті підвищення міцності зчеплення відбувається ще значніше. Так, при віброобробці з амплітудою деформації εm = 2,1•10-4 і частоті 250 Гц міцність зчеплення збільшується від 26 до 36 МПа, але при амплітуді деформації εm = 0,8• 10-4 і частоті 2900 Гц від 26 до 39 МПа.

Висновок.

Використання віброобробки в процесі формування плазмових покриттів є ефективним способом керування їх властивостями.

Дослідження довели, що циклічні навантаження призводять до зниження і рівномірного розподілу залишкових напружень і таким чином забезпечують значне підвищення міцності зчеплення покриттів з основою. При цьому величина зниження залишкових напружень першого роду може досягти 50 %. А зі збільшенням амплітуди деформації до 1,3·10-4мм і частоті 247 Гц підвищення міцності зчеплення відбувається ще більш значно.

Список використаних джерел

1. Лащенко Г. И. Технологические возможности вибрационной обработки сварных конструкций. Автоматическая сварка, 2016, №7 (754), С.28-34.

2. Дерябкина Е. Дослідження впливу способу нанесення покриттів на якість відновлених деталей засобів транспорту. Машинобудування: зб. наук. пр. Укр. інж. - пед. акад. Харків, 2019, № 23, С. 100-106.

3. Дерябкіна Є.С. Влияние щеточной обработки на уровень остаточных напряжений в газопламенных покрытиях. Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. Нац. аерокосм. ун-т ім. Н.Е. Жуковського Харк. авіац. ін-т, 2013, Вып.59, С.178-185.

УДК 620.197.3

ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСЕРВАЦІЙНОГО МАСТИЛА З ДОДАВАННЯ НАНОПОРОШКУ ГЛИНИ

Зубрилін О. С. здобувач вищої освіти, Тіхонов О. В. к.т.н., доцент

Державний біотехнологічний університет

Метою дослідження є експериментальне визначення впливу нанопорошку глини на корозійну стійкість консерваційних мастил, виготовлених на основі відпрацьованих мінеральних олив.

Застосування консерваційних мастил, виготовлених на базі промислових відходів та компонентів природного походження, є дієвим та екологічно орієнтованим способом захисту металевих виробів від корозії. Такий підхід поєднує утилізацію вторинної сировини із забезпеченням надійного захисту металів [1, 2]. Він дає змогу не лише надійно законсервувати вузли та механізми на час їхнього зберігання чи транспортування, але й зменшити негативний вплив на довкілля.

Консерваційні мастила на основі природних матеріалів, зокрема бентонітових глин, відносяться до категорії пластичних мастил із неорганічним загусником. За обсягами випуску вони посідають другу позицію після антифрикційних, становлячи близько 15% від загального виробництва мастильних матеріалів.

Головна функція таких мастил – запобігати корозійному впливу навколишнього середовища (тобто атмосферній корозії) на металеві вироби, машини та обладнання. Під час зберігання, перевезення або експлуатації під дією вологи, кисню, сонячної радіації та інших чинників довкілля метали піддаються корозійному руйнуванню.

Захисна дія мастил полягає у формуванні на поверхні металу доволі товстого шару, який є проникним для зовнішнього середовища. Ізолювальні властивості мастила визначаються товщиною нанесеного шару та його здатністю протистояти проникненню вологи [1-4].

З метою здешевлення консерваційних матеріалів було проведено порівняльні випробування антикорозійних характеристик композицій, створених на основі відпрацьованої моторної оливи та відходів виробництва рослинних олив із додаванням нанопорошків.

Як базову основу використовували мінеральні оливи, що вже були в експлуатації: відпрацьовану моторну оливу марки М-10-Г2, злиту з двигуна трактора Т-150К після 500 мото-годин роботи (під час проведення ТО-2), а також відпрацьовану трансформаторну оливу.

Нами отримано нанопорошок глин з різних родовищ. Згідно з даними низки досліджень, цей матеріал може бути рекомендований для використання в різноманітних сферах. Можливі напрямки застосування та ефективність нанокристалічного порошку глини наведено в табл. 1.

Фізико-хімічні характеристики нанокрісталіческого порошку глини надані в табл. 2. В таблиці 3 наведено дані щодо елементного складу глини Куп'янського родовища [5].

Таблиця 1 – Області застосування і ефективність нанокрісталічного порошку глини

Область застосування	Номенклатура	Ефект
Захист від корозії	Поверхні деталей машин і устаткування	Зниження втрат металу в 2-8 рази
Підвищення зносостійкості	Втулочно-роликові ланцюги	Зменшення зносу в 2 рази
Мастильні матеріали	Масла і мастила для сільськогосподарської та сільськогосподарської техніки	Зниження коефіцієнта тертя в 1,3-1,5 рази
Абразивні матеріали	Шліфувальні кола	Збільшення інтенсивності знімання в 1,5 раз і зниження шорсткості до 100 нм
Керамічні матеріали	Вироби з корундовою кераміки	Підвищення міцності в 1,4 -3 рази і підвищення тріщиностійкості на 25%

Таблиця 2 – Фізико-хімічні характеристики порошку глини

Показник	Порошок глини
Зовнішні ознаки	Нанокрісталічний порошок сірого кольору
Розмір наночастинок, нм	6-10

Таблиця 3 – Елементний аналіз мінеральної сировини Куп'янського родовища, %

Na	Mg	Al	K	Ca	Fe	Si	P	S	Cl
5,225	1,129	6,551	0,623	56,455	0,341	19,2	8,5	1,0-1,5	7,0

Масова частка наночастинок глини в композиції становила від 40 до 50%. Для отримання консерваційних сумішей, зокрема з додаванням таких наночастинок, використовували лабораторну мішалку з електричним приводом.

Перевірку захисної ефективності консерваційних композицій проводять на спеціально підготовлених металевих зразках. Для цього беруть найпоширенішу сталь звичайної якості – марку Ст. 3. Такий вибір пояснюється тим, що саме ця сталь найбільш чутлива до корозійних впливів (див. рис. 1).

Перед нанесенням покриття зразки знежирювали ацетоном і далі сушили на повітрі. Для нанесення консерваційного складу пластинки занурювали в матеріал на 30–40 секунд за кімнатної температури. Потім їх виймали та витримували у підвішеному стані протягом доби. Щоб досягти рівномірного покриття, занурення повторювали чотири рази. Товщина плівки, що утворюється, є однією з ключових характеристик, яка значною мірою визначає захисні властивості. Її визначають різними методами, зокрема ваговим. У нашому випадку товщину оцінювали опосередковано – за кількістю занурень. Було встановлено, що чотириразове занурення відповідає товщині плівки в межах 20–40 мкм.

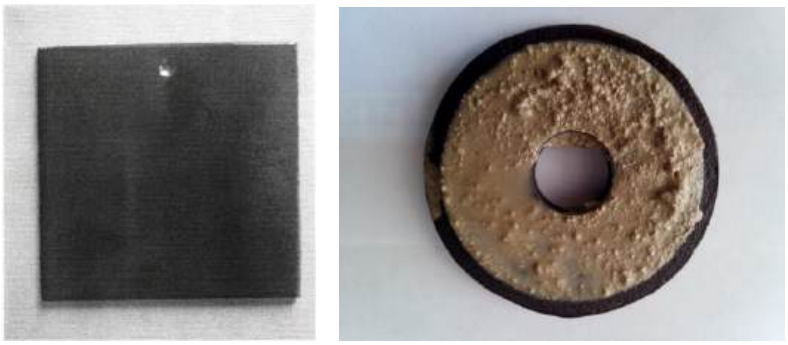


Рис. 1. Зразки зі сталі Ст. 3 для дослідження корозійної стійкості консерваційних складів

Випробування консерваційних складів у реальних умовах проводили на зразках [6]. Пластинки з нанесеними складами підвішували вертикально, прикріплюючи їх до штанг капроновою ниткою. Інтервал між сусідніми пластинками становив не менше 150 мм. Випробувальний майданчик був відкритим і розташовувався на відстані від джерел забруднення повітря (вентиляційних систем підприємств, установок, що виділяють багато водяної пари, сажі, CO2, SO2 та інших газів). Розмір ділянки обирали залежно від кількості зразків.

Загальна тривалість випробувань сягнула 12 місяців. Упродовж цього періоду періодично оглядали пластинки або демонтували частину з них, щоб зафіксувати момент появи перших корозійних ознак. Під «появою слідів корозії» мають на увазі найменше корозійне вогнище – одну пляму діаметром до 2 мм або дві плями діаметром менше 1 мм, помітних неозброєним оком.

Для кількісної оцінки захисної здатності консерваційних матеріалів застосовували показник, що дорівнює відношенню площі, враженої корозією, до загальної площі випробуваної пластинки, виражене у відсотках.

Результати 12-місячних корозійних випробувань зразків під накриттям (навісом) наведено в табл. 4.

Таблиця 4 – Результати випробувань корозійної стійкості консерваційних складів під навісом

№ з/п	**Консервації склад**	**Площа корозійних пошкоджень,%**	
		3 міс.	**12 міс.**
1	**Без покриття**	**1**	**13**
2	**Відпрацьоване моторне масло**	**0**	**8**
3	**Відпрацьоване моторне масло з додаванням нанопорошку глини**	**0**	**5**

Додавання нанопорошку глини до відпрацьованих мінеральних олив дещо підвищує їхню корозійну стійкість, хоча зростання є незначним.

Висновок.

Додавання нанопорошку глини (40–50% масової частки) до відпрацьованих мінеральних олив (моторної М-10-Г2 та трансформаторної) підвищує корозійну стійкість сталі Ст.3. За 12 місяців випробувань під навісом площа корозійних пошкоджень зразків із покриттям на основі відпрацьованої моторної оливи становила 8%, а з додаванням нанопорошку глини – 5% (проти 13% на незахищеній сталі). Таким чином, застосування нанопорошку глини

дозволяє зменшити корозійне ураження майже вдвічі порівняно з чистою відпрацьованою оливою. Враховуючи використання промислових відходів (відпрацьованих олив) та природної сировини (глини), запропоноване консерваційне мастило є екологічно орієнтованим і економічно доцільним. Перспективним є подальше дослідження впливу концентрації нанопорошку та типу глини на захисні властивості композицій.

Список використаних джерел

1. Полянський С.К., Коваленко В.М. Експлуатаційні матеріали для автомобілів і будівельно-дорожніх машин: підручник. К.: Либідь, 2005. 504 с.

2. Жалкін Д.С., Жалкін С.Г. Хімотологія мастил: Конспект лекцій. Харків: УкрДУЗТ, 2018. 56 с.

3. Ремонт машин та обладнання: Підручник / О.І. Сідашенко та ін.; за ред. проф. О.І. Сідашенка, О.А. Науменка. Підручник. К.: Агроосвіта, 2014. 665 с.

4. Основи трібології: Підручник. / А.М. Антипенко, О.М. Бєлас, В.А. Войтов та ін. / За ред. Войтова В.А. Харків: ХНТУСГ, 2008. 342 с.

5. Зубрилін О., Тіхонов О. Методологія та аналіз матеріалів для виробництва порошкових компонентів захисних мастильних сумішей. *Сталий розвиток транспорту та інфраструктури: виклики майбутнього*: збірник тез Всеукраїнської конференції здобувачів вищої освіти та молодих вчених, 6-8 травня 2026 р. [Електронне видання]. Рівне : НУВГП, 2026. С. 40-42.

6. Нужний О.А. Захист від корозії деталей застосуванням консерваційних середовищ на основі відходів харчової промисловості та матеріалів природного походження. *XIV-й Міжнародний форум молоді «Молодь і сільськогосподарська техніка у XXI сторіччі». Збірка матеріалів форуму*. Харків: ХНТУСГ, 2018. С. 159.

УДК 621.893: 669.715

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ПРОГРЕСИВНИХ ЗНОСОСТІЙКИХ ПОКРИТТІВ НА АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВАХ

Катеринич Д., Долгополов В., Багатюк О., Гайдак І., здобувачі вищої освіти; Клочко О., професор

Державний біотехнологічний університет

У роботі наведено оглядовий аналіз можливостей підвищення зносостійкості та експлуатаційної надійності оригінальних деталей виробника з алюмінієвого сплаву EN AW-6082 T6. Розглянуто технологічні та конструктивні переваги застосування твердого анодування, фторопластових (PTFE) та алмазоподібних вуглецевих (DLC) покриттів для високонавантажених вузлів сільськогосподарського та транспортного обладнання.

Сучасні тенденції розвитку галузевого машинобудування вимагають впровадження енергоефективних рішень, що насамперед пов’язано зі зниженням маси рухомих конструкцій. Заміна традиційних сталевих та чавунних вузлів на

деталі з легких конструкційних сплавів, зокрема на основі алюмінію (наприклад, сплав типу EN AW-6082 T6), дозволяє суттєво зменшити інерційні навантаження в механізмах.

Однак, широке застосування алюмінієвих сплавів обмежується їхніми низькими трибологічними характеристиками: схильністю до схоплювання, задирання та низьким опором абразивному зношуванню. Для забезпечення високого ресурсу роботи оригінальні деталі виробника потребують обов'язкової поверхневої модифікації. При цьому важливою умовою є збереження структурної стабільності основного металу: технологія нанесення покриттів має відбуватися за температурних режимів, що виключають термічну деструкцію субстрату та небажане зміщення фазових складових у його структурі.

Ефективним напрямом вирішення цієї задачі є застосування сучасних багатофункціональних зносостійких покриттів [1-3]. Серед найбільш перспективних методів зміцнення для умов машинобудівної галузі виокремлюють тверде анодування, тверде анодування з інкорпорацією політетрафторетилену (PTFE) та алмазоподібні вуглецеві покриття (DLC). Зведена характеристика цих модифікацій наведена у табл. 1 та на рис.1.

Таблиця 1 – Порівняльна характеристика поверхневих модифікацій для сплаву EN AW-6082 T6

Тип покриття	Мікротвердість, HV	Коефіцієнт тертя	Основні експлуатаційні переваги
Тверде анодування	400–500	0,6–0,8	Базовий абразивний та протикорозійний захист
Анодування + PTFE	350–450	0,1–0,2	Ефект самозмащування, висока хімічна стійкість
DLC-покриття	1500–2500	< 0,1	Висока зносостійкість в умовах сухого тертя

Для комплексної оцінки ефективності покриттів інтенсивність їх зношування в експериментальних умовах визначається за класичною залежністю:

$$I = \Delta m / (L \cdot P) \quad (1)$$

де Δm – втрата маси зразка; L – пройдений шлях тертя; P – нормальне навантаження.

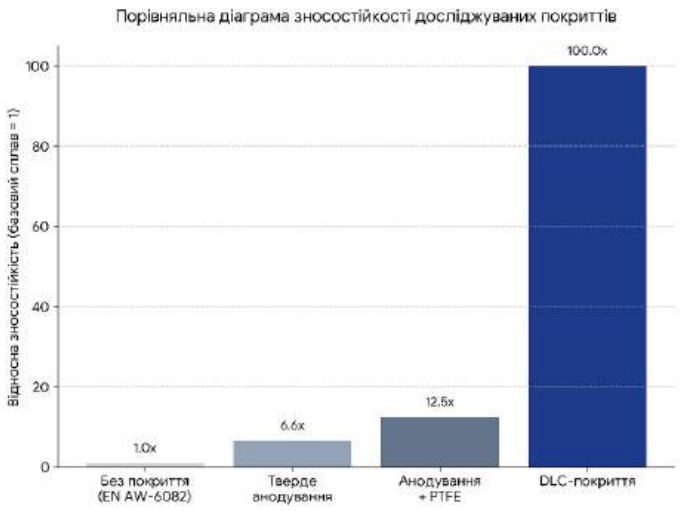


Рисунок 1 - Порівняльна діаграма зносостійкості досліджуваних покриттів

Запропоновані методи модифікації поверхні мають значний потенціал для практичного впровадження. У сільськогосподарському машинобудуванні, зокрема у вузлах дозувальних апаратів пневматичних сівалок, використання PTFE покриття дозволяє уникнути налипання технологічних матеріалів та збільшити ресурс роботи в абразивному середовищі. У транспортному машинобудуванні покриття типу DLC забезпечують безперебійну роботу золотників та клапанів пневматичної апаратури без заклинювання у широкому діапазоні температур і за відсутності рідкого мастильного матеріалу.

Висновок. Використання сучасних покриттів дозволяє обґрунтовано проектувати новітні полегшені вузли, що відповідають жорстким вимогам надійності та довговічності виробів машинобудівної галузі.

Список використаних джерел

1. Romaniuk, S.P., Bilinska, M.S., et al. Non-Destructive Control of PVD Coating Surface Defects. Problems of Atomic Science and Technology. 2022. №6 (142). Series: Plasma Physics (28), p. 139-142. https://doi.org/10.46813/2022-142-139.

2. ДСТУ EN 573-3:2022 Алюміній та алюмінієві сплави. Хімічний склад та форма кованих виробів. Частина 3. Хімічний склад та форма виробів (EN 573-3:2019+A1:2022, IDT)

3. Скобло, Т.С., Клочко, О.Ю., Тришевський, О.І. Розробка методів підвищення експлуатаційної стійкості виробів з високохромистих чавунів. Автомобільний транспорт, Вип.31, ХНАДУ, 2012, С.136-146.

УДК 621.791

ПЕРСПЕКТИВИ ПЛАЗМЕННОГО НАПИЛЕННЯ (НАПЛАВКИ) ПОРОШКОВИХ МАТЕРІАЛІВ ПРИ ВІДНОВЛЕННІ ЗНОШЕНИХ ПОВЕРХОНЬ ДЕТАЛЕЙ МАШИН І ОБЛАДНАННЯ

Лукавий Є. С. здобувач вищої освіти, Тіхонов О. В. к.т.н., доцент

Державний біотехнологічний університет

Проаналізувати сучасні можливості плазмового поверхневого відновлення деталей машин, зокрема, вплив різних способів нанесення порошкових матеріалів на структуру, фізико-механічні та експлуатаційні властивості захисних покриттів (міцність зчеплення, зносостійкість, корозійну стійкість). Узагальнити відомості про склад та призначення порошкових композицій (на основі нікелю, титану, заліза, міді, кобальту, металідів та самофлюсних сплавів) та обґрунтувати переваги плазмової наплавки як високоефективного методу відновлення деталей, що працюють в умовах зносу, високих температур та агресивних середовищ.

Для отримання поверхневого шару з досить високою якістю часто застосовують порошкові матеріали, нанесення яких здійснюється кількома способами. Найпростішим з них є спосіб нанесення покриттів шаром крупнозернистого порошку (крупки). У цьому випадку порошок заздалегідь насипається на поверхню, що відновлюється, а плазмова дуга, що горить між електродом і виробом, розплавляє його. Для процесу з подачею порошку у зварювальну ванну дуга горить між електродом та виробом. У виробі утворюється ванна основного металу, куди подається порошок тугоплавкого металу. Відновлення зношеного шару з вдуванням порошку в дугу передбачає подачу його в плазмовий струмінь, плавлення в цьому струмені та перенесення на поверхню виробу, підігріту та оплавлену дугою прямої дії [1-9].

Плазмове поверхневе відновлення деталей машин дозволяє підвищити експлуатаційні характеристики покриттів. Найбільш важливими з цих характеристик є міцність зчеплення підкладки з покриттям, а також його зносостійкість. Вплив плазмового зміцнення на зазначені характеристики встановлено як для нелегованих, так і високолегованих покриттів.

Під впливом висококонцентрованого нагрівання мікроструктура стає дрібнодисперсною з рівномірно розподіленими карбідами. Особливо сприятливі зміни відбуваються у прикордонній зоні «підкладка – покриття». Основне з них — вирівнювання властивостей у цій зоні як з боку покриття, так і виробу. Усувається характерний для такого типу з'єднань стрибок мікротвердості, що сприяє відшаруванню покриттів. Нанесення покриттів із застосуванням як присадного матеріалу порошкових сплавів завдяки мінімальному проплавленню основного металу забезпечує отримання деталей з високими фізико-механічними властивостями.

Існує два найбільш поширені способи обробки:

- нерухома електрична дуга, яка, як правило, використовується при термообробці та напиленні;

- рухлива дуга, коли смолоскипу плазми повідомляють додатковий рух, і застосовують її при різанні металу.

Покриття, що зміцнюються поверхневою плазмовою обробкою, використовуються при відновленні деталей транспорту, сільськогосподарських машин та ін., забезпечуючи швидкісне і локальне нагрівання поверхневих шарів відновлюваної деталі. Цей метод дозволяє зберегти властивості її серцевини і одночасно повністю компенсувати знос.

Порошкові матеріали, застосовувані для покриттів, що компенсують знос, – це сплави на основі нікелю та титану [1-9]. Сплави даної групи мають високу стійкість до хімічної корозії, відрізняються жаростійкістю і теплостійкістю (ПТ86Н12, ПТ65Ю35, ПН70Ю30 (HRC 40), ПН85Ю15 (HRC 20)); високою зносостійкістю та стійкістю до корозії (ПН55Т45 (HRC 50)); високою стійкістю до дії лугів, карбонільної корозії, газоподібного зношування при підвищених температурах (ПН75Ю32В, ПХ20Н80 (HRC 35-40), ПХ20Н70Ю10, ПХ16Н77Ю6). Дані матеріали застосовуються для нанесення захисного шару на деталі машин та устаткування металургійного, енергетичного, хімічного, нафтопереробного виробництв. Наносять такі покриття плазмовим напиленням.

Корозійностійкі сталі та сплави на основі заліза, леговані хромом та нікелем. Матеріали цієї групи забезпечують такі властивості, як зносостійкість та стійкість до хімічної корозії у воді та агресивних середовищах. Порошкові композиції ПР-Х18Н9, ПР-06ХН28МДТ, ПР-04Х19Н11М3, ПР-08Х19Н9Ф2С2, ПР-10Х16Н25АМ6 характеризуються гарною опірністю до зношування потоком абразивних частинок при 50°С. Покриття застосовуються для нанесення ущільнювальних та захисних шарів на деталі двигунів внутрішнього згоряння, вентиляторів, енергетичного та хімічного обладнання, суднових механізмів, а також валів та підшипників. Наносять їх плазмовим напиленням та наплавленням.

Самофлюсні сплави. Серед сплавів, що самофлюсуються, можна виділити три найбільш часто зустрічаються групи: сплави на основі нікелю, міді і заліза. Самофлюсні сплави на основі нікелю, леговані хромом, мають високі показники зносостійкості, корозійної стійкості і жаростійкості. Вони відрізняються гарною міцністю зчеплення зі сталями. У міру збільшення у сплавах вмісту вуглецю, бору та кремнію твердість та зносостійкість покриттів зростає, а опір удару падає [1-9]. При зменшенні в порошковій композиції концентрації хрому сплави набувають хорошої рідкотекучості при оплавленні.

Порошки сплавів на основі заліза. Матеріали, такі як ПР-180Х16Н8Ф8Т3Р, ПР-0Х20Н8Ю6Т2Р2, ПР-100Г10Т11Р5, ПР-150Х12Ф6Д, ПР-290Х14Ф12Д, близькі до сталі типу Х18Н9, Гатфільда, Х1, титану, хрому та ванадію. Вони рекомендуються для нанесення покриттів напиленням і наплавленням, працюючих в умовах зносу та корозії. Їх використовують замість самофлюсних хромонікелевих сплавів, і вони забезпечують твердість покриттів до 55 HRC. Порошки ПР-0Х18Н9 та ПР-Х23Н28М3Д3Т використовують для виготовлення

пористих виробів для фільтрації агресивних рідин, газів, а також для нанесення корозійностійких покриттів.

Порошки ПР-0Х19Н12С4, ПР-250Н18Д7Х2С2Г, ПР-190Х19Ф6М6НГС пропонуються для наплавлення зносостійких покриттів замість хромонікелевих композицій.

Наведено відомості щодо використання порошкових композицій для забезпечення заданих властивостей у покриттях.

Порошки металідів для нанесення покриттів. Металіди є сполуками металів, наприклад ПН70Ю30, що відповідає сполуці NiAl, ПН85Ю15 – Ni3Al. Розпорошені порошки мають кращу плинність. Порошки металідів розроблені для плазмового та детонаційного напилення та формування захисних покриттів на поверхні деталей машин. Покриття добре шліфуються, обробляються точенням. Вони широко використовуються для відновлення посадкових місць валів. Рекомендуються для роботи в парах тертя із чавуном. Використовуються також як підшар при нанесенні покриттів зі сталей, сплавів, оксидів, карбідів.

Мідні сплави. Порошки на основі міді, що застосовуються для нанесення покриттів, – це, як правило, бронзи з додаванням нікелю, які володіють антифрикційними властивостями в поєднанні з гарною зносостійкістю в умовах мастила або без нього. До таких матеріалів належать ПР-Бр.ФЖНМц8,5-4-5-1,5; ПР-Бр.ОН8,5-3; ПР-Бр.КМц3-1; ПР-Бр.ОЦС5-5-5. Мідні сплави застосовують для виправлення дефектів виливків із бронзи, нанесення покриттів на підшипники та вкладиші, циліндри пресів, ущільнення компресорів, деталі суднових механізмів та ін.

Для нанесення жаростійких покриттів на ущільнювальні системи та лопатки газових турбін, шнеки екструдерів, опорні кільця та сідла клапанів дизелів, втулки та вали нафтоперекачувальних насосів застосовуються жаростійкі сплави на основі: кобальту (ПКХ25Н10Ю10, ПКХ27І); нікелю (ПНХ20К20Ю13) та заліза (ПХ25Ю6, ПХ25Ю10, ПХ20Ю6І) з високим вмістом хрому. Дані сплави мають високу стійкість проти газоабразивного зносу при підвищених температурах. Робочі температури вищезгаданих сплавів перебувають в інтервалі 850–870°С [1-9].

Як плазмоутворювальні гази можуть бути використані аргон, азот, гелій, аміак. Водень та кисень можна застосовувати у суміші з аргоном, азотом. Матеріали, що застосовуються для плазмоутворення, можна розділити на три великі групи: одноатомні, двоатомні гази та газові суміші. При виборі плазмоутворювального газу враховують наступне: можливість ефективного перетворення електричної енергії в теплову та передачі останньої металу, що обробляється; необхідність забезпечення стійкості робочого електрода; економічність та доступність робочого середовища; необхідність забезпечення безпечних умов роботи. Ці вимоги визначають технологічну придатність газових сумішей.

Найкращі технічні показники забезпечує плазмовий метод нанесення покриттів, який завдяки малому проплавленню поверхні виробу дозволяє отримати заданий склад вже в першому шарі, через що в два-три рази (порівняно

з дуговим наплавленням під шаром флюсу) знижується витрата наплавних матеріалів та значно скорочуються трудові витрати. Завдяки меншому тепловому впливу на основний метал при обробці плазмою залишкові напруги розтягування у відновленому шарі значно менші, ніж у випадку електродугового наплавлення. Це підвищує стійкість проти розтріскування. Плазмова наплавка характеризується хорошим формуванням покриття (відсутністю пір, однорідністю шару), що не вимагає великих припусків на механічну обробку. Висока температура плазмового потоку дозволяє використовувати будь-які матеріали для покриттів, навіть тугоплавкі. Завдяки високій кінетичній енергії частинок у плазмовому струмені можливе отримання більш щільного та однорідного покриття, ніж при інших способах обробки. Процес відрізняється високою продуктивністю. При цьому він дозволяє використовувати як присадний матеріал дріт або порошок необхідного складу. Використання металевого порошку як присадного матеріалу дозволяє в процесі нанесення покриттів регулювати його хімічний склад шляхом одночасної подачі в пальник двох або більше порошкових композицій різного хімічного складу і співвідношення, виходячи з умов експлуатації деталі. Плазмовий метод має досить високий ККД (60…80 %), відрізняється простотою контролю технологічного процесу та забезпечує якісне сплавлення основного та присадного матеріалів, дозволяє наплавити шар завтовшки до 3–5 мм.

Висновок.

Плазмовий метод поверхневого відновлення є високоефективним завдяки малому проплавленню основного металу, що дозволяє зберегти властивості серцевини деталі та отримати заданий склад покриття вже в першому шарі. Це забезпечує зниження витрати матеріалів у 2-3 рази порівняно з дуговим наплавленням та зменшення залишкових напруг розтягування, що підвищує стійкість проти розтріскування.

Під впливом висококонцентрованого плазмового нагріву мікроструктура покриття стає дрібнодисперсною з рівномірно розподіленими карбідами. У прикордонній зоні «підкладка-покриття» відбувається вирівнювання властивостей та усунення стрибка мікротвердості, що суттєво підвищує міцність зчеплення та запобігає відшаруванню.

Для нанесення покриттів застосовується широка номенклатура порошкових матеріалів, що дозволяє цілеспрямовано формувати необхідні експлуатаційні властивості:

- Сплави на основі нікелю та титану (ПТ86Н12, ПН70Ю30) забезпечують високу корозійну стійкість, жаро- та теплостійкість.
- Корозійностійкі сталі (ПР-Х18Н9, ПР-10Х16Н25АМ6) ефективні для роботи в умовах абразивного зношування та агресивних середовищах.
- Самофлюсні сплави (на основі Ni, Cu, Fe) гарантують високу міцність зчеплення, зносостійкість (до 55 HRC) та жаростійкість.
- Металіди (NiAl, Ni_3Al) та мідні сплави (бронзи) забезпечують антифрикційні властивості та добре обробляються механічно.

- Жаростійкі сплави на основі Co, Ni, Fe (ПКХ25Н10Ю10, ПХ25Ю6) працюють при температурах до 850–870 °С в умовах газоабразивного зносу.

Технологічні переваги плазмового методу (високий ККД 60-80 %, можливість регулювання хімічного складу покриття шляхом змішування порошків, відсутність пір, товщина шару до 3-5 мм) дозволяють рекомендувати його для відновлення та зміцнення деталей транспорту, сільськогосподарських машин, енергетичного, хімічного та нафтопереробного обладнання, суднових механізмів, газових турбін та двигунів внутрішнього згоряння.

Список використаних джерел

1. Плазменное поверхностное упрочнение. / Л.К. Лещинский, С.С. Самотугин, И.И. Пирч, В.И. Комар. К.: Техника, 1990. 109 с.

2. Рожков О.Д. Технологія нанесення покриттів. Частина І: Навч. посібник. Дніпропетровськ: НМетАУ, 2008. 51 с.

3. Лащенко Г.И. Плазменное упрочнение и напыление. К.: Екотехнологія, 2003. 64 с.

4. Гладкий П.В., Переплетчиков Е.Ф., Рябцев И.А. Плазменная наплавка. К. : Екотехнологія, 2007. 292 с.

5. Моженйко О.В. Лазерна, плазмова і детонаційна технології зміцнення поверхні: Монографія. Кіровоград: Лисенко В.Ф. 2011. 260с.

6. Ремонт машин та обладнання: Підручник. / О.І. Сідашенко та ін.; за ред. проф. О.І. Сідашенка, О.А. Науменка. Підручник. К.: Агроосвіта, 2014. 665 с.

7.Технологія ремонту машин та обладнання. Курс лекцій. Навч. посібник / О.І. Сідашенко, О.В. Тіхонов, С.О. Лузан та інші. Харків: ХНТУСГ, 2017. 361 с.

8. Практикум з ремонту машин. Загальний технологічний процес ремонту та технології відновлення і зміцнення деталей машин. Том 1. Навчальний посібник. / О.І. Сідашенко, О.В. Тіхонов, Т.С. Скобло та інші. Харків: ТОВ «Пром-Арт», 2018. 416 с.

9. Лузан С.О., Сідашенко О.І., Лузан А.С. Обґрунтування та вдосконалення технологій відновлення деталей. Курс лекцій. Харків: Діса плюс, 2020. 127 с.

УДК 621.793

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДОЗОВАНОГО МІКРОЛЕГУВАННЯ НА ВЛАСТИВОСТІ ПОВЕРХНІ ДЕТАЛІ ПІСЛЯ ВІДНОВЛЕННЯ

Муравенко Д. В. здобувач вищої освіти, Рибалко І. М. д.т.н., доцент

Державний біотехнологічний університет

Розроблено спосіб відновлення та зміцнення деталей дозованим мікролегуванням, який дає змогу оперативно коригувати склад легувальних компонентів при використанні доступних вуглецевих та низьколегованих дротів.

Запропоновано новий спосіб відновлення та зміцнення деталей, головною перевагою якого є можливість швидко змінювати співвідношення та склад

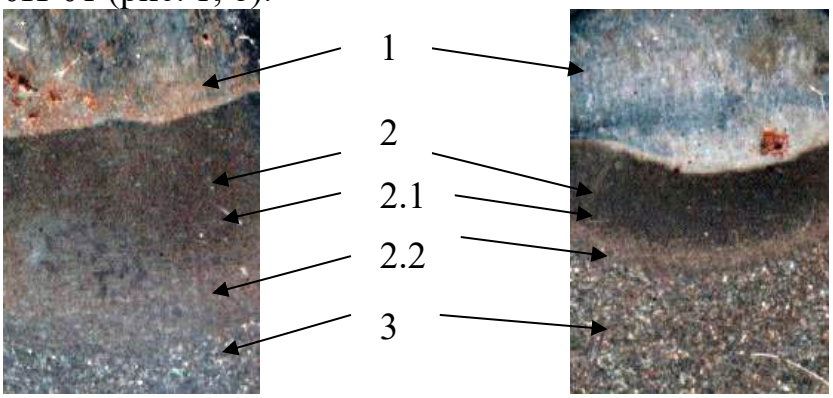
легуючих елементів. Для цього використовують звичайні вуглецеві або низьколеговані дроти разом із порошковими сумішами.

Конструкція розробленої установки включає такі основні вузли: ролики із виступами, еластичні валики, контейнери з клеєм, захисний кожух, бункер для порошку, мундштук для ущільнення порошкової добавки, струмопідвідний мундштук та електродвигуни [1, 2].

За результатами теоретичних досліджень, найкращою швидкістю наплавлення для цього методу визнано 0,04 м/с.

При відновленні деталей за цим методом необхідно оцінювати кілька ключових параметрів якості покриття: характер неметалевих включень, міцність зчеплення з основою, рівномірність розподілу компонентів по перерізу, а також сформовану структуру металу та її властивості.

Проведено порівняльний аналіз неметалевих включень, що утворилися під час наплавлення чистим дротом Нп-30ХГСА (рис. 1, а) та дротом із додаванням порошку ПГ-10Н-01 (рис. 1, б).



а б

Рис. 1. Зовнішній вигляд макроструктури наплавленого вала (зб. ×10): (а) – наплавлення виконано лише дротом Нп-30ХГСА; (б) – наплавлення виконано дротом Нп-30ХГСА з додаванням порошку ПГ-10Н-01: 1 – шар наплавленого металу; 2 – зона термічного впливу (ЗТВ), яка поділяється на ділянки, що сильно (2.1) та слабо (2.2) травляться; 3 – основний матеріал деталі

Мікроструктурний аналіз шліфів показав: на відміну від зразка з порошком, зразок, наплавлений лише дротом, мав пори, що підтверджує наявність дефектів. Зона термічного впливу неоднорідна – вона складається з ділянок, які травляться по-різному (сильно та слабо).

Структура наплавленого шару у разі використання лише дроту формується як верхній бейніт, що містить грубі голки фериту. Верхній бейніт, своєю чергою, є комбінацією голчастого фериту та аустеніту. Слід зазначити, що вихідний метал в обох випадках був однаковим і мав ферито-перлітну будову.

Вимірювання твердості за Вікерсом проводили на твердомірі Digital Micro Hardness Tester MHV-2000S.

Вплив на твердість. Наплавлення самим лише дротом дає незначне підвищення твердості відновленої поверхні – приблизно на 400 Н відносно основного металу.

Натомість наплавлення дротом із додаванням порошку значно збільшує твердість – до 7281–7882 Н. Це в 2,4 рази вище за твердість основного металу та вдвічі вище порівняно з наплавленням без легувальної добавки (рис. 2).

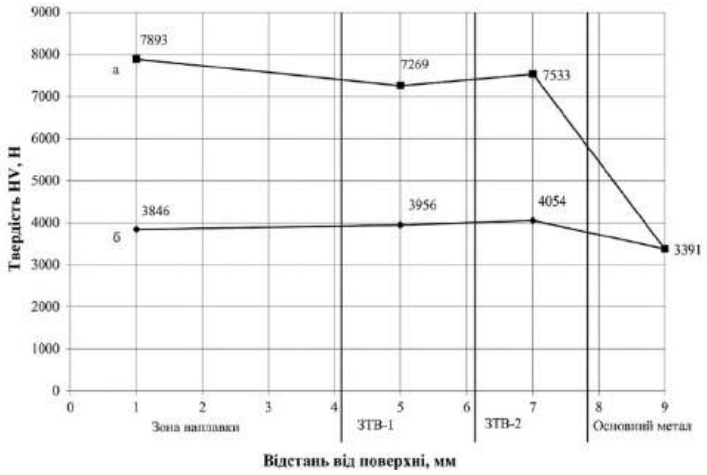


Рис. 2. Середні значення твердості за Вікерсом після наплавлення: (а) дротом Нп-30ХГСА з порошком ПГ-10Н-01, (б) тільки дротом Нп-30ХГСА

Методика оцінки адгезії. Міцність зчеплення покриття з основним металом визначали згідно з підходом, описаним у працях Гуляєва та Гудцова [3]. Оскільки під час вимірювань у перехідній зоні не спостерігалося руйнування (відшарування) покриття, адгезію розраховували за залежністю (1).

$$\sigma = 2\frac{P}{d^2} \quad (1)$$

де σ – міцність зчеплення, МПа;

P – навантаження, Н;

d – діаметр відбитка, мм.

Результати випробувань на зчеплення. Розрахунки за наведеною формулою показали, що:

- для покриття, сформованого лише дротом Нп-30ХГСА, міцність зчеплення становить не менше ніж 320 МПа;

- для покриття з додаванням порошку ПГ-10Н-01 – не менше ніж 520 МПа.

У жодному з варіантів не було зафіксовано розклинювання від кінців відбитків. Таким чином, введення порошку підвищує адгезію на 200 МПа порівняно з наплавленням звичайним дротом [2].

Мікроструктура. Металографічні дослідження підтвердили, у разі наплавлення лише дротом формується верхній бейніт (голчастий ферит) із грубими феритними голками; при додаванні порошку ПГ-10Н-01 утворюється структура, що складається з мартенситу, карбідів та залишкового аустеніту.

Твердість та мікротвердість. Використання порошку забезпечує підвищення твердості за Вікерсом у 2,4 рази відносно основного металу та вдвічі – відносно наплавлення без легувальних добавок; підвищення мікротвердості у 2,1 раза відносно основного металу та в 1,8 рази – відносно наплавлення без додаткового легування.

Зносостійкість. Лабораторні випробування на зношування показали, що наплавлення з порошком ПГ-10Н-01 (нікелева основа) підвищує зносостійкість завдяки формуванню карбідо-мартенситної структури. Залежно від умов тертя: у масляному середовищі зносостійкість зростає вдвічі, в абразивному – у 2,35 рази.

Висновок.

Розроблений спосіб відновлення деталей дозованим мікролегуванням дає змогу оперативно коригувати склад легувальних компонентів та забезпечує високу якість покриття.

Використання порошку ПГ-10Н-01 спільно з дротом Нп-30ХГСА сприяє формуванню щільної безпористої структури типу мартенситу з карбідами та залишковим аустенітом, на відміну від структури верхнього бейніту, яка утворюється при наплавленні тільки дротом.

Міцність зчеплення покриття з основою при введенні порошку зростає до ≥520 МПа, що на 200 МПа вище, ніж при використанні лише дроту.

Твердість відновленої поверхні при мікролегуванні порошком підвищується в 2,4 раза відносно основного металу, а мікротвердість – у 2,1 раза.

Запропонований метод забезпечує підвищення зносостійкості: у 2 рази в масляному середовищі та у 2,35 раза – в абразивному.

Список використаних джерел

1. Спосіб відновлення та зміцнення деталей: пат. 48353 Україна: МПК (2009) B24B39/00 / Т.С. Скобло, І.М. Рибалко, О.І. Сідашенко, О.В. Тихонов, В.В. Лоєнко, О.В. Сайчук. №200910791. заявл. 26.10.09.; опубл. 10.03.10., Бюл. № 5.

2. Скобло Т.С., Тіхонов О.В., Рибалко І.М. Новий спосіб відновлення деталей. *Автомобільний транспорт. Збірник наукових праць*. Харків, 2012. Вип. 31. С. 124-128.

3. Гуляєв А.П. Металознавство. 1977. 648 с.

УДК: 621.98.21

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ІНСТРУМЕНТУ ДЛЯ ВИСОКОШВИДКІСНОГО ШТАМПУВАННЯ

Нікітченко А.О. магістрант, Фіцайло Т.М. магістрант, Дерябкіна Є.С. к.т.н.

Державний біотехнологічний університет

Метою роботи є аналітичне дослідження параметрів точності операцій витяжки, яка здійснюється пневмоударним штампуванням з урахуванням домінуючих факторів, що впливають на величину цих параметрів. Розроблено методику розрахунку виконавчих розмірів штампового оснащення, що забезпечують необхідну точність деталей, що штампуються.

Тонколистові деталі, що штампуються, займають вагомий об'єм в конструкції сільськогосподарських машин різного призначення. Забезпечення

якісних показників при зниженні трудомісткості виготовлення листоштампуемих деталей машин є одним з важливих завдань, що стоять перед виробництвом в сучасних умовах ринкової економіки. Застосування в штампувальному виробництві методу високошвидкісного пневмоударного штампування рідиною дозволяє вирішити це завдання [1,2].

Недостатнє дослідження питання точності витяжних операцій пневмоударного штампування пояснюється значною мірою складністю та трудомісткістю техніки дослідження даного виду штампування, різноманіттям факторів у взаємозв'язку, що впливають на процес витяжки.

На підставі аналізу умов експлуатації установок для пневмоударного штампування, а також результатів експериментальних досліджень для аналітичного дослідження точності процесу витяжки були обрані наступні параметри деталей, що штампуються: величини відхилень геометричних розмірів і форми деталей з урахуванням домінуючих факторів, що впливають на величину цих параметрів. Відомо, що при проектуванні спеціальних витяжних штампів із застосуванням традиційних методів формоутворення деталей матриці формують зовнішній контур, а розміри пуансона – внутрішній контур деталей, що штампуються. Це лежить в основі існуючих методик розрахунку виконавчих розмірів робочих частин штампу.

У той же час при пневмоударному штампуванні існуючі методики розрахунку виконавчих розмірів формоутворювальних частин штампів не можуть бути застосовані, так як жорсткий пуансон при виконанні розділових і в ряді витяжних операцій відсутній, а його функції виконує рідина або еластичне середовище. У існуючих методиках не враховується величини відхилень розмірів відштампованих деталей під впливом факторів відповідно до залежності, яка дозволяє оцінити величини цих відхилень у будь-який момент експлуатації штампу, прогнозуючи їх величину[3].

Розрахунковий тиск притиску:

$$P_n = C \cdot \left[(\beta - 1)^3 + 0{,}5 \frac{d}{100S} \right] \cdot \sigma_b \qquad (1)$$

де β – відношення діаметрів заготівлі та пуансону перед початком формозміни; С - коефіцієнт, визначений експериментально, який в даному випадку може бути прийнятий рівним 0,25.

Зразки листового матеріалу (АМг1, 08кп, 12Х18Н10Т) витягувалися на глибину граничного ступеню витяжки.

Для дослідження вибрано наступний параметр точності: – відхилення розмірів внутрішнього контуру деталі, що витягується, мкм. Тому пропонується при пневмоударному штампуванні розраховувати виконавчі розміри витяжних матриць з урахуванням результуючої точності деталей, що штампуються:

$$D_m = d_д + \Delta д + x - \delta_м, \qquad (2)$$

де $D_м$ – виконавчий розмір матриці; $\Delta д$ – допуск на виготовлення деталі;

x – величина відхилення розмірів деталей, що штампуються, під

впливом комплексу домінуючих факторів; $\delta_м$ – допуск на виготовлення матриці; $d_д$ – виконавчий розмір деталі.

Після виготовлення витяжного штампу для пневмоударного штампування розміри відштампованої деталі можна визначити так:

$$d_д = D_м - \Delta д + x + \delta_м, \quad (3)$$

Приймаємо $D_м^ф = D_м - \Delta д + \delta_м$ тоді

$$D_д^ф = D_м^ф + x, \quad (4)$$

де $D_м^ф$ – фактичний розмір витяжної матриці після виготовлення;

$D_д^ф$ – фактичний розмір відштампованої деталі.

Висновок.

Отримано аналітичне рішення щодо оцінки точності параметрів процесу пневмоударного листового штампування витяжкою. Запропоновано методику розрахунку виконавчих розмірів штампу, що забезпечує необхідну точність деталей, які штампуються.

Список використаних джерел

1. Фролов Е.А., Манаенков И.В., Дякова Т.В. Оценка качественных показателей деталей из листа при операциях пробивки – вырубки эластичной средой на пневмоударном оборудовании. *Сб. наук. праць*. *УкрДАЗТ*, Харків, 2008, Вип.89, С.250-256.

2. Фролов Е.А., Тимофеев С.С., Манаенков И.В. Пути повышения качества технологической системы пневмоударной штамповки. *Сб. наук. праць*. *УкрДАЗТ*, Харків, 2008, Вип.88, С.116-122.

3. Фролов Є.А., Ясько С.Г., Кравченко С.И. Аналітичні дослідження параметрів точності витяжних операцій пневмоударного штампування. *Машинобудування*, 2016,С.150-160.

УДК 621.

ОСНОВНІ ФАКТОРИ ЗНОШУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ДВИГУНІВ ТА ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ДОВГОВІЧНОСТІ

Автухов А.К., д. т. н., професор, Бажанов Д.Г. студент.

Державний біотехнологічний університет м. Харків, Україна.

Робота присвячена дослідженню підвищення працездатності з'єднання з натягом у вузлах та агрегатах сільськогосподарської техніки, транспортного та ремонтного машинобудування. Показано, що одним із перспективних напрямків розв'язання даної проблеми є вдосконалення технологій складання, застосування зміцнювальних методів обробки поверхонь, використання сучасних конструкційних матеріалів і покриттів, а також оптимізація параметрів посадок та умов роботи з'єднань.

Надійність і довговічність машин та обладнання значною мірою визначаються працездатністю їхніх вузлів і з'єднань. У сучасному машинобудуванні, зокрема в галузі сільськогосподарської техніки, транспортного та ремонтного машинобудування, широкого застосування набули з'єднання з натягом, які забезпечують високу міцність, жорсткість та точність взаємного розташування деталей. Одним із найбільш поширених типів таких з'єднань є сполуки типу «втулка-корпус», що використовуються у підшипникових вузлах, корпусах редукторів, коробках передач, гідравлічних механізмах та інших відповідальних агрегатах машин [1].

У процесі експлуатації зазначені з'єднання зазнають дії значних статичних і динамічних навантажень, вібрацій, температурних коливань, впливу агресивних середовищ та зношування. Це призводить до послаблення натягу, виникнення мікропереміщень між поверхнями контакту, розвитку фретинг-корозії, деформацій посадочних поверхонь та, як наслідок, втрати працездатності вузлів. Особливо гостро проблема зниження довговічності сполук «втулка-корпус» проявляється в умовах експлуатації машин сільськогосподарського виробництва, де техніка працює у складних умовах підвищеної запиленості, змінних навантажень та сезонної інтенсивності використання.

Підвищення довговічності з'єднань з натягом є важливим науково-технічним завданням, вирішення якого дозволяє зменшити витрати на ремонт і технічне обслуговування, підвищити ресурс машин та забезпечити стабільність їх експлуатаційних характеристик.

Одним із перспективних напрямків розв'язання даної проблеми є вдосконалення технологій складання, застосування зміцнювальних методів обробки поверхонь, використання сучасних конструкційних матеріалів і покриттів, а також оптимізація параметрів посадок та умов роботи з'єднань.

Актуальність дослідження цього питання обумовлена необхідністю підвищення експлуатаційної надійності машин і обладнання шляхом удосконалення конструктивно-технологічних рішень для з'єднань типу «втулка-

корпус». Це має важливе значення для ремонтного виробництва, оскільки забезпечує можливість відновлення працездатності деталей і вузлів із мінімальними матеріальними та трудовими витратами.

Список літератури.

1. Ремонт машин та обладнання: Підручник / [Сідашенко О.І. та ін.];за ред. проф. О.І. Сідашенка, О.А. Науменка. Підручник: (- К.: Агроосвіта, 2015. –665 с.

УДК 621. 74. 669

ВПЛИВ СТРУКТУРНОГО ФАКТОРА НА ТРІЩИНОСТІЙКІСТЬ ВИСОКОВУГЛЕЦЕВИХ МАТЕРІАЛІВ

Автухов А.К., д. т. н., професор, Борисенко О.С. аспірант

Державний біотехнологічний університет

В роботі показано, що тріщиностійкість високовуглецевих матеріалів суттєво залежить від структурного стану матриці, форми графітових включень та співвідношення фаз у структурі сплаву. Відмічено, що показники тріщиностійкості чавунв можуть бути підвищені шляхом збільшення міцності матриці, зменшенням кількості графіту та розмірів пластів'єподібного включення і переведеннях їх у глобулярну форму.

В даний час найбільш поширеним матеріалом для виготовлення інструментів, що працюють в умовах знакозмінних навантажень і температур в зарубіжній та вітчизняній практиці є чавуни та високовуглецеві сталі, у тому числі графітизовані [1]. Незважаючи на важливість забезпечення безаварійних режимів роботи інструментів питання оцінки опору росту тріщин у них досить слабо висвітлені у вітчизняній та зарубіжній науково-технічній літературі.

При вивченні статичної тріщиностійкості чавунів встановлено, що рівень одержуваних значень K_{1c} залежить від двох основних факторів: структури і співвідношення фаз матриці та форми, об'ємної частки і розподілу графітової фази. При збереженні форми та розмірів графітових включень зміна структури матриці з феритної на перлітну викликають деякі зниження величини K_{1c}. Дуже небажаною є присутність у структурі матриці ділянок нижнього бейніту, що знижує статичну тріщиностійкість чавуну. Дослідження впливу об'ємної частки фериту в структурі чавуну з перлітною матрицею при однаковому вмісті форми графіту свідчить, що зі збільшенням феритної складової в мікроструктурі відбувається зниження статистичної тріщиностійкості чавуну K_{1c}. Максимальні значення K_{1c} досягаються у випадку, якщо у структурі перебуває (до 10%) феритна фаза, яка розташовується навколо графітових включень у вигляді облямівки. При вивченні тріщиностійкості чавуну з перлітною основою виявлено значний вплив форми карбідних частинок та їх розміру на в'язкість руйнування. Виконані дослідження свідчать, що якщо структура матриці чавуну являє собою пластинчастий перліт, то його тріщиностійкість вище, ніж у випадку матриці зі структурою зернистого перліту.

Дослідження впливу форми та кількості включень графіту на статичну тріщиностійкість чавуну з феритною основою показали, що максимальні значення $К_{1с}$ мають чавуни з кулястою формою графіту; вермікулярна форма знижує в'язкість руйнування чавуну, а чавуни з пластинчастими включеннями графіту мають найнижчий рівень тріщиностійкості. Збільшення об'ємної частки графітових включень в чавуні викликає зниження його опору зростання тріщин.

Виконані дослідження показують, що величина $К_{1с}$ може бути підвищена шляхом збільшення міцності матриці, зменшенням кількості графітових включень, зменшенням розмірів пластів'єподібного включення графіту та забезпеченням їх глобулярної форми, що необхідно враховувати при виборі структури та режимів модифікування високовуглецевих матеріалів при виробництві інструментів, що працюють в умовах знакозмінних навантажень і температур.

Список літератури

1. Виробництво і застосування прокатних валків: довідник/ Т. С. Скобло и др. Ред. Т. С. Скобло. Харків, 2013. ЦД № 1. 572 с

УДК 621. 74.669

ВПЛИВ КОМПЛЕКСНОГО МОДИФІКУВАННЯ ВИСОКОМІЦНОГО ЧАВУНУ НА СТРУКТУРУ ТА ВЛАСТИВОСТІ ФОРМУЮЧИХ ІНСТРУМЕНТІВ

Автухов А.К., д. т. н., професор, Воробйов В.С. студент

Державний біотехнологічний університет м. Харків, Україна.

Робота присвячена підвищенню якості формуючих інструментів, що виготовляються з високоміцних чавунів. Наведена інформація щодо обробки чавуну комплексними модифікаторами, до складу яких входять рідкоземельні метали.

В останні роки у зв'язку з поставленими завданнями підвищення ефективності і якості продукції металургійного виробництва, велике значення надається одному з перспективних конструкційних матеріалів - високоміцному чавуну, що володіє цілим комплексом високих показників механічних, технологічних і експлуатаційних властивостей. В даний час із модифікованого чавуну виробляється понад 50% загального випуску формуючих інструментів − прокатних валків.

У якості основного модифікатора при виробництві формуючих інструментів застосовуються переважно металевий магнії і в ряді випадків магнієві лігатури з кремнієм і кальцієм. Обробка чавуну чистим магнієм та її лігатурами пов'язані з певними виробничими труднощами. Процес не є технологічним, супроводжується піроефектом, особливо при модифікуванні великих мас металу. Модифікування магнієм, крім того, не завжди забезпечує отримання у валках кулястого графіту та необхідної фізико-механічної

властивості у зв'язку з погіршенням якості шихтових матеріалів. У шийках і бочках валків у зв'язку з нестійким процесом графіт виходить аномальної норми.

Є дані про дослідження застосування комплексних модифікаторів, до складу яких входять рідкоземельні метали.

Однак дані про вплив рідкоземельних металів на структуру металевої матриці та форму включень графіту у великих виливках та прокатних валках обмежені та суперечливі. Кожен спосіб обробки чавуну модифікаторами має свої переваги та недоліки, для виробництва формуючих інструментів універсальний спосіб отримання високоміцного чавуну досі відсутній.

Особливо складним технологічним завданням є забезпечення різнорідної структури валка, за якої серцевина повинна мати сірий чавун із компактним графітом, а робочий шар — білий або половинчастий чавун, що потребує подальших наукових досліджень та вдосконалення технологій модифікування.

Список літератури

1. Автухов А.К. Узагальнення розробок з використання та виробництва чавуну для виготовлення прокатних валків /А.К. Автухов // Вісник ХНТУСГ [Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонтному виробництві].-2017 - Вип.183.-С.64-76

УДК 621.

ОСНОВНІ ФАКТОРИ ЗНОШУВАННЯ ДЕТАЛЕЙ ДВИГУНІВ ТА ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ДОВГОВІЧНОСТІ

Автухов А.К., д. т. н., професор, Портянко В.В. студент

Державний біотехнологічний університет м. Харків, Україна.

Робота присвячена дослідженню факторів, що впливають на знос вузлів і деталей двигунів внутрішнього згоряння. Визначено, що підвищення довговічності та зносостійкості деталей двигунів повинно базуватися на комплексному підході, який передбачає удосконалення конструкції вузлів, оптимізацію теплових і навантажувальних режимів роботи, а також використання сучасних технологій зміцнення і відновлення поверхонь тертя.

Відомо, що зносостійкість деталей двигунів визначається конструкцією та технології їх виготовлення, а також якістю паливно-мастильних матеріалів. Разом з тим інтенсивність зношування деталей двигунів однієї і тієї ж моделі за дотримання всіх технологічних вимог може змінюватися у десятки разів за зміни умов експлуатації. Так інтенсивність зношування циліндрів бензинових двигунів при форсованому русі автомобіля по шосе приблизно дорівнює 0,15 мкм на 1000 км пробігу, при експлуатації цього ж двигуна в умовах інтенсивного міського руху вона зростає до 1,0 - 2,0 мкм на 1000 км пробігу, тобто у дястки разів. За особливо важких умов роботи двигуна інтенсивність зношування робочої поверхні циліндрів може досягати 5 мкм на 1000 км пробігу.

Тому робота щодо підвищення зносостійкості деталей двигунів внутрішнього згоряння може дати максимальний техніко-економічний ефект у

тому випадку, якщо конструктивні розробки будуть, в першу чергу, спрямовані на усунення факторів, що викликають інтенсивне зношування.

Схематично все різноманіття фактором, що впливають на знос вузлів і деталей машин, можна розділити на три групи: навантажувальні та швидкісні режими роботи деталей, які в основному визначають величину молекулярно-механічного (адгезійного) зношування; теплові режими роботи двигуна, включаючи періоди пуску та прогріву, які визначає величину корозійно-механічного та молекулярно-механічного зношування; запиленість повітря та ефективність захисту окремих деталей від механічних частинок забруднень, що визначають величину абразивно-механічного зношування [1].

Наведений поділ факторів до певної міри є умовним, оскільки знос майже кожної реальної деталі двигуна є сумою впливу всіх трьох показників. Разом з тим кожен із наведених факторів відповідає цілком певному комплексу конструктивних заходів спрямованих на підвищення зносостійкості деталей двигуна і відображає основні тенденції, що склалися на даний час при вивченні та аналізі зношування деталей.

Отже, зносостійкість деталей двигунів внутрішнього згоряння визначається не лише конструкцією та технологією їх виготовлення, а й значною мірою залежить від умов експлуатації та якості паливно-мастильних матеріалів. Наведені дані свідчать, що за зміни режимів роботи інтенсивність зношування деталей може збільшуватися у декілька разів, особливо при роботі двигуна в умовах високих навантажень, частих пусків, міського циклу руху та значної запиленості повітря.

Таким чином, підвищення довговічності та зносостійкості деталей двигунів повинно базуватися на комплексному підході, який передбачає удосконалення конструкції вузлів, оптимізацію теплових і навантажувальних режимів роботи, застосування ефективних систем очищення повітря та мастильних матеріалів, а також використання сучасних технологій зміцнення і відновлення поверхонь тертя. Реалізація таких заходів дозволить суттєво підвищити ресурс двигунів, зменшити витрати на ремонт і технічне обслуговування та забезпечити ефективну експлуатацію машин і обладнання.

Список літератури.

1. Ремонт машин та обладнання: Підручник / [Сідашенко О.І. та ін.];за ред. проф. О.І. Сідашенка, О.А. Науменка. Підручник: (- К.: Агроосвіта, 2015. –665 с.

УДК 631.3.004

ПРОГНОЗУВАННЯ ПОПИТУ НА КОНСТРУКТИВНІ ЕЛЕМЕНТИ ТЕХНІКИ АПК В УМОВАХ СЕЗОННОЇ ВАРІАТИВНОСТІ

Халенко А.С., Спіра Д.М. здобувачі ВО, Науменко О.А. к.т.н., професор

Державний біотехнологічний університет

У статті проаналізовано динаміку та сезонні коливання попиту на запасні частини (конструктивні елементи) сільськогосподарської техніки на основі фактичних даних продажів компанії за один рік. Виконано детальний аналіз місячних обсягів реалізації за трьома каналами збуту, виявлено періоди максимального та мінімального попиту, методів прогнозування.

Мета статті – проаналізувати характер і масштаби сезонних коливань затребуваності запчастин, детально розглянути можливості, методи їх прогнозування та оцінити точність таких прогнозів.

Сучасний агропромисловий комплекс активно використовує складну техніку, що зумовлює постійну потребу в її технічному обслуговуванні та ремонті. Одним із ключових факторів ефективної роботи підприємств є своєчасне забезпечення конструктивними елементами.

Попит на запчастини має закономірності сезонного характеру, який визначається календарними періодами інтенсивного використання сільськогосподарської техніки. Пікові навантаження виникають під час підготовки до посівної, проведення польових робіт та збирання врожаю, тоді як у міжсезоння активність суттєво знижується.

Невідповідність рівня запасів реальному попиту призводить або до простоїв техніки, або до надмірного заморожування коштів і витрат на зберігання. Тому розроблення надійних методів прогнозування попиту з урахуванням сезонних коливань і макроекономічних факторів (зокрема інфляції) є важливим науково-практичним завданням.

Дослідження базується на даних з продажу конструктивних елементів аграрної техніки за один повний рік. Розглянуто три основні канали реалізації (тис. грн на місяць):

Гуртова та роздрібна торгівля (середньомісячний обсяг – 751,4 тис. грн);

Закупівля через магазин, у тому числі інтернет (72,1 тис. грн);

Дрібнороздрібний продаж запчастин різної якості та вартості (64,2 тис. грн).

Для аналізу сезонних коливань використано методи описової статистики, порівняльний аналіз місячних обсягів продажів відносно середньорічного рівня, а також графічне представлення динаміки.

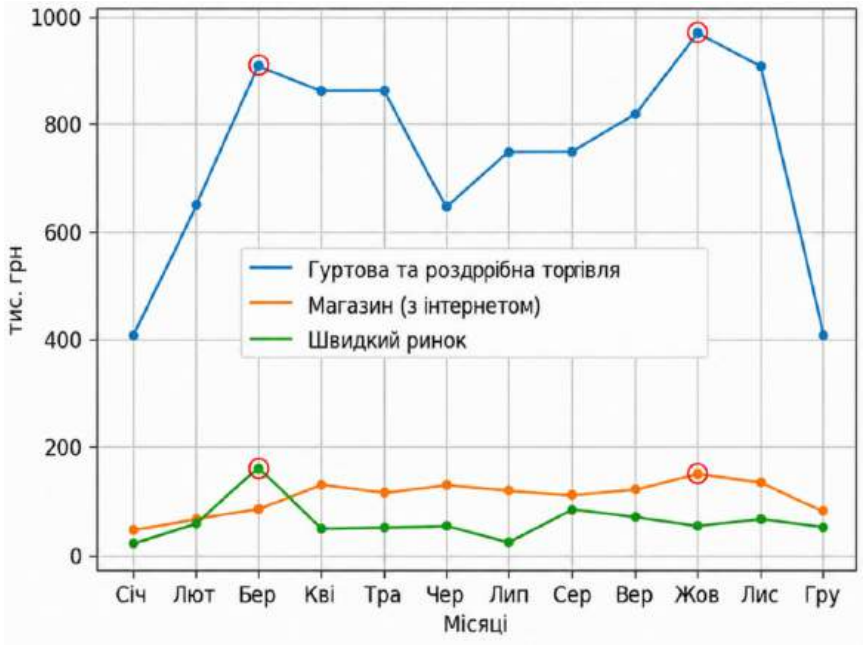


Рис.1 – Обсяги реалізації конструктивних елементів.

Аналіз місячних даних виявив чітку сезонну закономірність у всіх каналах збуту. Гуртова та роздрібна торгівля демонструє найстабільніший, але все ж виражений сезонний профіль. Найнижчі обсяги спостерігаються в січні (405,8 тис. грн) та грудні (413,3 тис. грн) – це приблизно 54–55 % від середньомісячного рівня. Значне зростання починається вже в березні (908,2 тис. грн) і триває протягом весняно-літнього періоду. Максимальні значення зафіксовано в жовтні (969,3 тис. грн) та листопаді (908,2 тис. грн).

Закупівля через магазин (включаючи інтернет) характеризується ще більшою амплітудою коливань. Мінімальні продажі – у січні (20,2 тис. грн), максимальні – у квітні (100,2 тис. грн) та жовтні (105,3 тис. грн).

Дрібнороздрібний продаж, торгівля швидкого придбання вирізняється найбільшою волатильністю. Найяскравіший пік припадає на квітень (162,4 тис. грн) – більше ніж у 2,5 рази вище середньомісячного значення.

Попит на запчастини часто має переривчастий (intermittent) характер, що ускладнює прогнозування та вимагає спеціальних підходів до оцінки точності.

У роботі наведено прогноз доходів підприємства до 2030 року з урахуванням інфляційних процесів. Середній річний коефіцієнт інфляції коливається в межах 1,05–1,266. Кумулятивне врахування інфляції дозволяє отримувати номінальні значення доходів. Для підвищення якості моделі доцільно додатково враховувати реальне зростання ринку АПК, старіння парку техніки та рівень її зношеності, а також регулярно перевіряти точність за наведеними метриками.

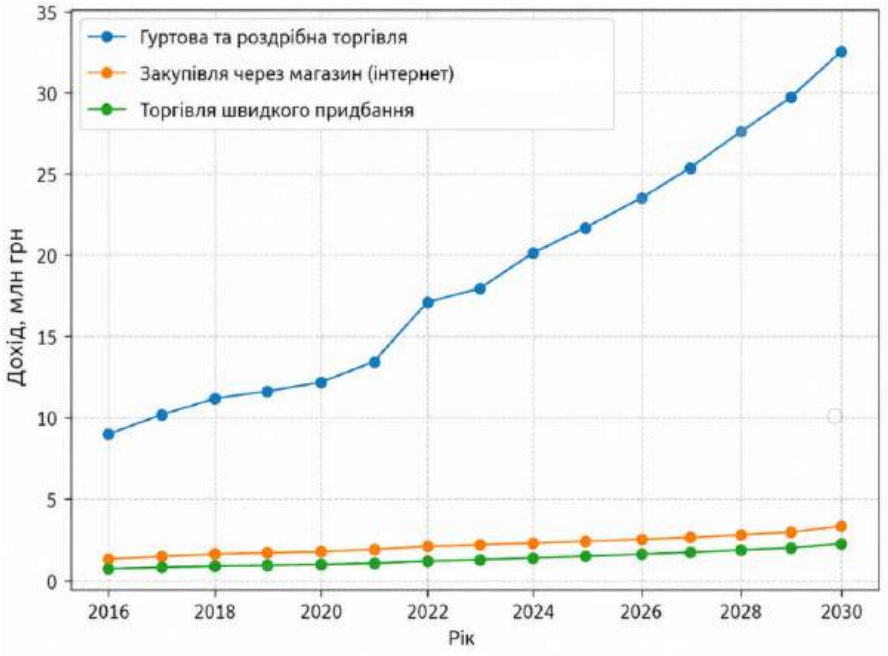


Рис. 2 – Довгострокове прогнозування доходів

Точне прогнозування сезонних коливань попиту з обов'язковою оцінкою його точності дає змогу підприємствам:

- Оптимізувати рівень складських запасів, зменшивши як ризик дефіциту, так і витрати на надлишкове зберігання;
- Раціонально планувати закупівлі перед піковими періодами;
- Підвищити ефективність використання різних каналів збуту;
-Поліпшити фінансове планування з урахуванням інфляційних ризиків і можливих помилок прогнозу.

Висновок. Проведений аналіз підтвердив, що попит на конструктивні елементи техніки агропромислового комплексу має чітку закономірність та виражений сезонний характер з глибокими спадами в зимовий період і значними підйомами навесні та восени. Найвища волатильність спостерігається в каналі швидкого придбання запчастин.

Сучасний арсенал методів прогнозування дозволяє ефективно працювати з такими даними. Оцінка точності за допомогою існуючих метрик дає змогу порівнювати моделі, виявляти їх сильні та слабкі сторони та обирати оптимальний підхід залежно від характеру попиту.

Поєднання сезонного аналізу, урахування інфляційних процесів і сучасних методів моделювання з обов'язковою кількісною оцінкою точності прогнозу дозволяє суттєво підвищити якість планування, знизити операційні ризики та забезпечити стабільну роботу системи технічного сервісу підприємств АПК.

Список використаної літератури

1. Дані з продажу конструктивних елементів аграрної техніки : внутрішні документи.
2. Лазебник В. В. Моделі прогнозування попиту на агросервісні послуги в умовах сезонності : монографія / В. В. Лазебник. – Київ : ЦУЛ, 2020. – 248 с.

3. Guimarães C. B. Demand forecasting for high-turnover spare parts in agricultural and construction machines: a case study / C. B. Guimarães, R. G. de Oliveira, L. F. R. de Oliveira // Computers & Industrial Engineering. – 2022. – Vol. 163. – P. 107–118.

4. Qiu C. Data Classification and Demand Prediction Methods for Agricultural Machinery Spare Parts / C. Qiu, Y. Li, X. Wang // Mathematical Problems in Engineering. – 2021. – Article ID 6689456. – 12 p.

5. Аналіз активності клієнтів компанії по закупівлі запасних частин / М. Ю. Вітковський, О. А. Науменко // Технічний прогрес в АПК : матеріали XX Міжнар. наук.-практ. конф., Держ. біотехнол. ун-т, 21-22 трав. 2025 р. - Харків : ДБТУ, 2025. - С. 514-518.

6. Еволюція концепції ремонту і обслуговування (технічного сервісу) техніки АПК / О. А. Науменко // Крамаровські читання : зб. тез доп. XI МНТК з нагоди 117 річниці від дня народж. Крамарова В. С. (1906-1987), м. Київ, 22-23 лют. 2024 р. - Київ : НУБіП України, 2024. - С. 234-235.

УДК 620.193.8:678.7

САМОВІДНОВЛЮВАЛЬНІ ПОЛІМЕРНІ ПОКРИТТЯ ДЛЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН: МЕХАНІЗМИ ФУНКЦІОНУВАННЯ, ТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ

Винник-Чаплинський М.О., здобувач РВО магістр, Калюжний О.Б., к.т.н., доц.

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

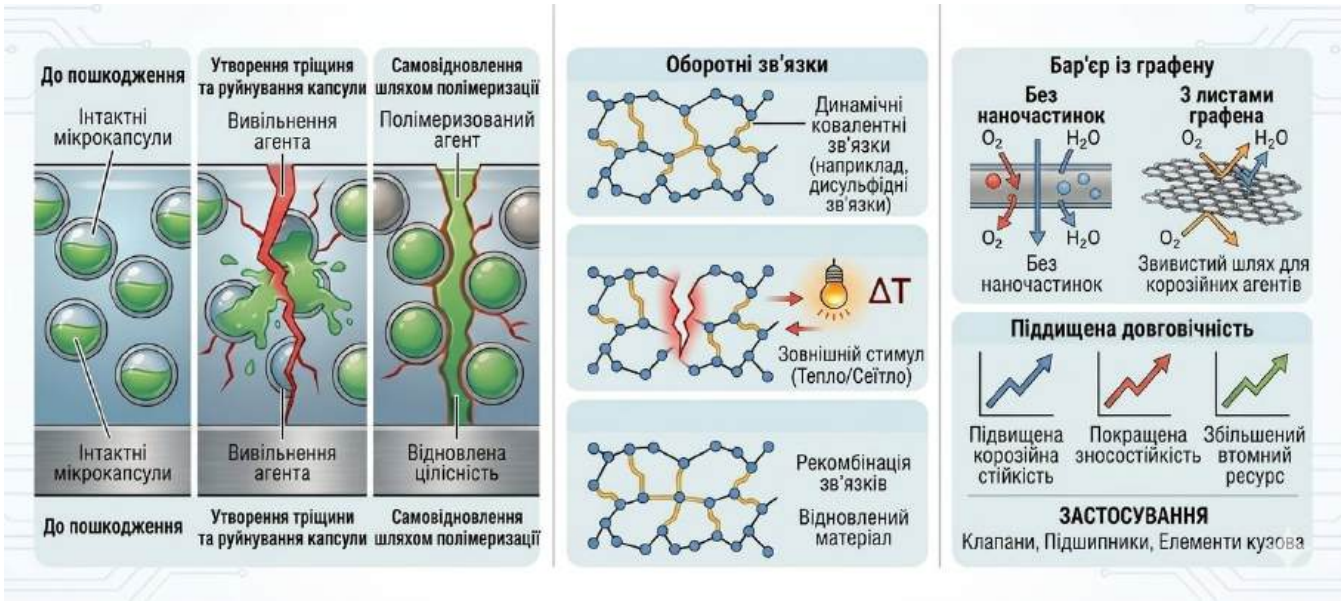
У роботі розглянуто фізико-хімічні основи функціонування самовідновлюваних полімерних покриттів для деталей машин. Проаналізовано механізми самовідновлення, сучасні підходи до формування полімерних та нанокомпозитних покриттів, а також їх вплив на корозійну стійкість і зносостійкість поверхонь. Наведено приклади практичного застосування та визначено ключові фактори, що обмежують ефективність використання таких матеріалів.

Умови експлуатації деталей машин характеризуються інтенсивною дією механічних навантажень, температурних коливань та агресивних середовищ, що призводить до деградації поверхневих шарів матеріалів. Основними видами руйнування є абразивний знос, втомне тріщиноутворення та корозія, які знижують експлуатаційну надійність конструкцій. У зв’язку з цим важливого значення набуває створення функціональних покриттів, здатних не лише виконувати захисну роль, але й активно реагувати на пошкодження. До таких матеріалів належать самовідновлювані полімерні покриття, в яких реалізується здатність до відновлення структури після локального руйнування [1].

Фізико-хімічна сутність самовідновлення полягає у відновленні міжмолекулярних або ковалентних зв’язків у зоні пошкодження, що забезпечує відновлення цілісності та бар’єрних властивостей покриття рис. 1. У системах з

екструзінтним механізмом самовідновлення в полімерну матрицю вводяться мікрокапсули або наноконтейнери, що містять реакційно здатні речовини. Як показано на рис 1а, при утворенні тріщини відбувається руйнування оболонок капсул, вивільнення відновлювального агента та його полімеризація в зоні дефекту, що призводить до «заліковування» пошкодження [2]. Ефективність такого процесу визначається розміром і концентрацією капсул, а також швидкістю полімеризаційних реакцій.

Інтринзичні системи самовідновлення базуються на використанні полімерів з динамічними зв’язками, здатними до оборотного розриву та рекомбінації. На рис. 1б. продемонстровано роботу динамічних ковалентних зв’язків, які розриваються при пошкодженні та відновлюються під дією зовнішнього стимулу (наприклад, тепла). Найбільш поширеними є дисульфідні, іміно- та водневі зв’язки, а також реакції типу Diels–Alder, які забезпечують багаторазове відновлення матеріалу. У таких покриттях процес самовідновлення відбувається за рахунок дифузії макромолекул і повторного формування міжмолекулярних взаємодій, що дозволяє відновлювати механічні властивості без введення додаткових реагентів [3].



а б в

Рис. 1. Механізни самовідновлення полімерних покриттів для деталей машин.

а - Екстринзитний механізм самовідновлення: візуалізація процесу руйнування мікрокапсул та подальшої полімеризації агента в зоні тріщини.

б - Інтринзитний механізм на основі динамічних зв'язків: схема рекомбінації структури вітримерів під дією зовнішнього температурного стимулу.

в - Роль наноматеріалів у захисних покриттях: порівняння бар'єрного ефекту чистого полімеру та нанокомпозиту з листами графену, а також графіки підвищення довговічності.

Важливим чинником підвищення ефективності самовідновлюваних покриттів є використання нанонаповнювачів. Введення графену, вуглецевих

нанотрубок або наночастинок оксидів металів забезпечує підвищення міцності, адгезії та бар'єрних властивостей покриття. Наноструктуровані компоненти формують додаткові шляхи розсіювання напружень, зменшують швидкість поширення тріщин та підвищують стійкість до проникнення корозійно-активних середовищ рис. 1в, [4]. Крім того, наноматеріали можуть виконувати функцію носіїв інгібіторів корозії, що підвищує функціональність покриттів.

Технології отримання самовідновлюваних покриттів ґрунтуються на використанні полімерних систем різної природи, зокрема епоксидних, поліуретанових та поліуреєвих композицій. Епоксидні покриття характеризуються високою адгезією до металів та хімічною стійкістю, тоді як поліуретанові системи відзначаються еластичністю та здатністю до деформації без руйнування. Перспективним напрямом є застосування вітримерів — полімерів з динамічною сітчастою структурою, які поєднують високу термостійкість із можливістю самовідновлення та переробки [5]. Формування покриттів здійснюється методами напилення, занурення, електрофоретичного осадження та адитивного нанесення, що дозволяє отримувати однорідні шари із заданими властивостями.

Функціональні властивості самовідновлюваних покриттів визначаються їх здатністю зберігати бар'єрні та механічні характеристики після пошкодження. У процесі експлуатації такі покриття забезпечують зниження швидкості корозії металів за рахунок блокування доступу вологи та агресивних іонів до поверхні. В умовах циклічних навантажень самовідновлення сприяє зменшенню накопичення мікропошкоджень та підвищенню втомної довговічності матеріалів [6]. У вузлах тертя застосування таких покриттів дозволяє знизити коефіцієнт тертя та інтенсивність зношування.

Практичне використання самовідновлюваних покриттів охоплює широкий спектр деталей машин, включаючи вали, підшипникові вузли, корпусні елементи та поверхні тертя. У транспортному машинобудуванні вони застосовуються для захисту кузовних елементів та силових агрегатів, а в енергетичному обладнанні — для підвищення стійкості до корозії та ерозії. Використання таких покриттів дозволяє зменшити витрати на технічне обслуговування та підвищити надійність роботи обладнання [2].

Разом з тим, існують обмеження, що стримують широке впровадження самовідновлюваних покриттів. До них належать складність синтезу полімерних систем з контрольованими властивостями, необхідність забезпечення стабільності самовідновлення протягом тривалого часу та можливе зниження механічної міцності при введенні функціональних добавок. Важливою проблемою є також забезпечення балансу між швидкістю відновлення та експлуатаційними характеристиками покриття [7].

Таким чином, самовідновлювані полімерні покриття є ефективним засобом підвищення довговічності деталей машин за рахунок реалізації механізмів автономного відновлення. Їх подальший розвиток пов'язаний із удосконаленням складу матеріалів, оптимізацією технологій нанесення та розширенням

функціональних можливостей, що дозволить забезпечити комплексний захист конструкцій в умовах інтенсивної експлуатації [8].

Список використаних джерел

1. Tian W., Li Y., Wang X., Zhang H. Self-healing anti-corrosion coatings. *Coatings*, 2025. https://doi.org/10.3390/coatings15060620

2. Zhang X., Liu Y., Chen Z., Wang L. Smart anticorrosion coatings. *J. Mater. Sci. Technol.*, 2022. https://doi.org/10.1016/j.jmst.2021.11.042

3. Yang Y., Urban M.W. Self-healing polymeric materials. *Prog. Polym. Sci.*, 2021. https://doi.org/10.1016/j.progpolymsci.2021.101320

4. Li Y., Zhang H., Wang X., Zhao J. Graphene-based self-healing coatings. *Prog. Org. Coat.*, 2021. https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2021.106231

5. Córdoba A., Martínez R., López D., Sánchez F. Vitrimer-based coatings. *Polymers*, 2025. https://doi.org/10.3390/polym17233154

6. uo J., Chen Y., Zhang Q., Li X. Self-healing polyurea coatings. *Polymers*, 2022. https://doi.org/10.3390/polym14142808

7. Kim S., Park J., Lee K., Choi H. Evaluation of self-healing coatings under industrial conditions // *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*. – 2023. – Vol. 118. – P. 45-56. https://doi.org/10.1016/j.jiec.2023.04.024

8. Zhang Y., Liu X., Wang J., Chen H. Review of stimulus-responsive self-healing coatings. *Prog. Org. Coat.*, 2026.
https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2025.109669.

Секція 7

ОБЛАДНАННЯ ПЕРЕРОБНИХ І ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

УДК 664.6.05

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕРМІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ ХЛІБОПЕКАРСЬКИХ ВИРОБНИЦТВ ШЛЯХОМ ІНТЕГРАЦІЇ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТА ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Маяк О.А., канд. техн. наук, доцент, Ходаковський О.А., студент

Державний біотехнологічний університет

У роботі розглянуто сучасні напрямки модернізації термічного обладнання хлібопекарських виробництв з метою підвищення його енергоефективності. Проаналізовано ефективність впровадження гібридних систем нагріву, новітніх ізоляційних матеріалів та систем рекуперації тепла.

Вступ. Сучасний етап розвитку харчової промисловості України вимагає радикального переосмислення підходів до організації технологічних процесів. Хлібопекарське виробництво є одним із найбільш енергомістких секторів харчової індустрії. Основна частка енергетичних витрат (до 70%) припадає на етап випікання готової продукції. У зв'язку з постійним зростанням вартості енергоносіїв та жорсткими екологічними вимогами, модернізація пекарського обладнання є пріоритетним завданням для науковців та інженерів [1, 2].

Актуальність проблеми. Більшість вітчизняних підприємств експлуатують хлібопекарські печі застарілих конструкцій [2]. Вони мають низький коефіцієнт корисної дії, високі теплові втрати у навколишнє середовище та не забезпечують гнучкого регулювання параметрів випікання. Удосконалення цього обладнання дозволить не лише знизити собівартість продукції, а й суттєво підвищити її якісні показники.

Аналіз останніх досліджень та інновацій. Сучасна світова практика модернізації хлібопекарських печей розвивається у кількох взаємопов'язаних напрямках:

1. Оптимізація теплоізоляційних матеріалів. Заміна традиційної мінеральної вати на інноваційні багатошарові композити та наноструктуровані керамічні матеріали дозволяє зменшити товщину стінок печі при одночасному зниженні втрат тепла через корпус [3].

2. Впровадження гібридних систем нагріву. Поєднання конвекційного нагріву з інфрачервоним випромінюванням середнього та далекого діапазону забезпечує інтенсифікацію теплообміну. Інфрачервоні промені проникають всередину тістової заготовки, прискорюючи прогрів серцевини та скорочуючи загальний час випікання на 15–20%.

3. Рециркуляція та рекуперація тепла. Використання теплоти відхідних димових газів та пароповітряної суміші для попереднього підігріву води, повітря або термоолив дозволяє повернути у виробничик цикл значний обсяг енергії [4].

Перспективи цифровізації та автоматизації. Найбільш перспективним вектором модернізації є перехід від механічного керування до інтелектуальних систем автоматизації на базі штучного інтелекту та концепції «Індустрія 4.0» [5].

Сучасна хлібопекарська піч повинна функціонувати як кіберфізична система. Впровадження високоточних оптичних і лазерних датчиків дозволяє в режимі реального часу відстежувати зміну об'єму заготовки, колір скоринки та вологість всередині пекарної камери. На основі цих даних адаптивна система управління самостійно коригує температурний графік, швидкість руху конвеєра (або обертання ротора) та подачу пари. Це мінімізує вплив людського фактора та унеможливлює появу браку.

Модернізація пальників та перехід на альтернативні джерела енергії (наприклад, використання пелет, водневих сумішей або електричної енергії з відновлюваних джерел) суттєво знижує викиди вуглекислого газу. Окрім цього, сучасні системи конденсації пари дозволяють утилізувати надлишкову вологу, зменшуючи навантаження на стічні системи підприємства.

Висновки. Удосконалення обладнання хлібопекарських виробництв, зокрема печей, є комплексним завданням. Воно поєднує в собі матеріалознавство, теплотехніку та цифрові технології. Перехід на гібридні методи нагріву, використання рекуператорів та впровадження інтелектуальних систем автоматичного керування дозволяють досягти синергетичного ефекту: знизити енергоємність виробництва, підвищити екологічну безпеку та гарантувати стабільно високу якість хлібобулочних виробів.

Список використаних джерел

1. Технологічне обладнання хлібопекарських і макаронних виробництв : підручник / О. Т. Лісовенко, О. А. Руденко-Грицюк, І. М. Литовченко та ін. ; за ред. О. Т. Лісовенка. – К. : Наукова думка, 2000. - 284 с.

2. Технологічне обладнання та автоматизація виробничих процесів. Ч. 1 Технологічне обладнання: конспект лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної (заочної) форм навчання за спец. 181 «Харчові технології»; уклад.: О. А. Маяк, А. О. Шевченко. Харків: ДБТУ, 2024. 67 с.

3. Карпюк Т. О. **Підвищення ефективності роботи хлібопекарських печей** // *Інноваційні технології харчових виробництв і торгівлі: погляд молодих вчених : матеріали Всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених, аспірантів і студентів*. – Тернопіль : ТНТУ, 2025. – С. 88–90.

4. Зварич Н. **Шляхи адаптації хлібопекарського виробництва до умов сьогодення** // Стан і перспективи харчової науки та промисловості: *матеріали конф.* – Тернопіль : ТНТУ, 2025. – С. 131–132.

5. Шпак Н. О., Кісь С. Ю.. Формування стратегій розвитку «розумних підприємств» в умовах індустрії 4.0. Цифрова економіка та економічна безпека 2024. №5 (14). с. 166–171.

УДК 664.002.5:004.942

КОНЦЕПЦІЯ СИНЕРГЕТИЧНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ ХАРЧОВОГО ОБЛАДНАННЯ НА ОСНОВІ COMPUTER-AIDED ENGINEERING ТА ПРЕДИКТИВНОГО МОНІТОРИНГУ

Маяк О. А., канд. техн. наук, доцент, Лавренюк В.В, студент

Державний біотехнологічний університет

У роботі обґрунтовано теоретико-прикладні засади синергетичної оптимізації конструктивних елементів харчового обладнання. Визначено перспективні вектори розвитку галузевого машинобудування через інтеграцію адитивного виробництва та впровадження предиктивного моніторингу на основі цифрових двійників і штучного інтелекту.

Розвиток переробних галузей вимагає постійної інтенсифікації технологічних процесів шляхом підвищення робочих швидкостей, тисків та температур [1-4]. Проте це зумовлює критичне зростання динамічних та вібраційних навантажень на конструктивні елементи машин, які додатково зазнають абразивного та корозійного впливу робочих середовищ. Традиційні підходи до конструювання, що базуються на заліковому збільшенні коефіцієнтів запасу міцності, призводять до надмірної металоємності, зниження енергоефективності та появи застійних зон. Відтак, існує наукова потреба у формуванні комплексної методології, яка поєднує інтелектуальне проектування, диференційоване матеріалознавче зміцнення та предиктивний контроль стану обладнання.

Мета дослідження. Обґрунтування теоретико-прикладних засад наскрізної модернізації робочих органів харчових апаратів шляхом інтеграції комп'ютерного аналізу, покращення вузлів та впровадження предиктивних моделей керування їхнім життєвим циклом.

У роботі запропоновано відхід від класичного нарощування маси деталей на користь параметричної та топологічної оптимізації за допомогою інструментів CAE (Computer-Aided Engineering). Використання систем числового моделювання дозволяє перерозподілити матеріал у зонах мінімальних еквівалентних напружень, формуючи полегшені біонічні структури із заданими показниками жорсткості. Обов'язковим елементом проектування визначено модальний аналіз для усунення ризиків резонансних явищ. Паралельно оптимізується матеріальна база: обґрунтовано заміну конструкційних сталей загального призначення на леговані та високовуглецеві сплави у навантажених вузлах, а також використання інженерних полімерів та антифрикційних бронз у парах тертя, стійких до санітарної обробки.

Перспективи модернізації галузевого обладнання полягають в наступному. Змішувальні комплекси: оптимізація конфігурації лопатей для усунення гідродинамічних мертвих зон та зниження енерговитрат приводу. Подрібнювальні апарати: підвищення експлуатаційного ресурсу різальних

елементів за рахунок диференційованого термозміцнення та динамічного балансування. Тепло- та масообмінні апарати: інтенсифікація процесів переносу через геометричну перебудову поверхонь контакту фаз та турбулізацію потоків середовищ.

Ключовим вектором розвитку визначено перехід до динамічного моніторингу на основі концепції цифрових двійників (Digital Twins) та алгоритмів штучного інтелекту. Застосування адитивного виробництва (3D-друку) з біосумісних матеріалів вирішує проблему виготовлення складних оптимізованих деталей. Створення гібридної цифрової моделі апарата, яка в режимі реального часу аналізує дані з бездротових сенсорів, дозволяє детектувати первинні експлуатаційні аномалії. Нейромережеві алгоритми забезпечують предиктивне обслуговування (Predictive Maintenance), прогнозуючи залишковий ресурс вузлів до моменту виникнення аварійної ситуації.Висновки. Запропонована концепція синергетичного поєднання CAE-моделювання, матеріалознавчого супроводу та інтелектуального моніторингу закладає основу для створення харчового обладнання нового покоління. Відмова від надлишкової матеріалоємності на користь топологічної реконфігурації та предиктивного ремонту дозволяє забезпечити стабільну безвідмовність ліній та оптимізувати енергетичні режими виробництва.

Список використаних джерел

1. Самойчук К. О., Бойко В. С., Олексієнко В. О. Основи розрахунку та конструювання обладнання переробних і харчових виробництв : підручник. - Мелітополь : ММД, 2020. - 428 с.

2. Маяк О. А., Косточка О. Д. Вакуумне сушіння плодоовочевих вичавків. – Сталий ланцюг харчування та безпека крізь науку, знання та бізнес : тези доповідей II Міжнар. наук.-практ. конф. (м. Харків, 15 травня 2025 р.). – Харків : ДБТУ, 2025. – С. 168–169. – URI: https://repo.btu.kharkiv.ua/handle/123456789/68251.

3. Інженерні рішення в обладнанні для виробництва харчової продукції масового споживання / В. М. Михайлов, А. О. Шевченко, С. В. Прасол, Б. В. Михайлов, О. І. Бабанова // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. пр. – Харків : ДБТУ, 2024. – Вип. 2 (36). – С. 146-155.
https://dspace.nuft.edu.ua/items/f91d5d0d-cd01-4c8f-84d3-9bb54ea59082

4. Potapov V., Mayak O. The new structural design of scraper mixer for viscous medium mixing. – Journal of Industrial Technology and Engineering. – 2013. – No. 4 (09). – P. 16-21.

УДК 664.002.5:004.896

ПРИКЛАДНЕ ЗАСТОСУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНОГО ІНЖИНІРИНГУ ДЛЯ УДОСКОНАЛЕННЯ ХАРЧОВОГО ОБЛАДНАННЯ

Маяк О. А., канд. техн. наук, доцент, Косточка О.Д., магістр

Державний біотехнологічний університет, м. Харків, Україна

У роботі обґрунтовано прикладні засади удосконалення харчового устаткування на основі диференційованого аналізу гідромеханічних, механічних та теплових апаратів. Завдяки інструментам обчислювальної гідродинаміки, аналізу напружено-деформованого стану та теплового моделювання запропоновано конструкційні рішення для усунення кавітації, застійних зон і температурних деформацій. Доведено, що інтеграція безперервної вібродіагностики та цифрових двійників забезпечує предиктивний захист робочих органів машин від передчасного зносу й накипоутворення.

Вступ та формулювання проблеми. Сучасний вектор розвитку та глобальної модернізації підприємств переробного комплексу диктує необхідність докорінного переходу від класичних емпіричних методів конструювання до цільового, високоточного інженерного аналізу кожної окремої групи технологічних машин [1-10]. На нинішньому етапі інтенсифікації виробництва галузеві гідромеханічні, механічні та теплові апарати часто функціонують у екстремальних експлуатаційних режимах. Тривала експлуатація обладнання супроводжується комплексним впливом складних деструктивних факторів: критичними динамічними навантаженнями, агресивним абразивним і корозійним зносом, гідродинамічною кавітацією, а також нерівномірними локальними температурними деформаціями елементів конструкцій. Існуюча на більшості підприємств практика планово-попереджувальних ремонтів та обслуговування за жорстким часовим регламентом продемонструвала свою повну неефективність, оскільки вона принципово не здатна детектувати зародження прихованих мікродефектів і попередити раптові катастрофічні відмови вузлів у міжремонтний період. Водночас, традиційний інженерний підхід, що полягає у потовщенні стінок корпусів, збільшенні діаметрів валів чи штучному нарощуванні металоємності, є неефективним [11]. Такі рішення призводять до невиправданого ускладнення конструкцій, суттєво підвищують їхню інерційність, погіршують загальну енергоефективність ліній та провокують виникнення додаткових застійних зон. У зв'язку з цим постає гостре науково-технічне протиріччя між потребою у форсованих режимах роботи переробних агрегатів та обмеженнями їхньої конструкційної надійності. Відтак, актуальною науковою задачею є розробка та практична реалізація диференційованих прикладних рішень, що базуються на синергетичній інтеграції наскрізного комп'ютерного CAE-моделювання на етапі проектування та інтелектуального предиктивного моніторингу в реальному часі для конкретних функціональних класів галузевого харчового обладнання.

Мета дослідження. Практичне обґрунтування підходів до оптимізації конструкцій та прогнозування технічного стану гідромеханічних, механічних і теплових апаратів харчових виробництв.

Прикладні рішення для гідромеханічного обладнання. Робота центрифуг, сепараторів, насосів та рідинних мішалок супроводжується ризиками гідродинамічних ударів, кавітаційного руйнування та утворення мертвих зон, де продукт може псуватися. Застосування методів обчислювальної гідродинаміки (CFD-моделювання) дозволяє оптимізувати геометрію проточної частини насосів та форму лопатей змішувачів [4]. Це забезпечує ламінеризацію потоків та усуває зони застою. Інтеграція предиктивних MEMS-датчиків тиску та вібрації на корпусах насосних агрегатів дозволяє виявляти початкові стадії кавітації за акустичним спектром, запобігаючи ерозії робочих коліс.

Оптимізація та моніторинг механічного обладнання. Дробарки, подрібнювачі, преси та конвеєри функціонують в умовах високих ударних, знакозмінних навантажень та абразивного стирання. Для цієї групи обладнання ключовим є розрахунок напружено-деформованого стану (FEM-аналіз) валів та різальних органів з метою усунення концентраторів напружень. Топологічна оптимізація рам і корпусів дозволяє знизити вагу рухомих частин без втрати жорсткості. У трибосистемах обґрунтовано заміну вузлів тертя на інженерні полімери та леговані цементовані сталі. Безперервна вібродіагностика підшипникових вузлів та приводів дробарок за допомогою нейромереж дає змогу прогнозувати втомні тріщини та знос ножів задовго до аварійного заклинювання.

Інтенсифікація та предиктивний захист теплового обладнання. Пластинчасті теплообмінники, випарні апарати та сушарки піддаються постійним циклічним температурним розширенням, а також внутрішньому обростанню накипом і пригарами продукту. За допомогою теплового комп’ютерного аналізу розроблено оптимальні конфігурації гофрування пластин, які створюють мікротурбулізацію потоку та покращують теплопередачу. Для запобігання критичного зниження ККД через забруднення поверхонь реалізовано концепцію цифрового двійника теплообмінника. На основі безперервного порівняння математичної моделі з поточними даними датчиків температури та витрат система штучного інтелекту точно визначає товщину шару накипу і сигналізує про необхідність проведення безрозбірної CIP-мийки.

Висновки. Диференційований підхід до модернізації харчового устаткування дозволяє розв’язати специфічні проблеми кожного класу машин. Впровадження інструментів комп’ютерного інжинірингу та предиктивного сервісу забезпечує ліквідацію кавітації у гідромеханічних вузлах, знижує динамічні навантаження в механічних приводах та оптимізує режими теплопередачі в теплових апаратах, мінімізуючи виробничі простої переробних підприємств.

Список використаних джерел

1. Самойчук К. О., Бойко В. С., Олексієнко В. О. Основи розрахунку та конструювання обладнання переробних і харчових виробництв : підручник. - Мелітополь : ММД, 2020. - 428 с.

2. Experimental and simulation modeling of the heat exchanche process while boiling vegetable juice / A. Cherevko, O. Mayak, S. Kostenko, A. Sardarov. - Prohresyvni tekhnika ta tekhnolohiyi kharchovykh vyrobnytstv, restorannoho hospodarstva i torhivli. – 2019. – T. 1 (29). – P. 75–85.

3. Одновол Д. Г. Моделювання технологічних процесів харчових виробництв засобами СКМ Matlab як інструмент підвищення якості освіти та виробництва // Розвиток сучасної науки та освіти : реалії, проблеми якості, інновації: матеріали VI Міжнародної наук.-практ. інтернет-конф. (м. Запоріжжя, 28-30 травня 2025 р.) / [ред.колегія: С. В. Кюрчев, В. О. Радкевич, В. М. Кюрчев та ін.]. Запоріжжя : ТДАТУ, 2025. С. 167-178.

4. Potapov V., Mayak O. The new structural design of scraper mixer for viscous medium mixing. – Journal of Industrial Technology and Engineering. – 2013. – No. 4 (09). – P. 16-21.

5. Актуальний стан технічного регулювання у галузі обладнання для харчової промисловості / І.О. Романчук та ін. Продовольчі ресурси. 2024. Вип. 12(22). С. 150–163. https://doi.org/10.31073/foodresources2024-22-16.

6. ДСТУ EN 1672-1:2022. Харчове обладнання. Основні поняття. Частина 1. Вимоги щодо безпеки (EN 1672-1:2014, IDT). Чинний від 2023-12-31. Вид. офіц. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2022. 22 с.

7. Поперечний А. М., Потапов В. О., Корнійчук В. Г. Моделювання процесів та обладнання харчових виробництв : підручник. – Київ : ЦУЛ, 2012. – 312 с.

8. Технологічне обладнання переробних і харчових виробництв [Текст] : конспект лекцій для здобувачів першого (бакалавр.) рівня вищ. освіти, ден. та заоч. форм навчання спец. 133 Галузеве машинобудування / П. В. Гурський [та ін.] ; Держ. біотехнол. ун-т. - Харків : ДБТУ, 2025. - 330 с..

9. Системний аналіз як інструмент сучасного інжинірингу [Текст] / С. М. Костенко, Н. В. Федак, О. А. Маяк // Науковий вісник Тавр. держ. агротехнол. ун-ту ім. Д. Моторного. - Мелітополь : ТДАТУ, 2022. - Вип. 12, Т. 1. - С. 28-36.

10. Системний аналіз як засіб прогнозування технологічних процесів [Текст] / О. А. Маяк, С. М. Костенко, Н. В. Федак // Сучасна інженерія агропромислових і харчових виробництв : матеріали Міжнар. наук.-практ. конф., ф-т мехатроніки та інжинірингу Держ. біотехнол. ун-ту, 25-26 листоп. 2021 р. - Харків : ДБТУ, 2021. - С. 43-46

11. Експлуатація та обслуговування машин переробних і харчових виробництв [Текст] : курс лекцій для здобувачів першого (бакалавр.) рівня вищ. освіти, ден. та заоч. форм навчання спец. 133 Галузеве машинобудування / П. В. Гурський [та ін.] ; Держ. біотехнол. ун-т. - Харків : ДБТУ, 2025. - 300 с

UDC 664.002.5:621.9.02

DESIGN OF AN ENERGY-EFFICIENT CUTTER KNIFE FOR RESTAURANTS AND THE FOOD INDUSTRY

V. Dub[1], PhD in Tech. Sc., Associate Professor; I. Lebedynets[2], PhD in Tech. Sc., Associate Professor; D. Dmytrevskyi, PhD in Tech. Sc., Associate Professor

[1]Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

[2]State Biotechnological University, Kharkiv, Ukraine

The article considers the problem of increasing the energy efficiency of cutter equipment and proposes a new design of a working body with optimized geometric parameters. Based on an analysis of scientific sources and patent literature, it has been established that energy consumption during cutting significantly depends on the geometry of the cutting edge, and the developed knife with a multi-level serrated sharpening and inclined perforation allows reducing friction, heat generation, and drive power consumption.

Cutter equipment is an integral part of the technological lines of most modern meat processing enterprises, as well as large restaurant establishments that produce semi-finished products from minced meat, fish or poultry. The main working body of the cutter is knives that rotate at high speed (usually 1500–3000 rpm) inside a bowl containing the raw material. The cutting process consists of repeatedly cutting pieces of meat with knives, which is accompanied by their gradual grinding to a homogeneous mince. Despite the widespread use of cutters, the issue of their energy efficiency remains open [1]. The fact is that during operation, a significant part of the electricity consumed by the motor is converted not into useful destruction of the product, but into overcoming the friction forces between the side surfaces of the knives and the meat mass, as well as into heating both the tool and the raw material itself.

That is why the problem of designing a rational geometry of a cutter knife capable of minimizing cutting resistance and friction has not only theoretical but also great practical significance. Any reduction in energy consumption directly affects the cost of finished products, which is especially important in conditions of high competition in the food production market. In addition, reducing heat generation during cutting helps preserve the quality of the mince, since excessive heating causes protein denaturation and deterioration of the product's ability to retain moisture. Therefore, the search for optimal design solutions for cutter knives is an urgent task lying at the intersection of the fracture mechanics of food materials, thermophysics, and technological equipment.

An analysis of the scientific and patent literature on this topic indicates that over the past decades, researchers have focused on studying the influence of individual geometric parameters of knives on energy consumption and grinding quality. In particular, it was found that the sharpening angle of the blade has a nonlinear effect on the wear resistance of the tool and cutting resistance. Experimental data show that when the sharpening angle increases from 20° to 30°, the resistance of the knife to mechanical wear increases by 50–80 percent, but at the same time, the specific energy

consumption for the cutting process increases by 15–25 percent. This fact indicates the need for a compromise choice of sharpening angle depending on the type of raw material being processed. For semi-fat pork, an angle of 25° may be sufficient, while for fatty beef with a large amount of tendons, an angle of 32–35° is recommended.

An important factor that is often underestimated is the blade descent profile. The wedge-shaped profile, the most common in serial knives, creates a wedge effect that actively spreads muscle fibers, but at the same time increases the contact area between the side surfaces and the product, which leads to an increase in friction forces. Convex descents provide a smoother removal of crushed material from the cutting line, reducing lateral pressure on the tool. Concave descents further reduce the contact area, but such knives are less strong when working with solid inclusions (for example, small fragments of bones or ice).

Modern patent developments propose combined profiles where the upper part of the descent is made concave to reduce weight and friction, and a convex micro-profile is formed directly near the cutting edge to increase strength [2].

A separate direction of innovation in the design of cutter knives is a departure from the straight line of the cutting edge. Conventional knives have a straight or slightly curved shape, but studies of the hydrodynamics of the minced meat flow in the cutter bowl have shown that uniform curvature is not always optimal.

Patent sources describe blades with a specially calculated wave-like or crescent-shaped edge, the physical principle of which is as follows: a section with greater curvature more intensively deforms and captures the product, while the next section with less curvature completes the cutting. This approach leads to a distribution of the load not only in space but also in time, which smoothes out the torque pulsations on the motor shaft and reduces peak energy consumption.

Another interesting technical direction involves the use of segmented blades, the individual sections of which are set at different angles of attack, which also ensures stage-by-stage destruction of the product.

Attention to heat generation during cutting deserves separate consideration. Strong friction of the blade against the product leads to heating of both the knife and the meat mass. Experimental studies confirm that heating meat above 10–12 °C relative to the initial temperature can trigger processes of partial protein denaturation on the cut surface. This worsens the functional and technological properties of the minced meat – the water-binding capacity and emulsifying capacity decrease, and finished products have a worse consistency and a more dull color. A properly selected knife geometry that minimizes friction directly improves not only the energy but also the technological indicators of the process.

Some modern researchers propose integrating internal cooling systems into knives, but it is obvious that the effectiveness of such systems also depends on the primary geometry of the descents and the cutting edge.

Based on the analysis of scientific literature and patent sources, as well as taking into account the identified shortcomings of existing structures, the authors of the article developed a new design of a cutter knife, for which an application for a utility model was filed (No. u202504982 dated October 13, 2025). The proposed technical solution

is aimed at overcoming the key disadvantages of analogues, namely high energy consumption and intense heating of minced meat during the technological grinding process.

A sickle-shaped knife with double-sided sharpening was chosen as the basic prototype [3]. However, it also has disadvantages, in particular, during its operation, excessive friction and intense heat transfer occur due to the large contact area of the side surfaces with the product.

The essence of the proposed solution lies in a comprehensive modification of the geometry of both the cutting edge and the knife body. The working edge is made in the form of a circular arc with a displaced center, but with a fundamentally new configuration: one side remains flat for the possibility of classic sharpening and convenient restoration of sharpness in production conditions, while the opposite side is given a complex serrated shape.

This serrated profile is not uniform. It is formed by large teeth with a certain basic pitch, and each of these teeth itself has additional microgeometry – secondary grooves and smaller teeth with a smaller pitch. Such a multi-level structure provides not ordinary uniform cutting, but the so-called "disarticulated cut" effect, when the main tooth distributes stress in the material, and the microgeometry helps to grind individual connective tissue fibers, which are the strongest and most energy-intensive to destroy.

The second key element of the new design is the perforation of the knife body. Unlike simple through holes, which are sometimes used to reduce weight, in the proposed solution the cylindrical holes are made not perpendicular to the side plane of the knife, but at a certain angle to the surface. This performs three functions at once. First, perforation significantly reduces the total contact area of the side surface of the knife with the meat mass, which directly reduces friction forces and hydrodynamic resistance to tool rotation in the thick minced meat environment. Second, additional sharp edges are formed along the edges of each hole, which actually work as many micro-cutting elements that participate in the grinding of the product along with the main blade.

The total active length of the cutting edge thus increases significantly. Third, the inclined holes contribute to better removal of chopped mince from the surface of the knife, reducing the effect of "sticking" and adhesion of the mass to the tool, which also positively affects the reduction of energy consumption.

The asymmetric cross-sectional profile of the knife is another important feature of the proposed design. The cutting edge is formed so that on one side of the blade a wavy surface is formed, corresponding to the serrated side of the cutting edge, and on the other side – an absolutely flat surface. It is this flat surface that is the support for the operation of restoring the sharpness of the tool by regrinding and polishing.

The principle of operation of the developed combined knife is based on a combination of the effects described above. The serrated multi-level edge, instead of uniformly cutting the product, more effectively tears and grinds the connective tissues of the meat, which are the main source of high cutting resistance. The perforated body

with inclined holes significantly reduces the effect of mince sticking, which reduces the hydrodynamic resistance to rotation of the knife in the cutter bowl.

The total result is a reduction in the power consumed by the electric drive of the cutter, as well as the minimization of the proportion of mechanical energy that is inevitably converted into heat. In addition, the reduction in friction extends the service life of both the knives themselves and other drive elements (bearings, gearbox, seals), since dynamic loads and vibrations are reduced.

Thus, the practical value of the proposed development lies in creating prerequisites for reducing the operating costs of food industry enterprises and restaurant establishments. This is achieved through direct electricity savings during cutting, as well as by improving the quality of minced meat. The proposed technical solution can be implemented at existing production facilities for the manufacture of knives for meat processing equipment without significant additional capital investment. The introduction of such knives is advisable both at large industrial meat processing plants and in high-load restaurant establishments.

References

1. Dub, V. V., Tereshkin, O. H., & Paziuk, V. M. (2025). Reduction of energy intensity of the process of grinding meat raw materials at restaurants. *Central Ukrainian Scientific Bulletin. Technical Sciences*, 11(42), part 1, 84-91. URL: https://doi.org/10.32317/2221-1055.202003036

2. Borysenko, O. M., & Petrenko, S. V. (2017). *Working body of a cutter*. Utility model patent No. 112233 Ukraine. (in Ukrainian)

3. Batrachenko, O. V. (2018). *Cutter knife*. Utility model patent No. 116156 Ukraine. (in Ukrainian)

UDC 621.002.3:664

INNOVATIVE STRUCTURAL MATERIALS IN MACHINE BUILDING FOR FOOD PRODUCTION EQUIPMENT

Lebedynets I.V., Ph.D., Associate Professor,
Dmytrevskyi D.V., Ph.D., Associate Professor

State Biotechnological University

The theses consider modern innovative structural materials for machine building of food production equipment. The criteria for material selection are substantiated considering the aggressiveness of food environments, wear resistance requirements, and international safety standards. The directions for application of these materials in friction units, fittings, and working bodies of food equipment are proposed.

Modern machine building for the food industry faces stringent requirements regarding hygiene, corrosion resistance, wear resistance, and thermal stability of structural materials. Traditional corrosion-resistant steel, although dominant in equipment, particularly in the designs of homogenizers, pasteurizers, and bottling lines,

has limitations in terms of weight, cost, and resistance to certain acid-alkaline cleaning agents. The scientific and technical problem lies in overcoming the compromise between mechanical properties, corrosion resistance, and manufacturability. The purpose of this work is to analyze promising classes of innovative structural materials for friction units, working bodies, and housing parts of food equipment, as well as to develop recommendations for their application.

According to EC Regulation 1935/2004 [5], the material of the contact surface must not release toxic substances, absorb product components, or support microbiological contamination. Furthermore, food production equipment operates over a wide temperature range (from –30 °C in freezers to +200 °C in drying units) in contact with acidic, alkaline, and abrasive environments. Traditional machine building uses alloyed steels, cast irons with anti-corrosion coatings, and polymers. However, wear of working bodies due to high loads, cavitation, erosion, and corrosion reduces equipment service life, which necessitates the application of new structural materials.

One of the most innovative structural materials is multi-channel sintered stainless steel membranes with a ceramic coating. X-PORE CEPAration announced the first commercially available multi-channel sintered membranes manufactured from porous stainless steel tubes, sintered and coated with a specialized ceramic layer [1]. Their design includes 7- and 19-channel configurations with a pore size of 0.1 μm and a filtration area of up to 3.28 m² per module. Due to their welded, gasket-free design, these materials demonstrate high chemical, thermal, and mechanical stability, making them particularly suitable for protein concentration processes in the dairy industry while minimizing maintenance downtime. For food machine building, this material opens up prospects for creating compact filtration systems with a long service life without element replacement.

Another promising direction is the application of diamond-like carbon (DLC) coatings on the working surfaces of food equipment parts. For the processing and food industry, DLC coatings provide extremely low surface energy (20-30 mN/m) compared to corrosion-resistant steel (approximately 700 mN/m). This dramatically reduces the adhesion of highly viscous food products such as caramel, chocolate masses, cheese pastes, and minced meat [2]. Such a coating, composed primarily of carbon, is a GRAS substance (Generally Recognized As Safe) and complies with the requirements of the US FDA Code of Federal Regulations (21 CFR 175.300) and EU Regulation 10/2011 on plastic materials intended to come into contact with food.

According to manufacturer data, the application of DLC coatings on dosing valves, cutting knives, and pump elements makes it possible to reduce residual product adhesion by 90% or more, increase the durability of cutting tools by 3-5 times, and ensure surface roughness $Ra < 0.1$ μm. This prevents the formation of biofilms and also eliminates corrosion and the migration of metal ions into the food product. For food equipment machine building, this means the possibility of applying DLC coatings to dosing valves, screw pump rotors, cutter knives, and bulk product dispensers, which significantly increases the service life and hygiene of equipment. Furthermore, the high hardness of DLC coatings (up to 70 GPa) and low coefficient of friction (approximately 0.1) ensure efficient operation in a friction pair without additional lubrication. This is

especially important for equipment where lubricants are not permitted due to the risk of contact with the food product.

Considerable attention in modern food machine building is also paid to polymer anti-adhesion coatings based on polytetrafluoroethylene (PTFE). Research shows that the combination of a corrosion-resistant steel body with a PTFE coating on dosing units can reduce equipment cleaning time by 60 % and prevent the accumulation of product residues between batches [3]. The application of such coatings is particularly effective for equipment operating with viscous and bulk media: pastes, powders, flour, icing sugar, and cocoa powder. PTFE coating is non-toxic, inert to most chemical reagents, has a coefficient of friction of 0.05-0.10, and maintains its properties over a wide temperature range from -200 to +260 °C.

However, it should be noted that pure PTFE has limited wear resistance under abrasive wear. Therefore, modern innovative solutions involve the introduction of reinforcing fillers, for example, fiberglass, carbon nanotubes, graphite, or molybdenum disulfide. Such innovations can increase the wear resistance of these coatings by 2-3 times without deteriorating their anti-adhesion properties. For food machine building, this provides the opportunity to create, for example, durable replaceable inserts for screw presses, lobe pumps, and dosing devices operating with abrasive food products.

For cases where the application of coatings is technologically complex or economically impractical, modern food machine building offers methods for modifying the surface of corrosion-resistant steel itself. After mechanical processing on CNC machines, types of treatment such as electropolishing, passivation, and shot blasting are applied [4].

Electropolishing provides maximum surface smoothness with a roughness of Ra up to 0.1 μm and removes the defective layer formed after mechanical processing. This increases the corrosion resistance of the material by 2-3 times, as microcracks and work-hardened areas where corrosion could begin are eliminated. Passivation is a chemical treatment that removes free iron from the surface and creates a protective oxide layer of Cr_2O_3 with a thickness of 1-5 nm. This layer is critically important for the operation of equipment in aggressive food environments, as it prevents the leaching of alloying elements and subsequent pitting corrosion. Shot blasting allows obtaining a specified surface roughness to optimize hydraulic resistance in pipes and fittings, which is especially important for dairy and beer productions, where hygienic requirements are combined with the need to minimize pressure losses.

For food equipment, the key criterion for selecting structural steel is the Pitting Resistance Equivalent (PRE). For the common corrosion-resistant steel AISI 304 (analog 1.4301), this indicator ranges from 18–20, while for steel with a higher content of alloying elements, AISI 316 (1.4401), it reaches 26–32. For operation in particularly aggressive environments such as brines, marinades with high chloride content, and fermented milk products, steels with increased molybdenum and nitrogen content providing PRE > 40 are recommended.

When designing new food equipment, it is necessary to incorporate a modular principle that allows the replacement of traditional materials with innovative ones without completely changing the design. This means that critical components (valves,

seals, pump working bodies) should be designed as replaceable elements that can be manufactured from different materials depending on the specific technological task.

The analysis allows us to formulate the following recommendations for the selection of structural materials for food equipment depending on operating conditions. For highly abrasive environments such as food suspensions, ground grains, salt, and sugar, the most appropriate is the application of DLC coatings or reinforced PTFE composites. For highly viscous products (sauces, pastes, cheese masses, chocolate), the use of DLC or PTFE coatings is optimal. For aggressive liquid environments (fruit juices, fermented milk products, marinades), the use of electropolished and passivated steel 1.4401 (AISI 316) is recommended. For high-precision dosing and filtration, the most effective are sintered metal-ceramic membranes, which provide thermal stability up to 400 °C and chemical resistance over a wide pH range.

In summary, it should be noted that none of the materials considered are universal. For highly loaded friction units in aggressive liquids, the most appropriate are DLC coatings, which combine high hardness, low friction, and chemical inertness. For narrow control valves and flow sensors, where dosing accuracy and the absence of adhesion are important, PTFE or DLC coatings are optimal. In the case of food productions with frequent sanitary treatments (CIP cleaning), high-alloy steels with PRE > 30, alloyed with molybdenum and nitrogen, as well as electropolished surfaces, are recommended.

To date, domestic machine-building enterprises predominantly use traditional structural materials, particularly corrosion-resistant steels without surface modification. This leads to rapid wear of working bodies, high product adhesion, and an increase in equipment downtime by 15-25% compared to European indicators. A constraining factor for the implementation of DLC and PTFE coatings is the high cost of imported analogues and the absence in Ukraine of certified facilities for applying such coatings that comply with the requirements of the FDA and EU 10/2011. Therefore, a promising direction is the development of own production facilities for surface treatment in Ukraine.

In conclusion, it can be said that the implementation of the considered innovative materials in domestic food machine building is feasible and economically justified, as it will increase energy efficiency and equipment service life, reduce sanitary treatment time, and decrease dependence on imported analogues.

References

1. X-PORE CEPAration. (2025). Multi-channel stainless steel sintered metal membranes for dairy protein concentration. Membrane Technology Forum 2025. URL: https://www.dairyfoods.com/articles/98302-x-pore-ceparation-introduces-worlds-first-commercially-available-multi-channel-stainless-steel-sintered-metal-membranes

2. DLC涂层在食品加工机械中的应用：防粘与易清洁特性分析. (2025). *食品加工机械表面处理技术*. URL: https://dgnalong.net/sys-nd/632.html

3. 304不锈钢 + 特氟龙涂层：粉末灌装机易清洁升级方案. (2025). *上海圣刚灌装机技术通报*. URL: http://www.cnshsg.net/News-157880.html

4. CNC Northeim. (2025). Hygienic Production Facilities: CNC Manufacturing for the Food Industry – Material selection (1.4301, 1.4401) and surface treatments (electropolishing, passivation). CNC Manufacturing for Food Industry. URL: https://cnc-cn.de/en/hygienic-production-facilities-cnc-manufacturing-for-the-food-industry/

5. European Commission. (2004). Regulation (EC) No 1935/2004 on materials and articles intended to come into contact with food. Official Journal of the European Union, L338/4.

УДК 621.867.42

ДО ПИТАННЯ ВИБОРУ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ГВИНТОВИХ КОНВЕЄРІВ

Лук'янов І.М., к.т.н., доц., Шевченко А.О., к.т.н., доц.,
Некрасов М.О., магістрант, Вінда А.А., бакалавр

Державний біотехнологічний університет

Наведено дослідження з підвищення ефективності виробництва комбікормів шляхом обґрунтованого вибору типу підсилосного гвинтового конвеєра для розвантаження силосів плоского дна. Встановлено, що під час проєктування висотних позначок доцільним є застосування класичного багатосекційного конвеєра із жорстким суцільним валом.

Метою досліджень є підвищення ефективності виробництва комбікормів в окремому господарстві шляхом обґрунтування вибору типу підсилосного гвинтового конвеєра, який забезпечить стабільне та безпечне розвантаження силосів плоского дна з мінімальними експлуатаційними витратами.

Україна на світовому ринку виробництва зернових упевнено входить до першої десятки лідерів, причому пшениця, кукурудза та олійні культури становлять основу експортного потенціалу. Протягом шести останніх років валові збори стабільно перевищують 60 млн т, що суттєво завантажує внутрішню логістику. За таких обсягів під час доробки, зберігання та безпосередньої переробки врожаїв вирішальну роль відіграє транспортне обладнання елеваторів, а також ліній борошномельного, круп'яного та комбікормового виробництв. Надійність цих машин безпосередньо впливає на безперебійність технологічного процесу та якість кінцевої продукції.

Серед засобів механічного транспортування сипких матеріалів гвинтові конвеєри посідають помітну нішу завдяки повністю закритим жолобам, які захищають продукт від зовнішніх впливів, запобігають пиловиділенню та відповідають санітарним вимогам під час переміщення зерна як усередині виробничих приміщень, так і поза ними. У контексті підсилосного вивантаження, коли зерно з плоского дна потрібно зібрати та подати на подальші операції, такі конвеєри часто є безальтернативним рішенням.

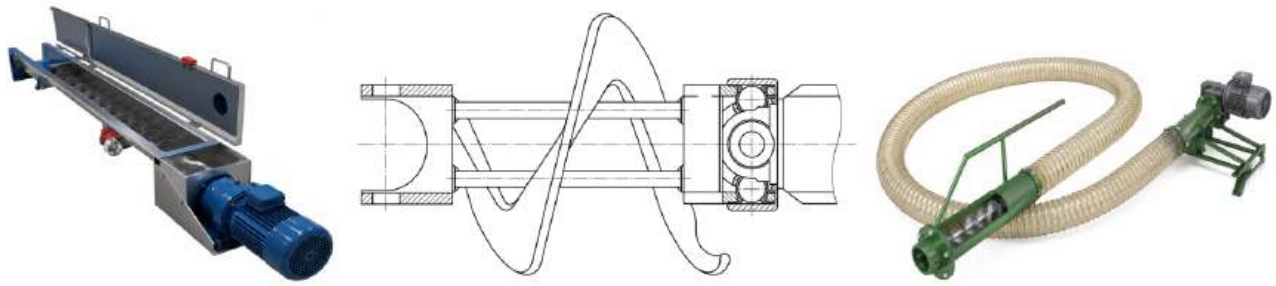
Умовно гвинтові конвеєри можна поділити на три основні типи за виконанням (рис. 1):

а) класичний багатосекційний конвеєр із жорстким суцільним валом, який спирається на проміжні підшипники і працює за прямолінійною трасою;

б) умовно гнучкий конвеєр із жорстким, але розрізним валом, поміщеним у жорсткий вигнутий жолоб (при цьому окремі частини вала з'єднують карданними муфтами або тросовими вставками, що дозволяє виконати підйом без перекидача);

в) гнучкий безвальний конвеєр з пружиноподібним шнеком, який вільно приймає довільну просторову трасу в гнучкій трубі.

Кожен із наведених типів має власні переваги та недоліки, тому для обґрунтованого вибору варіанта потрібно детально розглянути умови роботи. Для вивантаження зерна з плоского дна силосу практичний інтерес становлять варіанти б) та в), оскільки вони дозволяють обійтися без перевантажувальних вузлів між горизонталлю та похилим підйомом. Варіант б) передбачає жорстку трасу, що складається щонайменше з двох ділянок: перша горизонтальна забирає продукт із-під силосу, а друга за рахунок повороту у вертикальній площині забезпечує підйом до приймальної ями норії. Така конструкція гарантує стабільну геометрію переміщення, проте обмежує компонування обладнання та вимагає точного виготовлення вигнутого жолоба й надійного з'єднання валів.



а) б) в)

Рис. 1. Типи гвинтових конвеєрів: а) – класичний із суцільним валом; б) – із розрізним валом та вигнутим жолобом; в) – безвальний із пружинним шнеком

Варіант в) є дешевшим, простим у монтажі та дає змогу прокласти трасу будь-якої конфігурації. Однак рух шнека безпосередньо по внутрішній поверхні труби зумовлює підвищене тертя і, як наслідок, інтенсивний абразивний знос жолоба та спіралі. Для зменшення тертя у таких конвеєрах використовують полімерні спіралі або пластикові вкладиші. За умов їх поступового стирання утворюються пластикові мікрочастинки та на сьогодні промисловість не має доступних високоефективних сепараторів, здатних гарантовано видаляти пластикові мікрочастинки із зернової маси. Це створює ризик потрапляння сторонніх включень у готовий корм, що є неприпустимим. Водночас, якщо на етапі проєктування закласти таке співвідношення висотних позначок, за якого прямолінійний похилий конвеєр типу а) зможе обслуговувати силос без додаткових перевантажувальних вузлів, то значно спрощується конструкція та усуваються недоліки варіантів б) та в).

Висновок. Для підвищення ефективності виробництва при проєктуванні необхідно закласти таке співвідношення висотних позначок завальної ями норії та плоского дна силосу, яке дасть змогу встановити прямолінійний похилий конвеєр без проміжних перевантажувальних вузлів і тим самим надасть можливість застосування класичного багатосекційного конвеєра із жорстким суцільним валом. Саме цей тип конвеєра забезпечить надійність, виключить забруднення продукту та буде зручним у технічному обслуговуванні.

Список використаних джерел

1. Гнучкі гвинтові конвеєри: проектування, технологія виготовлення, експериментальні дослідження / І.Б. Гевко та ін. Тернопіль : ФОП Паляниця В.А., 2019. 208 с.

2. Атлас конструкцій підйомно-транспортних машин : навч. посібник. Ч. 2. Транспортуючі машини / В.О. Білостоцький, Д.І. Мазоренко, І.М. Лук'янов та ін.; ХНТУСГ. Харків, 2009. 98 с.

УДК 664.854.8 : 66.067.38

ЕНЕРГООЩАДНІ МЕМБРАННІ ТЕХНОЛОГІЇ В ПРОЦЕСАХ ПЕРЕРОБКИ, ОСВІТЛЕННЯ ТА КОНЦЕНТРУВАННЯ СОКОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

Дейниченко Г.В., д-р. техн. наук, проф.,
Дмитревський Д.В., канд. техн. наук, доц.,
Гончар Д.О., аспірант,
Лавренюк В.В., здобувач вищої освіти ступеня бакалавра

Державний біотехнологічний університет, м. Харків

Проведено аналітичне дослідження комплексного баромембранного процесу переробки соків. Розглянуто кінетичні закономірності ультрафільтраційного освітлення, що забезпечує високу прозорість пермеату шляхом затримування високомолекулярних сполук. Досліджено вплив осмотичного тиску на ефективність зворотноосмотичного концентрування. Порівняльний аналіз підтвердив переваги мембранного розділення, яке гарантує максимальне збереження біологічно активного потенціалу соків, знижує енерговитрати та екологічне навантаження виробництва порівняно з термічними методами.

Сучасна індустрія переробки плодово-ягідної сировини орієнтована на впровадження енергоощадних та ресурсозберігаючих технологій, що відповідають концепції мінімальної технологічної обробки сировини. Традиційні схеми отримання освітлених концентрованих соків передбачають використання теплового випаровування для згущення та введення флокулянтів чи сорбентів для депектинізації, що призводить до значних енерговитрат, утворення шламів та термічної деградації термолабільних біологічно активних речовин. Альтернативою є баромембранні процеси, а саме поєднання ультрафільтрації для фінішного освітлення та зворотного осмосу або

нанофільтрації для концентрування, що дозволяє проводити розділення полікомпонентних систем без фазових переходів та при помірних температурах. Метою роботи є аналітичне дослідження кінетичних закономірностей, термодинамічних обмежень та загальної ефективності комплексного баромембранного процесу переробки соків прямого віджиму для оптимізації їх технологічних параметрів [1].

У межах аналітичного моделювання етапу ультрафільтраційного освітлення соку на керамічних мембранах було узагальнено закономірності затримування високомолекулярних сполук [2]. Розрахунки підтверджують, що обрана пориста структура забезпечує повне видалення пектинових речовин, білків та колоїдних часток, які є причиною каламутності, дозволяючи досягти високого цільового показника прозорості пермеату [3]. Аналіз кінетики процесу показав, що питомий потік пермеату суттєво залежить від тривалості фільтрації. Початкова теоретична продуктивність є високою, проте впродовж першого періоду роботи спостерігається її аналітично прогнозоване зниження. Це явище зумовлене інтенсивним формуванням на поверхні мембрани гелевого шару внаслідок концентраційної поляризації та часткового забивання пор, що обґрунтовує необхідність застосування періодичного гідродинамічного промивання зворотним імпульсом тиску [4]. При цьому аналіз матеріального балансу вказує на мінімальні втрати цільових компонентів, оскільки селективність мембрани за розчинними сухими речовинами є вкрай низькою, що свідчить про вільне проходження цукрів та кислот крізь пори [5].

На етапі аналітичного оцінювання зворотноосмотичного згущення отриманого прозорого ультрафільтраційного пермеату було досліджено вплив робочого тиску на загальну ефективність розділення [6]. Математичне моделювання процесу підтверджує, що підвищення тиску інтенсифікує вихід фільтрату лише до моменту досягнення певної межі концентрування сухих речовин [7]. За цих умов питомий потік стрімко падає, що пов’язано з експоненційним зростанням осмотичного тиску концентрованого соку, який наближається до значення робочого тиску і критично знижує рушійну силу процесу [8]. Моделювання роздільної здатності тонкоплівкових поліамідних композитних мембран показало високу селективність за цукрами та органічними кислотами, що майже повністю виключає їх втрату з фільтратом. Отриманий пермеат за своїм складом відповідає чистій воді й може бути регенеративно використаний для технологічних та санітарних потреб підприємства.

Аналітичне порівняння фізико-хімічних показників отриманого баромембранного концентрату із вихідною сировиною довело незаперечні переваги «холодного» згущення порівняно з термічними методами. Завдяки відсутності теплового навантаження, розрахункова збереженість аскорбінової кислоти та антоціанових пігментів у готовому продукті є максимальною, тоді як при традиційному випаровуванні ці показники суттєво знижуються. Проведене дослідження дозволяє визначити раціональні режими комплексного процесу, які забезпечують отримання високоякісного концентрованого соку з повним збереженням його нативного біологічно активного потенціалу, кольору та

аромату при одночасному зниженні загальних енерговитрат виробництва та виключенні з технологічної схеми допоміжних хімічних матеріалів.

Висновки.

Аналітичними дослідженнями доведено високу ефективність та перспективність поєднання процесів ультрафільтрації та зворотного осмосу в технології комплексної переробки плодово-ягідної сировини. Встановлено, що застосування ультрафільтраційного освітлення забезпечує повне вилучення високомолекулярних каламутоутворюючих сполук без втрати розчинних сухих речовин, хоча кінетика процесу обмежена явищем концентраційної поляризації. На етапі зворотноосмотичного концентрування рушійна сила процесу лімітується стрімким зростанням осмотичного тиску соку, що визначає термодинамічну межу згущення системи. Порівняльний аналіз підтвердив, що відсутність фазових переходів та теплового впливу дозволяє максимально зберегти нативні органолептичні властивості й термолабільні біологічно активні компоненти сировини, які зазвичай деградують під час термічного випаровування. Проведене теоретичне узагальнення дозволяє рекомендувати комплексний баромембранний метод як енергоощадну та екологічно безпечну альтернативу традиційним технологіям сокового виробництва.

Список літератури:

1. Deynichenko, G., Guzenko, V., Dmytrevskyi, D., Chervonyi, V., Omelchenko, O., Horielkov, D., Korolenko, O. Developing a technique for the removing of a gel layer in the process of membrane treatment of pectin extract. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2020, 4(11–106), 63–69. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.208984.

2. Deynychenko, G., Guzenko, V., Dmytrevskyi, D., Chervonyi, V., Kolisnichenko, T., Omelchenko, O., Nykyforov, R. Study of the new method to intensify the process of extraction of beet pulp. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2018, 4(11–94), 15–20. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.140126.

3. Borneman, Z. et al. Selective removal of polyphenols in apple juice ultrafiltration. *Separation and Purification Technology*, 2001, Vol. 22, pp. 53–61. https://doi.org/10.1016/S1383-5866(00)00142-8.

4. Deynichenko, G., Dmytrevskyi, D., Guzenko, V., Omelchenko, O., Perekrest, V. Prospects of using equipment for membrane separation of food liquids**.** Scientific bulletin of the Tavria State Agrotechnological University, 2023. Vol. 13, № 2. С. 1-11. https://doi.org/10.31388/2220-8674-2023-2-12.

5. Ghosh, P. et al. Ultrafiltration of fruit juice and storage stability analysis. *Journal of Food Science and Technology*, 2019, Vol. 56(4), pp. 2010–2018. https://doi.org/10.1007/s13197-019-03648-2.

6. Carvalho, J. et al. Sugar retention in fruit juice ultrafiltration processes. *Journal of Food Engineering*, 2008, Vol. 87, pp. 447–454. https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.12.015.

7. Deinychenko G.V., Dmytrevskyi D.V., Zolotukhina I.V., Perekrest V.V., Guzenko V.V. Directions of improvement of processes of membrane separation of juices from fruit and berry raw materials. *Progressive technique and technologies of food production enterprises, catering business and trade*, 2021. Vol. 1 (33). pp. 89–98. https://doi.org/10.5281/zenodo.5036090.

8. Urošević, I. et al. Influence of operating parameters in ultrafiltration of fruit juices. *Food and Bioproducts Processing*, 2017, Vol. 106, pp. 147–161. https://doi.org/10.1016/j.fbp.2017.09.009.

УДК 664.8:658.562:004.9

ІНТЕГРАЦІЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ТА РЕСУРСООЩАДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ НА ПІДПРИЄМСТВАХ МАЛОГО І СЕРЕДНЬОГО БІЗНЕСУ ХАРЧОВОЇ ГАЛУЗІ

Загорулько А.М. к.т.н., доц., Титаренко Н.В. бакалавр

Державний біотехнологічний університет (ДБТУ)

Метою дослідження є обґрунтування особливостей інтеграції систем управління та контролю якості з ресурсоощадними тепломасообмінними технологіями на підприємствах малого та середнього бізнесу харчової галузі для забезпечення стабільності процесів, підвищення енергоефективності виробництва та якості функціональних харчових продуктів.

Сучасний розвиток підприємств малого та середнього бізнесу харчової галузі відбувається в умовах підвищених вимог до якості та безпечності продукції, енергоефективності виробництва та стабільності технологічних процесів. Особливої актуальності це питання набуває для підприємств, що здійснюють переробку агророслинної сировини у функціональні харчові продукти та полікомпонентні напівфабрикати високого ступеня готовності. В умовах енергетичних обмежень, нестабільності логістичних ланцюгів та необхідності раціонального використання сировинних ресурсів підприємств потребують впровадження адаптивних систем управління якістю, здатних забезпечувати контроль технологічних параметрів у реальному часі. Водночас такі виробництва характеризуються обмеженими виробничими площами та недостатнім рівнем автоматизації, що потребує застосування компактного багатофункціонального обладнання з системами контролю.

Одним із перспективних напрямів удосконалення систем управління якістю є використання ресурсоощадних тепломасообмінних технологій із комбінованими джерелами нагріву. Застосування ІЧ-випромінювання, рекуперації вторинної теплоти та елементів Пельтьє дозволяє підтримувати стабільні температурні режими (40…65 °С). Для виробництва функціональних продуктів харчування основними контрольованими параметрами є температура, тривалість процесу, швидкість тепломасообміну, вологість, вміст сухих речовин і питомі енерговитрати. Порушення зазначених параметрів може призводити до погіршення органолептичних показників, втрати біоактивних компонентів та

зниження стабільності готової продукції під час зберігання. У зв'язку з цим доцільним є впровадження автоматизованих систем моніторингу технологічних процесів із використанням цифрових датчиків температури, вологості та швидкості руху теплоносія. Такі системи дозволяють здійснювати безперервний контроль параметрів виробництва та оперативно реагувати на відхилення режимів обробки сировини. Додатковою перевагою є можливість накопичення та аналізу виробничих даних для подальшої оптимізації технологічних процесів.

Особливого значення для підприємств малого та середнього бізнесу набуває інтеграція принципів HACCP у структуру систем управління якістю. Аналіз небезпечних факторів та визначення критичних контрольних точок забезпечують підвищення рівня безпечності продукції та дозволяють мінімізувати виробничі ризики. Для підприємств із невеликими обсягами виробництва ефективним є використання цифрових журналів контролю технологічних параметрів, що спрощує процедури документування та забезпечує простежуваність виробничих операцій. Перспективним напрямом розвитку систем управління якістю є також використання елементів цифрового моделювання та концепції Digital Food Twins. Моделювання тепломасообмінних процесів дозволяє прогнозувати зміни структурно-механічних та фізико-хімічних властивостей агророслинної сировини під час сушіння, концентрування або термічної обробки. Це забезпечує можливість попередньої оптимізації технологічних режимів без додаткових витрат енергії та сировини.

Для підприємств малого і середнього бізнесу важливим фактором є економічна ефективність впровадження систем управління якістю. Використання ресурсоощадного обладнання дозволяє зменшити питомі енерговитрати, скоротити тривалість технологічних процесів та підвищити рівень використання вторинних енергоресурсів. Додатково забезпечується зниження втрат сировини та підвищення виходу готової продукції, що позитивно впливає на рівень конкурентоспроможності підприємств. Важливим напрямом удосконалення систем управління якістю є створення мобільних або модульних виробничих комплексів для роботи в умовах обмеженої енергетичної інфраструктури. Такі технологічні рішення дозволяють забезпечувати стабільне виробництво функціональних продуктів навіть у складних виробничих умовах, що є особливо актуальним для прифронтових регіонів України.

Висновок.

Встановлено, що інтеграція систем управління якістю з ресурсоощадними технологіями низькотемпературної переробки агророслинної сировини є ефективним напрямом модернізації підприємств малого та середнього бізнесу харчової галузі. Використання автоматизованого контролю технологічних параметрів, цифрового моніторингу, принципів HACCP та енергоефективного тепломасообмінного обладнання дозволяє забезпечити стабільність якості функціональних харчових продуктів, знизити питомі енерговитрати та підвищити рівень адаптивності виробничих систем до сучасних умов функціонування.

Список використаних джерел

1. Zahorulko, A., Voronenko, I., Minenko, S., Pugach, A., Nazarenko, O., Lebedenko, O., Ibaiev, E., & Tytarenko, N. (2025). Improving the mobile structure of a vertical modular solar dryer for the agricultural sector "From field to fork". *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1(11 (133), 6–16. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.323607

2. International Organization for Standardization ISO 22000:2018 Food safety management systems – Requirements for any organization in the food chain. *Geneva* : ISO, 2020. 32 p.

УДК 664.8:658.562:004.9

ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСОЕФЕКТИВНОСТІ ТЕПЛОМАСООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ У ХАРЧОВІЙ ІНДУСТРІЇ НА ОСНОВІ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Загорулько А.М. к.т.н., доц., Титаренко Н.В. бакалавр

Державний біотехнологічний університет (ДБТУ)

Метою дослідження є аналіз напрямів підвищення ресурсоефективності процесів та обладнання харчової індустрії шляхом удосконалення низькотемпературних тепломасообмінних систем, використання комбінованих джерел теплопідведення та впровадження цифрового контролю параметрів.

Сучасна харчова індустрія належить до найбільш енергоємних секторів переробної промисловості, оскільки значна частина виробничих витрат припадає на реалізацію тепломасообмінних процесів. Найбільш енерговитратними залишаються процеси сушіння, концентрування, пастеризації та попередньої теплової обробки сировини. За умов нестабільного енергозабезпечення та необхідності раціонального використання ресурсів особливого значення набуває впровадження ресурсоощадних технологій і модернізація обладнання з орієнтацією на зниження енерговитрат та підвищення ефективності використання вторинної енергії.

Одним із перспективних напрямів підвищення ресурсоефективності є використання низькотемпературних тепломасообмінних процесів у межах 40…65 °С. Такий температурний режим забезпечує не лише зниження питомих енерговитрат, але й сприяє збереженню біологічно активних компонентів рослинної сировини – вітамінів, поліфенолів, антоціанів, харчових волокон та антиоксидантних сполук. У результаті забезпечується отримання функціональних харчових продуктів із підвищеною харчовою та біологічною цінністю. Особливу увагу доцільно приділяти використанню комбінованих джерел нагріву, зокрема інфрачервоного випромінювання, плівкових електронагрівачів випромінювального типу та рекуперацийних систем. На відміну від традиційних конвективних способів нагрівання, ІЧ-обробка забезпечує рівномірний розподіл теплового потоку та скорочення тривалості технологічного процесу. Додатково використання плівкових нагрівачів дозволяє

зменшити металомісткість обладнання, скоротити інерційність системи та забезпечити локальне регулювання температурних режимів.

Перспективним напрямом є також інтеграція елементів Пельтьє у конструкції теплотехнологічного обладнання. Використання таких модулів дозволяє частково утилізувати вторинну теплоту та перетворювати її на електричну енергію для живлення вентиляторів, систем автоматизації та допоміжних виконавчих механізмів. Це сприяє підвищенню рівня автономності обладнання та ефективності використання енергетичних ресурсів. Для забезпечення стабільності тепломасообмінних процесів важливим є впровадження автоматизованих систем моніторингу технологічних параметрів. До основних контрольованих показників належать температура, швидкість руху теплоносія, вологість продукту, тривалість обробки та питомі енерговитрати. Використання цифрових датчиків і програмно-апаратних комплексів дозволяє здійснювати безперервний контроль параметрів у режимі реального часу та оперативно коригувати режими роботи обладнання.

Важливою складовою ресурсоефективності є зменшення втрат сировини у процесі її переробки. Застосування щадних низькотемпературних режимів дозволяє зберегти структурно-механічні властивості агророслинної сировини, мінімізувати втрати маси та забезпечити стабільність функціонально-технологічних характеристик полікомпонентних напівфабрикатів. Додатково підвищується рівень виходу готової продукції та зменшується кількість відходів виробництва. Для підприємств малого та середнього бізнесу важливим фактором є універсальність обладнання та можливість поєднання кількох технологічних операцій в одному апараті. Використання багатофункціональних модульних систем дозволяє реалізовувати процеси попередньої теплової обробки, сушіння, концентрування та стабілізації сировини без необхідності використання значної кількості окремого обладнання. Це забезпечує скорочення виробничих площ, зменшення капітальних витрат та підвищення гнучкості технологічних ліній.

Додатковою перевагою сучасних ресурсоощадних систем є можливість інтеграції елементів цифрового моделювання та концепції Digital Food Twins. Використання цифрових моделей тепломасообмінних процесів дозволяє прогнозувати зміну властивостей сировини, оцінювати ефективність роботи обладнання та оптимізувати технологічні режими без проведення значної кількості експериментальних досліджень.

Висновок.

Встановлено, що підвищення ресурсоефективності процесів та обладнання харчової індустрії досягається шляхом комплексного поєднання низькотемпературних тепломасообмінних технологій, комбінованих систем нагріву, рекуперації вторинної енергії та автоматизованого контролю параметрів процесу. Використання ІЧ-випромінювання, плівкових електронагрівачів та елементів Пельтьє забезпечує скорочення енерговитрат, зменшення втрат біоактивних речовин і підвищення стабільності якості функціональних харчових продуктів. Перспективним напрямом подальших досліджень є створення

адаптивних цифрових систем керування ресурсоощадним обладнанням для підприємств малого та середнього бізнесу харчової індустрії.

Список використаних джерел

1. Zahorulko, A., Voronenko, I., Bal-Prylypko, L., Riabovol, M., Marchenko, M., Zhelieva, T., Babaiev, S., & Ibaiev, E. (2025). Improved thermoradiative belt dryer with air recuperation and autonomous ventilation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6(11 (138), 81–91. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.345352

2. International Organization for Standardization ISO 22000:2018 Food safety management systems – Requirements for any organization in the food chain. *Geneva* : ISO, 2020. 32 p.

УДК 621.311:664.0:620.92

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ АВТОНОМНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ НА ОСНОВІ АЛЬТЕРНАТИВНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

Загорулько А.М. к.т.н., доц., Титаренко Н.В. бакалавр

Державний біотехнологічний університет (ДБТУ)

Метою дослідження є визначення перспективних напрямів використання альтернативних систем енергозабезпечення для підвищення енергетичної автономності та стабільності роботи підприємств харчової промисловості в умовах нестабільного енергопостачання.

Харчова промисловість належить до галузей із високим рівнем споживання теплової та електричної енергії, оскільки більшість технологічних операцій супроводжується нагріванням, сушінням, випарюванням, охолодженням або підтриманням стабільних температурних режимів. За сучасних умов функціонування підприємств особливого значення набуває проблема зниження залежності виробництв від централізованих систем енергопостачання та забезпечення безперервності технологічних процесів.

Одним із найбільш перспективних напрямів є впровадження локальних альтернативних систем енергозабезпечення, інтегрованих безпосередньо у технологічне обладнання. Для підприємств харчової галузі доцільним є використання комбінованих систем, що поєднують сонячну енергію, інфрачервоне теплопідведення, рекуперацію вторинної теплоти та термоелектричні елементи генерації енергії.

Ефективність теплотехнологічного обладнання значною мірою залежить від способу підведення теплоти до продукту. Використання інфрачервоного нагріву дозволяє інтенсифікувати тепломасообмінні процеси за рахунок прямого підведення енергії до поверхневих шарів сировини. На відміну від традиційних конвективних систем, ІЧ-нагрів забезпечує скорочення часу обробки та зниження втрат теплоти у навколишнє середовище.

Особливо ефективним є використання плівкових електронагрівачів випромінювального типу, які характеризуються малою тепловою інерційністю та рівномірністю теплового потоку. Для зменшення навантаження на основну систему електропостачання перспективним є застосування елементів Пельтьє у конструкціях теплотехнологічних апаратів. Термоелектричні модулі дозволяють частково утилізувати вторинну теплоту, що утворюється під час роботи обладнання, та перетворювати її в електричну енергію. Отримана енергія може використовуватись для живлення вентиляторів, систем автоматики, датчиків контролю або освітлення технологічних зон.

Додатковим резервом енергозбереження є використання рекуперaційних теплообмінних систем. У процесах сушіння та термічної обробки значна частина енергії втрачається разом із відпрацьованими теплоносіями. Використання систем повернення вторинної теплоти дозволяє здійснювати попередній підігрів повітря або сировини, що сприяє скороченню енерговитрат та підвищенню загального коефіцієнта корисного використання теплоти.

Особливої актуальності альтернативні системи енергозабезпечення набувають для підприємств малого та середнього бізнесу, які мають обмежені фінансові можливості та потребують компактних універсальних рішень. У таких умовах перспективним є створення мобільних або модульних теплотехнологічних комплексів, здатних працювати в автономному режимі. Інтеграція сонячних колекторів, теплових акумуляторів і систем резервного електроживлення дозволяє підтримувати стабільність виробничих процесів навіть за перебоїв у централізованому енергопостачанні.

Важливим напрямом удосконалення альтернативних систем енергозабезпечення є цифровізація процесів керування енергоспоживанням. Використання програмно-апаратних систем контролю дозволяє здійснювати автоматичне регулювання температурних режимів, швидкості руху теплоносія та навантаження на енергосистему. Завдяки цьому забезпечується оптимізація енергоспоживання залежно від поточних умов функціонування обладнання та властивостей сировини.

Суттєвою перевагою альтернативних енерготехнологічних систем є також зменшення екологічного навантаження на довкілля. Раціональне використання вторинної теплоти та часткова заміна традиційних джерел енергії відновлюваними ресурсами дозволяє скоротити обсяги викидів вуглекислого газу та підвищити екологічну стійкість виробництва.

Висновок.

Встановлено, що використання альтернативних систем енергозабезпечення є ефективним напрямом підвищення енергетичної автономності підприємств харчової промисловості. Поєднання інфрачервоного нагріву, рекуперації вторинної теплоти, термоелектричних модулів та цифрового контролю енергоспоживання дозволяє знизити енерговитрати, підвищити стабільність технологічних процесів і забезпечити адаптивність виробництва до сучасних умов функціонування. Подальший розвиток потребує створення

інтелектуальних автономних систем керування енергетичними потоками у теплотехнологічному обладнанні харчових виробництв.

Список використаних джерел

1. Zahorulko, A., Voronenko, I., Bal-Prylypko, L., Marynin, A., Bozhydai, I., Smilyk, M., Ibaiev, E., & Tytarenko, N. (2025). An integrated solution: a cascade fluidizer dryer; drying for new generation products. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 5(11 (137), 15–24. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.339916

2. International Organization for Standardization ISO 22000:2018 Food safety management systems – Requirements for any organization in the food chain. *Geneva* : ISO, 2020. 32 p.

УДК 664.0:640.4:621.9

ІНЖЕНЕРНІ ПІДХОДИ ДО УДОСКОНАЛЕННЯ ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВОЇ ТА ГОТЕЛЬНО-РЕСТОРАННОЇ ІНДУСТРІЇ

Загорулько А.М. к.т.н., доц., Титаренко Н.В. бакалавр, Полюхевич Є.В. магістр

Державний біотехнологічний університет (ДБТУ)

Метою дослідження є обґрунтування сучасних напрямів удосконалення технологічного обладнання харчової та готельно-ресторанної індустрії шляхом підвищення енергоефективності, багатофункціональності та адаптивності тепломасообмінних систем.

Сучасний розвиток харчової та готельно-ресторанної індустрії супроводжується зростанням вимог до технологічного обладнання, яке повинно забезпечувати стабільність якості продукції, економічність експлуатації та можливість адаптації до різних виробничих умов. Особливо актуальним є вдосконалення обладнання для теплової та тепломасообмінної обробки сировини, оскільки саме ці процеси характеризуються найбільшими енерговитратами та визначають якість готової продукції.

Для підприємств ресторанного господарства та малих харчових виробництв важливими вимогами до обладнання є компактність, універсальність, швидкість виходу на робочі режими та можливість виконання декількох технологічних операцій в одному апараті. У зв’язку з цим перспективним напрямом є створення багатофункціональних теплотехнологічних систем із комбінованими способами теплопідведення та автоматизованим контролем параметрів процесу.

Одним із ефективних напрямів удосконалення обладнання є використання інфрачервоного нагріву. На відміну від традиційних конвективних систем, ІЧ-випромінювання забезпечує інтенсивне підведення теплоти безпосередньо до поверхні продукту, що дозволяє скоротити тривалість теплової обробки та знизити втрати енергії. Особливо перспективним є застосування плівкових електронагрівачів випромінювального типу, які характеризуються низькою

тепловою інерційністю, рівномірністю нагріву та зменшеною металомісткістю конструкції. Для обладнання харчової та готельно-ресторанної індустрії важливим є забезпечення щадних температурних режимів обробки продуктів. Використання низькотемпературних технологій у межах 45…70 °С дозволяє зберігати природні органолептичні властивості сировини, зменшувати втрати вологи та підвищувати рівень збереження біологічно активних речовин. Це є особливо актуальним під час виробництва функціональних продуктів харчування, пастоподібних напівфабрикатів, сушених овочевих та фруктових компонентів. Перспективним напрямом модернізації обладнання є інтеграція систем рекуперації вторинної теплоти. У процесах сушіння, випарювання та термічної обробки значна кількість теплової енергії втрачається разом із відпрацьованим теплоносієм. Використання рекуперaційних теплообмінників дозволяє повторно використовувати частину теплоти для попереднього нагрівання повітря або сировини, що сприяє зниженню питомих енерговитрат.

Особливу увагу доцільно приділяти автоматизації процесів керування обладнанням. Використання цифрових систем моніторингу температури, вологості, швидкості руху теплоносія та тривалості процесу дозволяє підтримувати стабільність технологічних режимів та мінімізувати вплив людського фактора. Додатково це забезпечує можливість накопичення та аналізу технологічних даних для оптимізації режимів роботи обладнання.

Для закладів готельно-ресторанної індустрії перспективним є створення мобільного або модульного обладнання з можливістю швидкої зміни технологічних режимів залежно від типу продукції. Такі системи забезпечують універсальність використання обладнання та дозволяють поєднувати процеси попередньої теплової обробки, сушіння, регенерації та термостабілізації продуктів у межах одного технологічного комплексу.

Важливим напрямом удосконалення є також зменшення масогабаритних характеристик обладнання та підвищення його ергономічності. Використання сучасних теплоізоляційних матеріалів, легких конструкційних елементів та компактних нагрівальних систем дозволяє знизити металомісткість апаратів і підвищити ефективність використання виробничих площ.

Додатковою перевагою модернізованого обладнання є можливість інтеграції елементів цифрового моделювання та концепції Smart Food Production. Використання цифрових моделей тепломасообмінних процесів дозволяє прогнозувати зміну властивостей продукту та оптимізувати режими роботи обладнання залежно від типу сировини та умов експлуатації.

Висновок.

Удосконалення обладнання харчової та готельно-ресторанної індустрії повинно базуватись на поєднанні енергоефективних тепломасообмінних технологій, автоматизованого контролю параметрів процесу та багатофункціональності технологічних систем. Використання ІЧ-нагріву, систем рекуперації теплоти та цифрового моніторингу забезпечує скорочення енерговитрат, підвищення стабільності якості продукції та адаптивності обладнання до сучасних умов експлуатації. Перспективним напрямом

досліджень є створення інтелектуальних модульних теплотехнологічних систем для підприємств харчової та готельно-ресторанної індустрії.

Список використаних джерел

1. Zahorulko, A., Voronenko, I., Nikolaienko, M., Minenko, S., Ponomarenko, N., Zakharchenko, R., Ibaiev , E., & Tytarenko, N. (2025). Design of a combined apparatus for low-temperature processing of confectionery products based on plant-based multicomponent semi-finished products. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4(11 (136), 15–24. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2025.335468

2. International Organization for Standardization ISO 22000:2018 Food safety management systems – Requirements for any organization in the food chain. *Geneva* : ISO, 2020. 32 p.

УДК 621.9:664.0:658.5

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ МАШИНОБУДУВАННЯ У СТВОРЕННІ РЕСУРСООЩАДНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ХАРЧОВОЇ ГАЛУЗІ

Загорулько А.М. к.т.н., доц., Титаренко Н.В. бакалавр

Державний біотехнологічний університет (ДБТУ)

Метою дослідження є аналіз сучасних технологій машинобудування у створенні ресурсоощадного обладнання для харчової галузі та визначення перспектив удосконалення конструкцій теплотехнологічних апаратів на основі цифрового моделювання й енергоефективних інженерних рішень.

Сучасний розвиток харчової промисловості потребує створення нового покоління технологічного обладнання, здатного забезпечувати високу продуктивність, енергоефективність і стабільність технологічних процесів. Особливого значення набуває використання сучасних технологій машинобудування, орієнтованих на зменшення металомісткості конструкцій, підвищення точності виготовлення деталей та інтеграцію автоматизованих систем керування. Одним із ключових напрямів сучасного машинобудування є впровадження цифрового проєктування обладнання із застосуванням CAD/CAE-систем. Використання програмного забезпечення для тривимірного моделювання дозволяє здійснювати попередній аналіз конструкцій теплотехнологічних апаратів, прогнозувати розподіл температурних полів, оцінювати міцність елементів конструкції та оптимізувати параметри тепломасообміну ще на етапі проєктування. Це забезпечує скорочення термінів розроблення обладнання та підвищення його експлуатаційної ефективності.

Важливим напрямом є створення теплотехнологічного обладнання на основі модульного принципу побудови. Модульні конструкції дозволяють адаптувати апарати до різних умов експлуатації, змінювати конфігурацію технологічних ліній та спрощувати технічне обслуговування. Для підприємств харчової галузі особливо актуальним є використання багатофункціональних

апаратів, здатних реалізовувати декілька технологічних операцій – сушіння, концентрування, попередню теплову обробку та стабілізацію продуктів.

Перспективним напрямом удосконалення конструкцій є використання інфрачервоних систем теплопідведення та плівкових електронагрівачів випромінювального типу. Такі нагрівальні елементи характеризуються рівномірністю теплового потоку, низькою тепловою інерційністю та зменшеними втратами енергії. На відміну від традиційних трубчастих нагрівачів, плівкові системи дозволяють зменшити масу обладнання та забезпечити більш точне регулювання температурних режимів.

Для сучасного машинобудування у харчовій галузі важливим є також використання конструкцій із підвищеною ефективністю тепломасообміну. Інтенсифікація процесів досягається шляхом удосконалення геометрії робочих поверхонь, застосування турбулізаторів потоків, спеціальних перемішувальних елементів та адаптивних систем подачі теплоносія. Це дозволяє скоротити тривалість технологічних процесів та зменшити питомі енерговитрати.

Особливу увагу необхідно приділяти використанню сучасних матеріалів і технологій виготовлення деталей. Застосування корозійностійких сталей, композитних матеріалів та сучасних теплоізоляційних покриттів забезпечує підвищення довговічності обладнання та покращення санітарно-гігієнічних характеристик технологічних систем. Додатково це дозволяє знизити теплові втрати та підвищити коефіцієнт корисного використання енергії.

Перспективним напрямом розвитку машинобудування є інтеграція елементів автоматизації та цифрового моніторингу у конструкцію обладнання. Використання сенсорних систем контролю температури, вологості, тиску та швидкості руху теплоносія забезпечує можливість автоматичного регулювання параметрів процесу та підтримання стабільних режимів роботи апаратів. Це сприяє підвищенню якості готової продукції та мінімізації впливу людського фактора на виробничий цикл.

Для підприємств малого та середнього бізнесу актуальним є створення компактного мобільного обладнання з підвищеним рівнем автономності. Інтеграція систем рекуперації теплоти, елементів Пельтьє та альтернативних джерел енергії дозволяє забезпечити ефективну роботу теплотехнологічних апаратів навіть за умов нестабільного енергопостачання.

Додатковою перевагою сучасних технологій машинобудування є можливість використання концепції Digital Twins для моделювання роботи обладнання у реальному часі. Цифрові двійники дозволяють оцінювати технічний стан апаратів, прогнозувати зміну параметрів процесу та своєчасно виявляти потенційні відхилення у роботі технологічних систем.

Висновок.

Встановлено, що сучасні технології машинобудування відіграють ключову роль у створенні ресурсоощадного обладнання для харчової галузі. Використання цифрового проєктування, модульних конструкцій, ІЧ-нагріву, автоматизованого контролю параметрів та інноваційних матеріалів дозволяє підвищити енергоефективність, функціональність і адаптивність

теплотехнологічних систем. Перспективним напрямом подальших досліджень є створення інтелектуального обладнання з елементами цифрового керування та адаптивного регулювання тепломасообмінних процесів.

Список використаних джерел

1. Zahorulko, A., Tytarenko, N., Ibaiev, E., Chuiko, L., & Zahorulko, V. (2024). Determination of the possibility of using a functional apparatus for the production of multi-component semi-finished products with a high degree of readiness. *Technology Audit and Production Reserves*, 5(3(79), 43–46. https://doi.org/10.15587/2706-5448.2024.314422

2. International Organization for Standardization ISO 22000:2018 Food safety management systems – Requirements for any organization in the food chain. *Geneva* : ISO, 2020. 32 p.

УДК 664-93:330.341.1

ІННОВАЦІЙНІ ІНЖЕНЕРНІ РІШЕННЯ В ПЕРЕРОБНІЙ І ХАРЧОВІЙ ПРОМИСЛОВОСТІ

Богомолов О.В. д.т.н., професор, Лебединець І.В., к.т.н., доцент, Ільїна Н.О., ст. викладач, Попов М.О., здобувач ВО

Державний біотехнологічний університет

Розглянуто сучасні інженерні інновації для переробної і харчової промисловості. Проаналізовано світові практики їх впровадження та ефективність у зменшенні екологічного навантаження, харчових втрат і підвищення енергоефективності. Окреслено перспективи адаптації цих технологій на українських підприємствах.

Сучасна переробна та харчова промисловість перебуває на етапі глибокої технологічної трансформації. Це викликано необхідністю забезпечення продовольчої безпеки зростаючого населення планети, скорочення екологічного навантаження та підвищення енергоефективності виробничих процесів. Згідно з прогнозами Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (FAO), до 2050 року перед галуззю стоїть завдання збільшити виробництво продуктів харчування на 60 % при одночасному істотному зменшенні викидів парникових газів та інших форм екологічного впливу. Інноваційна інженерна діяльність у цій сфері на сьогоднішній день зосереджена не просто на підвищенні продуктивності, а на створенні стійких, енергоефективних та повністю автоматизованих виробничих циклів.

Одним із найбільш значущих напрямків технічного розвитку переробної і харчової індустрії є глибока цифровізація виробничих процесів у межах концепції Індустрії 4.0. Ключовим інструментом тут виступає технологія цифрових двійників, яка дозволяє створювати віртуальні копії фізичних об'єктів, процесів або систем для моделювання, аналізу та оптимізації їхньої роботи без втручання в реальне виробництво. Цифрові двійники виробництва дають змогу

здійснювати централізоване керування запасами сировини, логістичними процесами та доступністю інструментів у реальному часі.

Провідні компанії, зокрема Siemens, розробили програмні рішення на базі платформ Teamcenter та Insights Hub, які забезпечують створення цифрових двійників на всіх етапах життєвого циклу харчового продукту [1]. Вирізняють три рівні цієї технології: двійник продукту (віртуальне тестування характеристик), двійник виробництва (моделювання технологічних ліній і логістики) та двійник продуктивності (збір даних через промисловий Інтернет речей IoT з метою прогнозного обслуговування та оптимізації витрати енергії).

Практичне застосування цих технологій демонструє конкретні інноваційні інженерні рішення, зокрема для підвищення безпеки та ефективності виробництва. Наприклад, на заводі Langnese в Німеччині впроваджено систему IoT-датчиків для безперервного моніторингу рівня аміаку, що використовується як холодоагент у промислових холодильних установках [1]. Вони миттєво активують протоколи вентиляції та аварійні сигнали у разі перевищення гранично допустимих норм.

Іншою критично важливою сферою інженерних інновацій є розробка технологій збереження продуктів та інтелектуального пакування. Американська компанія Apeel Sciences запропонувала принципово новий підхід, заснований на створенні їстівного рослинного покриття, яке за своєю хімічною структурою складається з ліпідів та гліцероліпідів, що природно містяться в шкірці, насінні та м'якоті фруктів і овочів [2]. Технічна реалізація передбачає переробку залишків рослинної сировини на порошок, який змішується з водою та наноситься методами обприскування або занурення на етапі миття продукції.

Механізм дії покриття полягає у формуванні напівпроникного бар’єра, який регулює газообмін плодів із зовнішнім середовищем. Це зменшує втрату вологи та обмежує доступ кисню. За даними виробника, така технологія дозволяє скоротити харчові відходи більш ніж наполовину.

Паралельно з розробкою захисних покриттів відбувається активний розвиток технологій інтелектуального пакування, зокрема систем моніторингу температурного режиму в ланцюгах постачання. Найефективнішими для аудиту охолодження харчових продуктів фахівцями визнано індикатори часу та температури (TTI), впровадження яких зменшує втрати продукції приблизно на 10 %. Наприклад, Шведська компанія Vitsab International AB пропонує систему Freshtag, яка базується на унікальній технології "світлофора" (Stoplight Technology), що забезпечує простий та інтуїтивно зрозумілий візуальний контроль [3]. Зелений колір означає безпечні умови зберігання, жовтий – початкові відхилення, червоний – критичне порушення температури. Система не потребує спеціальних сканерів і підходить для холодильного, морозильного або пасивного зберігання.

Компанія SpotSee, у свою чергу, розробила пристрій WarmMark QR, який є одноразовим візуальним сенсором, що не потребує елементів живлення, з точністю вимірювання температури ±1 °C та дворічним терміном придатності [4]. Система інтегрована з хмарною платформою, що дозволяє отримувати

вичерпну інформацію про будь-які температурні відхилення безпосередньо під час сканування за допомогою смартфона.

Інженерні рішення на основі штучного інтелекту демонструють високу ефективність у вирішенні проблеми харчових відходів, глобальні обсяги яких сягають приблизно 1,05 млрд $м^3$, і генерують 8…10 % глобальних викидів парникових газів. Лондонська компанія Winnow Solutions розробила систему Winnow Vision, що базується на комп'ютерному зорі та інтелектуальних вагових пристроях [5]. Технічна реалізація цієї технології передбачає встановлення камер над контейнерами для відходів, які автоматично ідентифікують викинуті страви, а вагові сенсори фіксують їх вагу. Система визначає, які саме продукти опинилися у відходах, і показує їх вартість у грошовому еквіваленті. Завдяки цьому рішенню компанія IKEA за рік скоротила харчові відходи у своїх закладах громадського харчування на 30 %.

Компанія OneThird розробила сканери на основі ближньої інфрачервоної спектроскопії, які дозволяють прогнозувати термін придатності фруктів у реальному часі [6]. Така інновація забезпечила скорочення втрат ягідних культур на 25 % в голландській **роздрібній мережі супермаркетів** Albert Heijn.

Паралельно з системами моніторингу розвиваються технології перетворення відходів на вторинну сировину. Австрійська компанія Kern Tec розробила технологічний процес переробки кісточок вишні, абрикосів та персиків, які традиційно вважалися відходами консервної промисловості, на рослинне молоко під брендом **NectaFLO** [7]. Це дозволяє знизити вартість сировини на 85 % порівняно з виробництвом мигдалевого молока.

Данська компанія Agrain переробляє пивну дробину, на борошно для харчових цілей з високим вмістом білка (до 20…25 %) та клітковини [8].

Інтегровані підходи, що поєднують наноінженерію, штучний інтелект та біоконверсію личинками чорної львинки (Hermetia illucens), демонструють понад 40 % підвищення виходу біоводню та понад 65 % ефективності переробки. Личинки здатні перетворювати різнорідну органіку на біомасу (до 45 % білка, до 35 % жирів), та утворювати корма, біопаливо, добриво тощо. Така технологія переробки відходів розвиваються у багатьох країнах: Китаї, Італії, Нідерландах, Південній Кореї, Австралії, Йорданії, Малайзії та ін.

Сучасна біотехнологія відкриває принципово нові можливості для харчової інженерії, що дозволяє виробляти білки тваринного походження без прямого використання тварин. Технологія прецизійної ферментації, **розроблена в Університеті Квінсленда,** передбачає генетичне програмування мікроорганізмів (дріжджів або грибів) з метою синтезу білків, ідентичних тим, що містяться в коров'ячому молоці, зокрема казеїну та ін. У геном мікроорганізму вводять відповідну ДНК-послідовність, після чого культивують його в біореакторах на поживному середовищі на основі цукрів [9].

Після ферментації суміш фільтрують та очищають, що гарантує відсутність ГМО в кінцевому продукті. Очищений білок висушують у порошок, ідентичний традиційному традиційним молочним білкам. Таке виробництво скорочує викиди вуглецю на 96% і використання земель на 92% порівняно з

тваринництвом. Продукт сумісний з наявними потужностями переробної галузі. Всі подальші процеси (центрифугування, пастеризація та сушіння) не відрізняються від традиційних, що дозволяє обійтися без модернізації.

Паралельно розвивається технологія електроних носів (e-noses) – пристроїв, що імітують біологічну нюхову систему людини. Вони використовують набір частково селективних сенсорів: кожен генерує унікальний сигнал у відповідь на легкі органічні сполуки, а сукупність сигналів утворює цифровий «відбиток» запаху, який нейронна мережа порівнює з еталонами. Сучасні мікроелектронні газові сенсори дозволяють створювати мініатюрні пристрої для роботи в реальному часі. Наприклад, розроблено електронний ніс, який дає змогу розпізнавати зміну запахів із частотою до 60 разів на секунду. У харчовій промисловості точність такого методу для виявлення мікробіологічного псування м’яса досягає 98,5 %.

Поряд із сенсорними технологіями відбувається інтенсивна цифровізація систем управління безпечністю харчових продуктів, зокрема автоматизація процедур HACCP через спеціалізовані цифрові платформи. Ці рішення забезпечують повну автоматизацію технологічних процесів переробних і харчових виробництв. Вони передбачають структуровану базу даних, електронні журнали контрольних точок, онлайн-моніторинг критичних параметрів (температура, тиск, час) у реальному часі та систему управління коригувальними діями при відхиленнях.

На даному етапі переробна і харчова промисловість України зазнає інтенсивних технологічних змін, що зумовлено потребою гарантувати продовольчу безпеку населення, подолання кадрового дефіциту, викликаний воєнним станом, та інтеграції у глобальний технологічний простір. Таким чином, сукупність розглянутих інженерних інновацій формує нову технологічну основу для переробної та харчової промисловості. Запровадження таких рішень на українських підприємствах дасть змогу не лише підвищити продуктивність виробництва, але й створити передумови для сталого розвитку цих галузей України у довгостроковій перспективі.

Список використаних джерел

1. *Siemens*. Digital twins in food industry [Електронний ресурс] // Siemens Digital Industries. – 2024. – Режим доступу: https://www.siemens.com.

2. *New Atlas*. Avocados with edible anti-spoilage coating hit US stores [Електронний ресурс] // New Atlas. – 2018. – Режим доступу: https://newatlas.com.

3. *GlobeNewswire*. Vitsab International, the creators of Freshtag® temperature monitoring technology, celebrate 33 years in business [Електронний ресурс] // GlobeNewswire. – 2023. – Режим доступу: https://www.globenewswire.com.

4. *SpotSee*. WarmMark QR technical specification [Електронний ресурс] // SpotSee. – 2024. – Режим доступу: https://www.spotsee.io.

5. *Winnow Solutions*. Winnow Vision AI food waste system [Електронний ресурс] // Winnow. – 2023. – Режим доступу: https://www.winnowsolutions.com

6. *Ingka Group*. Ingka Group invests in AI-enabled food waste prevention [Електронний ресурс] // Ingka Group. – 2025. – Режим доступу: https://www.ingka.com.

7. *Kern Tec*. Upcycling fruit pits into plant-based milk [Електронний ресурс] // Kern Tec. – 2023. – Режим доступу: https://www.kern-tec.com.

8. *Agrain*. Brewers' spent grain flour for human consumption [Електронний ресурс] // Agrain. – 2024. – Режим доступу: https://www.agrain.dk.

9. *The University of Queensland*. From UQ Startup to Global Impact: All G and the Next Wave of Innovators [Електронний ресурс] // UQ Ventures. – 2025. – Режим доступу: https://ventures.uq.edu.au.

УДК 664

MODERN DESIGN SOLUTIONS FOR THE TECHNICAL EQUIPMENT OF FOOD PRODUCTION LINES

Mykhaylov Valeriy, Dr. of Tech. Sc., Prof.,
Shevchenko Andrey, PhD (Tech.), Assoc. Prof., Semykras Oleh, Harkavyi Oleksandr,Pashchenko Roman, Marchenko Yelyzaveta, students

State Biotechnological University

Analyzes modern design solutions for the technical equipment of food production lines, using the production of boiled sausages, drinking milk, soft cheese, and mayonnaise as examples. Attention was paid to the use of food-grade stainless steels with polished surfaces, integration of clean-in-place (CIP) systems, modular architecture, sensor-based automation, and energy recovery, all of which ensure high hygiene, flexibility, and resource efficiency. The above engineering approaches are universal and can be extrapolated to other sectors of the food industry, forming a unified modern paradigm of food engineering.

The food industry is undergoing a dynamic upgrade of its technical base driven by increasingly stringent requirements for safety, product quality, and overall economic efficiency. In a highly competitive environment, producers are compelled to seek ways to cut costs, boost productivity, and ensure consistent finished-product characteristics. A decisive role in achieving these goals is played by the equipment of processing lines, which is now developed using fundamentally new design, materials science, and engineering approaches.

A common denominator of any modern food production facility is the strict regulation of sanitary and hygienic conditions. Accordingly, the basic design principle has become the use of food-grade stainless steels, which combine corrosion resistance, mechanical strength, and chemical inertness to aggressive detergents and acidic/alkaline environments. All product-contact surfaces are finished to a minimal roughness – typically by mechanical or electrochemical polishing to Ra ≤ 0.8 μm – which prevents microbial adhesion and facilitates soil removal. Welds are executed using gapless technology, and pipe and valve connections are made with hygienic quick-release couplings and modular food-grade tubing, ensuring ease of assembly and

disassembly during sanitation. An integral part of the process equipment design is integrated cleaning-in-place (CIP) systems, i.e., complex engineering installations for the circulation of cleaning solutions, rinsing, and sterilization. Modern CIP stations are equipped with multi-circuit pump sets, plate or tubular heat exchangers to maintain the required solution temperature, automatic dosing units for concentrated detergents, programmable logic controllers that manage the washing sequences and recipes. The software enables the operator to create and store in the controller's memory various cleaning programs tailored to individual equipment groups, taking into account the specific nature of the soiling and the required treatment frequency.

The modular principle of configuring production lines is another defining feature of modern equipment. It implies dividing the technological process into functionally self-contained blocks that can be arranged in various configurations depending on the output volume, product range, and characteristics of the production facility. The modules are interconnected by standardised interfaces, allowing the line to be rapidly reconfigured for a new product, scaled up in capacity, or have individual units replaced without a prolonged shutdown. This approach is particularly valuable for small and medium-sized enterprises that aim to expand production gradually.

Automation based on industrial controllers and sensor networks permeates all levels of modern food production. Temperature, pressure, level, flow, pH, and conductivity sensors are integrated into a single SCADA system that monitors critical process parameters in real time, archives data, and ensures traceability of each product batch. Variable-frequency drives on actuators enable accurate dosing of ingredients, maintaining a set flow rate and minimizing energy consumption. An important design solution is the use of recuperative heat exchangers, in which heat from the hot product is transferred to the cold raw material, allowing up to 90% of the thermal energy to be returned to the cycle.

The general approaches considered above are not abstract concepts but acquire specific engineering embodiments depending on the nature of the product. To trace exactly how these principles are implemented in real technological processes, it is advisable to proceed with a sequential analysis of typical lines, for instance, the production of boiled sausages, drinking milk, soft cheese, and mayonnaise.

The boiled sausage production line covers operations from the intake of raw meat materials to the thermal processing and packaging of finished loaves. The thermal processing of boiled sausages is performed in universal thermal chambers of the tunnel or cabinet type, whose design allows the sequential stages of drying, roasting, cooking, and cooling to be carried out in a single unit. Modern chambers are equipped with microprocessor controllers that support multi-step programs with a gradient increase in temperature, regulation of relative humidity, and air flow rate. The use of closed-type steam generators with feed-water preheating enables steam consumption to be reduced by 15–20%. After cooking, the product undergoes intensive cooling by spraying with ice water, for which the chamber design includes a separate circuit with nozzles and a water collection tray.

The drinking milk production line involves primary processing of raw milk, fat standardization, homogenization, pasteurization or sterilization, cooling, and bottling.

The basic thermal treatment device is a plate pasteurizer, the core of which is a pack of thin corrugated stainless-steel plates tightly compressed between two heavy end frames. Thanks to a specially designed corrugation profile, a high heat transfer coefficient is achieved within compact dimensions. The design of modern plate-type units typically comprises five consecutive sections: two heat regeneration sections, a pasteurization section where the product is heated with hot water to 72–78 °C, and two cooling sections using ice water and artesian water respectively. After heating, the milk enters the homogenizer. The homogenization pressure reaches 20–25 MPa, which reduces the fat globules to a size of less than 1 μm and prevents cream separation during storage. Modern homogenizers are equipped with two consecutive stages featuring separate adjusting screws, enabling optimization of the dispersed composition according to fat content.

Turning to soft cheese production, it is worth emphasizing that this category covers a wide range of products – from fresh cheeses such as mozzarella and feta to white-mould cheeses (Brie, Camembert) – united by a common feature: the absence of lengthy ripening and a relatively high moisture content. The central apparatus of the line is a cheesemaker, or multi-purpose cheese vat – a sealed tank with a heat-exchange jacket, made of stainless steel with polished internal surfaces. For soft cheeses, the formation of curd grains can take place directly in the moulds, into which the curd is transferred by gravity or by special automatic dispensers. These machines are equipped with a hopper with a screw feeder and a volumetric or gravimetric dosing system, which ensures uniform filling of the perforated moulds installed on a conveyor. After moulding, the cheese wheels are salted – either dry (by applying salt to the surface) or wet (by immersion in brine). Modern salting equipment includes “waterfall” systems, where brine is supplied by a pump and evenly distributed over the cheese surface. The salt concentration and brine temperature are automatically maintained using a conductivity controller and a tubular heat exchanger connected to a refrigeration unit. To prevent microbiological spoilage of the brine, in-line ultraviolet sterilizers are provided.

The mayonnaise production line requires fundamentally different design approaches, since the technology is based on creating a stable oil-in-water emulsion. The main unit is a vacuum mixer-homogenizer, which combines the functions of ingredient blending, emulsifying, heating, and cooling in a single vessel. The inner surface of the vessel and all product-contact parts are made of stainless steel resistant to the acetic acid present in the formulation. Evacuating the working chamber before mixing performs several functions simultaneously: removing dissolved air that could cause fat oxidation and microbiological spoilage; intensifying the suction of liquid components through the lid-mounted pipes; and preventing foam formation during emulsification. The vacuum system includes a liquid-ring pump with a closed water circulation circuit and a condenser for capturing acetic acid vapours. Dosing of dry ingredients (egg powder, mustard, stabilizers) is carried out via dust-free powder dispensers, which are connected to the vacuum mixer by sealed pipelines and equipped with vibrating screens for pre-sieving. This design eliminates personnel contact with allergenic substances and prevents contamination of the production area. After emulsification, the finished mayonnaise can undergo controlled pasteurization directly

in the mixer by supplying hot water to the jacket, which reduces the microbial load without disrupting the emulsion structure.

The final stage for all the lines considered is filling and packaging of the finished product. Modern automatic filling machines are characterized by a modular design that allows different types of dosing units – piston, screw, volumetric, or gravimetric – to be installed depending on the product's viscosity and texture. For liquid and pasty products, dosing devices based on rotary-piston or diaphragm pumps with a servo drive are widely used, guaranteeing dosing accuracy within ± 0.5%. The packaging material is formed from a reel within the machine itself, sterilized by ultraviolet radiation or hydrogen peroxide treatment, immediately filled with product, and then sealed by heat sealing. The entire filling zone is enclosed by a transparent cabinet with a laminar flow of sterile air, which maintains a positive pressure and prevents the ingress of environmental contaminants.

Conclusion. Thus, the analysis of design solutions implemented in modern production lines for boiled sausage, milk, soft cheese, and mayonnaise reveals clear trends towards the unification of materials, modularity, and integration of automated control systems. Almost all equipment is based on austenitic stainless steels with polished surfaces, ensuring the required level of hygiene. The equipment design incorporates built-in CIP systems or a quick connection to a centralized cleaning station, and minimises the number of product-contact detachable connections. Drives are equipped with variable-frequency drives and servomotors, enabling precise adjustment of operating parameters and adaptation of the equipment to different recipes. Heat recovery, thermal insulation of hot zones, and optimised aerodynamics of working chambers significantly reduce specific energy consumption. The solutions outlined are universal for many sectors of the food industry and can be extrapolated to other types of production, pointing to the emergence of a unified modern paradigm of food engineering.

References

1. Сучасне обладнання для харчової промисловості : бібліографічний покажчик [Modern Equipment for the Food Industry. Bibliographic Index] / уклад. О.О. Цокало ; за ред. Д.В. Ткаченко. Миколаїв : МНАУ, 2024. 88 с. URL : https://lib.mnau.edu.ua/info5/2024/web-obl-xarch-2024.pdf.

2. Основні типи та характеристики нержавіючих сталей [Main Types and Characteristics of Stainless Steels] (INOX Stainless Steel) // Промислова фурнітура Elesa+Ganter URL : https://elesaganter.com.ua/ua/osnovnye-marki-i-harakteristiki-nerzhaveucshih-stalej.

3. Clean in Place System (CIP) in Food Industry // Integrated Solutions for the Food Industry. URL : https://viravix.com/blog/cip-cleaning-in-food-production-enterprises.

4. Сучасні технології виробництва варених ковбас різної рецептури [Modern Technologies for the Production of Cooked Sausages of Various Recipes] / О.М. Сморочинський та ін // Таврійський науковий вісник. 2019. № 105. С. 186-191. URL : http://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/105_2019/32.pdf.

5. Комплексний підхід до оцінки машинно-апаратурного забезпечення виробництва сиру кисломолочного [A Comprehensive Approach to Assessing the Machinery and Equipment for the Production of Fermented Milk Cheese] / Р.В. Паперняк та ін. // Таврійський науковий вісник. Технічні науки. 2024. №.5. С. 214-224. URL : https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/48171.

6. Сучасні технології та обладнання для виробництва харчових продуктів швидкого приготування та консервованих овочевих продуктів [Modern Technologies and Equipment for the Production of Instant Food Products and Canned Vegetable Products] / А.О. Шевченко та ін. // Молодь і індустрія 4.0 в XXI столітті : XX-й Міжнар. форум молоді, 10-11квітня 2025 р. : матеріали. Харків : ДБТУ, 2025. С. 103-104. URL : https://repo.btu.kharkiv.ua/items/43ee4069-0edd-405f-bc9c-acdedd0179c7

7. Інженерні рішення в обладнанні для виробництва харчової продукції масового споживання [Engineering Solutions in Equipment for the Production of Mass-Consumption Food Products] / В.М. Михайлов та ін. // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. пр. Харків : ДБТУ, 2024. – Вип. 2 (36). – С. 146-155. URL : https://repo.btu.kharkiv.ua/items/21eba583-c691-4882-a97a-ea259aec88ca.

УДК 621.867.83

СИСТЕМА БЕЗПЕРЕРВНОГО ПНЕВМОТРАНСПОРТУВАННЯ ЩІЛЬНИХ ФАЗ E-FINITY ТА ПЕРСПЕТИВИ РОЗВИТКУ ТАКИХ СИСТЕМ

Лук'янов І.М., к.т.н., доц., Шевченко А.О., к.т.н., доц.,
Некрасов М.О., магістрант, Некрасов Д.О., студент

Державний біотехнологічний університет

Проведено аналіз сучасних підходів до експлуатації напірних та всмоктувальних пневмотранспортерів у харчовому та переробному виробництвах. Підвищення відсотка сипкого вантажу у повітряному потоці особливо вигідне, враховуючи відносно високі енерговитрати при пневмотранспортуванні.

Метою досліджень є підвищення ефективності роботи пневмотранспортерів з зерновими та їх похідними (борошно, крупи, комбікорми).

Відсоток транспортних операцій з використанням пневмотранспорту достатньо великий, особливо в портах та в зернопереробній галузі. Система E-Finity® є запатентованою технологією безперервного пневматичного транспортування в щільній фазі, розроблена компанією Schenck Process для «делікатних» сипких матеріалів. Суть процесу полягає у використанні точного моніторингу тиску та корекції повітряного потоку, що дозволяє забезпечити ефективну роботу системи в усіх умовах та транспортування матеріалів через трубопровід у пробковому режимі без пошкодження. Система оптимально підходить для гранульованих та пелетованих матеріалів, таких як корми для тварин, крупи, горіхи та зерно.

Існують прогалини в дослідженнях, що включають інтеграцію штучного інтелекту (ШІ) та машинного навчання, оптимізацію поведінки багатофазного потоку, а також обробку когезійних та важкотранспортабельних матеріалів. Перспективи розвитку технології пов'язані з впровадженням автоматизованих систем контролю, використанням відновлюваних джерел енергії та підвищенням енергоефективності процесів.

Сутність процесу E-Finity®. Пневматичне транспортування є важливою технологією для ефективного та надійного переміщення сипучих матеріалів, порошків та гранул у різних галузях промисловості в щільній фазі, яка забезпечує плавне та енергоефективне переміщення гранульованих та пелетованих матеріалів [1].

Традиційні системи безперервного транспортування в щільній фазі використовують повітродувки та роторні клапани, що може призводити до нестабільних витоків повітря через підвищений тиск у трубопроводі. Для вирішення цієї проблеми система E-Finity® застосовує точний моніторинг тиску для керування клапанами та регулювання повітряного потоку, автоматично коригуючи будь-які витоки або коливання температури [2].

Система здатна оцінювати транспортне повітря, тиск, швидкість подачі, витоки та енергоспоживання. Вона може забезпечувати маршрути трубопроводів діаметром 100 мм та довжиною до 240 м з повітродувкою на 1 бар або регульованим джерелом стисненого повітря для більших відстаней. Матеріал подається зі швидкістю до 10 м³/год через бункер-дозатор або розвантажувач великих мішків [2].

Унікальні контролери подачі повітря E-Finity® можуть використовувати єдине джерело повітря для одночасної роботи 2–3 різних систем, що призводить до значної економії витрат як на обладнання та встановлення, так і на наступну експлуатацію та обслуговування [3].

Незважаючи на значний прогрес у галузі пневматичного транспортування, існує низка дослідницьких прогалин, які потребують подальшого вивчення. До них можна віднести інтеграцію ШІ в керування транспортером та моделювання динаміки багатофазних середовищ, експериментальне дослідження переміщення вантажу трубами з використанням датчиків швидкості, тиску, відеоконтролю. Системи ШІ можуть виявляти проблеми до того, як вони призведуть до поломок обладнання або збоїв, виконуючи моніторинг таких характеристик, як температура, тиск повітря та вібрація. Прогнозне технічне обслуговування зменшує час простою, знижує витрати на обслуговування та підвищує загальну надійність системи. ШІ постійно оцінює та коригує налаштування системи на основі даних у реальному часі [2].

Важливим аспектом є екологічна безпека, що потребує досліджень зі створення екологічно чистих рішень. Це включає обмеження енергоспоживання, зменшення викидів та вдосконалення конструкцій систем для ефективного транспортування матеріалів з урахуванням екологічних факторів. Майбутні системи пневматичного транспортування повинні включати технології регенерації та рекуперації енергії, які зменшують загальне енергоспоживання

[2]. Потрібно розробляти та використовувати матеріали, стійкі до абразивного зносу. Це включає створення вдосконалених покриттів, футеровок та зносостійких матеріалів, які можуть протистояти абразивній природі потоку частинок вантажів у трубах. Також ці покриття повинні бути безпечними. Крім того, у разі зношування їхні частинки повинні легко відокремлюватися під час сепарації.

Висновок. Запропонована система транспортування щільних фаз на погляд авторів є спробою створення «розумного» пневмотранспортера. Для керування таким достатньо 5–6 параметрів у найпростішого контролера. Проте обґрунтування цих параметрів, визначення їх допустимих варіативних інтервалів через проведення натурних досліджень та проектування з використання теорії багатофазних середовищ та методу скінченних елементів потребує значних ресурсів, доступних на сьогодні переважно великим виробникам сільськогосподарського обладнання, що стримує широке впровадження методу.

Список використаних джерел

1. Dense phase conveying E-finity® [Electronic resource] : Coperion Food, Health & Nutrition. URL: https://fhn.coperion.com/process/e-finity (дата звернення: 08.05.2026).

2. Abe M.C. et al. Pneumatic Conveying Technology: Recent Advances and Future Outlook // ChemEngineering. 2023. Vol. 56, Iss. 1, 205. URL : https://www.mdpi.com/2673-4591/56/1/205 (дата звернення: 08.05.2026).

3. Dense Phase Conveying System [Electronic resource] : PCNE.eu, The processing industry's indispensable news source. URL: https://www.pcne.eu/article/dense-phase-conveying-system (дата звернення: 08.05.2026).

УДК 631.362

ПРО УДАРНИЙ РУХ ЧАСТИНКИ ПО ПОХИЛІЙ ПЛОЩИНІ З ПОДАЧЕЮ В ПОПЕРЕЧНОМУ НАПРЯМКУ

Завгородній О.І., д.т.н., проф., Богомолов О.В., д.т.н., проф., Богомолов О.О., асп., Бойко Є.В., асп., Мартинова М.С., магістр.

(Державний біотехнологічний університет)

Представлені результати моделювання ударного руху частинки по похилій площині з подачею в поперечному напрямку встановлена можливість сепарації насіння за малодослідженою ознакою- моментом інерції частинок.

Віброударний та ударний рух частинок різної форми по вібраційним або похилим неперфорованим площинам розглядався багатьма вченими. Але ними не розглядався рух частинок при спеціально спрямованій їх подачі в певному напрямку. Найбільш перспективним способом розділення частинок з різними фізико-механічними властивостями на наш погляд є їх розділення за рахунок удару на похилій не перфорованій поверхні з подачею в поперечному напрямку відносно нахилу робочої поверхні.

Розглянемо рух частинки після удару об похилу поверхню, що була спрямована в поперечному напрямку.

На рис. 1. представлена схема моделювання такого руху - α – кут нахилу робочої поверхні; - ψ – кут нахилу напрямної поперечної подачі частинки відносно горизонталі.

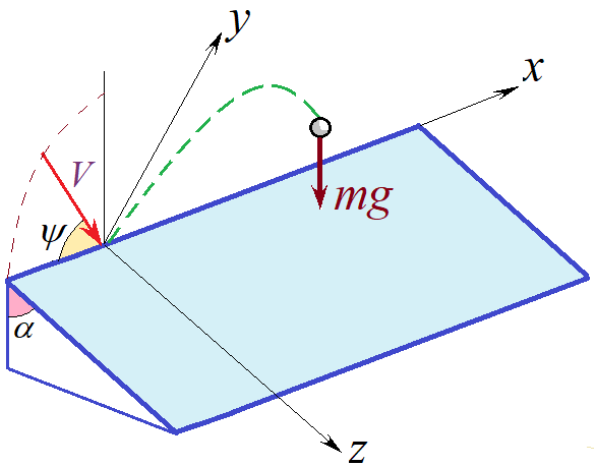


Рисунок 1 Схема моделювання руху частинки після удару об похилу площину з подачею в поперечному напрямку.

Диференціальні рівняння польоту частинки мають вигляд:

$$\begin{cases} \ddot{x} = 0; \\ \ddot{y} = -g\sin\alpha; \\ \ddot{z} = g\cos\alpha. \end{cases}$$

Розв'язок диференціальних рівнянь при початкових умовах

$x = x_0,\ y = y_0,\ z = z_0,\ \dot{x} = V_{x0},\ \dot{y} = V_{y0},\ \dot{z} = V_{z0}$ при $t = t_0$:

дозволив отримати їх у наступному вигляді:

$$\begin{cases} \dot{x} = V_{x0}; \\ \dot{y} = V_{y0} - g(t - t_0)\sin\alpha; \\ \dot{z} = V_{z0} + g(t - t_0)\cos\alpha; \\ x = x_0 + V_{x0}(t - t_0); \\ y = y_0 + V_{y0}(t - t_0) - \dfrac{1}{2}g(t - t_0)^2\sin\alpha; \\ z = z_0 + V_{z0}(t - t_0) + \dfrac{1}{2}g(t - t_0)^2\cos\alpha. \end{cases}$$

На рис. 2 та 3 наведені результати розрахунку траекторій руху частинок по похилій поверхні з подачею їх у поперечному напрямку при:

$\alpha = 60^\circ$ – кут нахилу площини;

$\psi = 45^\circ$ – кут нахилу напрямної поперечної подачі частинок;

$R = 0{,}5$ – коефіцієнт відновлення швидкості;

$H = 0{,}4м,\ \ L = 0{,}5м$ – габаритні розміри площини вздовж осей Oz і Ox відповідно;

$r = 0,002м$ радіус частинки; момент інерції $\mu = (\rho / r)^2$;

ρ – радіус інерції частинки;

а) $R = 0,5,\ \mu = 0,4;$

б) $f = 0,4,\ \mu = 0,4;$

в) $R = 0,45,\ f = 0,4$ ($\kappa = 3$ масштабний коефіцієнт висоти підскоку частинок по осі Oy).

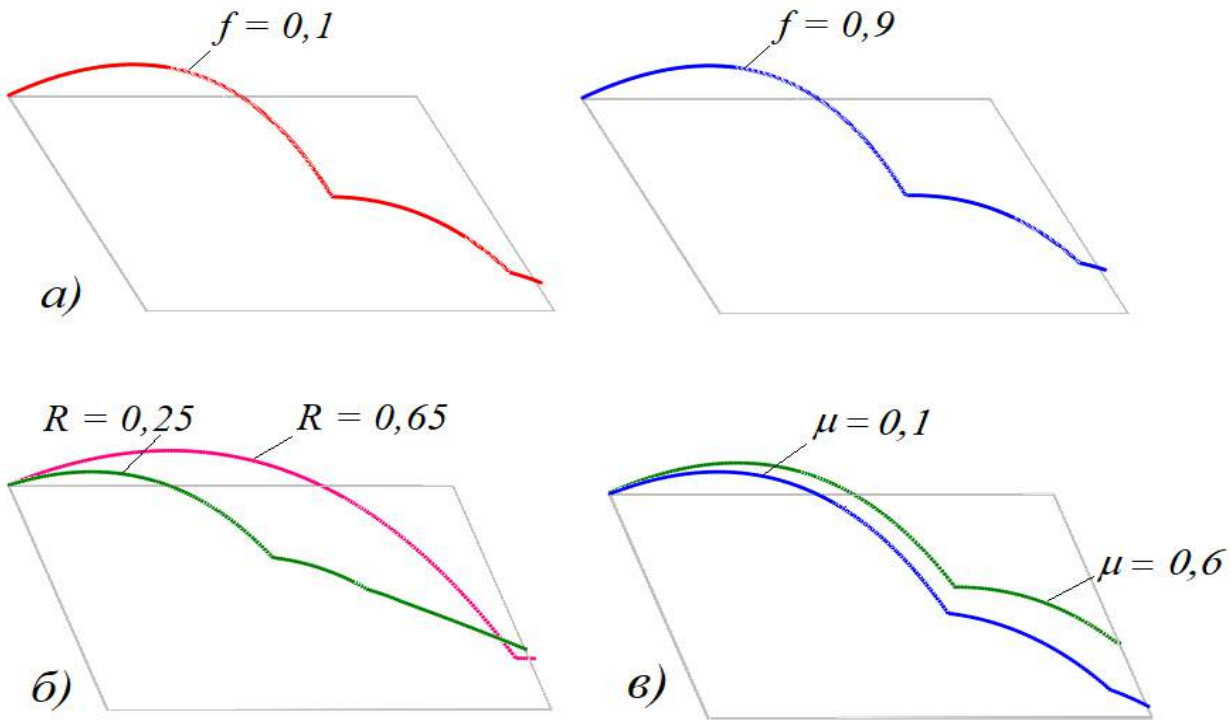


Рисунок 2. Просторове зображення траєкторій руху частинок

На рис. 3. - Представлені результати розрахунку залежності дальності і часу транспортування частинок вздовж осі Ox в залежності від показника μ

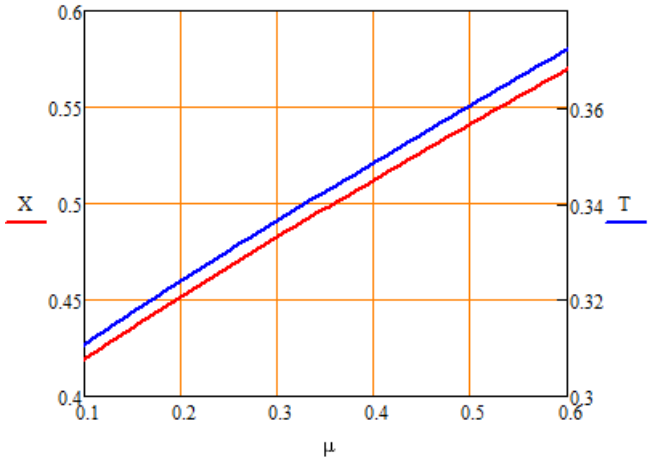


Рисунок 3. Залежності дальності і часу транспортування частинок вздовж осі O_x залежності від показника μ

Як видно з рис. 2. *а*, траєкторії руху частинок практично не змінюються при різних коефіцієнтах тертя від *f=0,1* до *f=0,9* частинок, тобто коефіцієнт тертя практично не впливає на процес сепарації суміші на ударній поверхні, що сепарує. Це в свою чергу свідчить про те, що навіть у тому разі якщо коефіцієнти тертя частинок суміші мають великі розбіжності їх сепарація на фрикційних поверхнях з ударом недоцільна і в цьому випадку слід здійснювати пошук іншого способу сепарації, наприклад на віброфрикційних поверхнях або горках з рухомою поверхнею.

Аналіз рис.2. *б* в якому розрахунок проведений для частинок з різними коефіцієнтами відновлення швидкості свідчить про можливість розділення суміші за коефіцієнтами відновлення швидкості за траєкторіями руху по висоті. Але в остаточному вигляді напрям траєкторії їхнього руху майже співпадає. Тобто, за коефіцієнтами відновлення швидкості під час удару на похилій площині з подачею суміші в поперечному напрямку теж майже неможливо. Але ж різна висота траєкторій змушує висловити думку про пошук нових способів сепарації за цією ознакою. Це є також побічним підтвердженням можливості сепарації сумішей з різними ознаками коефіцієнтів відновлення швидкості на багатоярусних ударних сепараторах, тому що частинки, що мають більшу висоту траєкторій, можуть співударятись з сепаруючими поверхнями більшу кількість разів.

Результати розрахунку траєкторії руху частинок в залежності від моменту інерції частинок (рис.2. *в*) свідчать про можливість їх розділення на похилій ударній площині з подачею суміші в поперечному напрямку.

Частинки з більшим моментом інерції переміщуються в напрямку осі Х на більшу відстань ніж з меншими. Момент інерції характеризує розподіл мас всередині насінин. Частинки з більш щільною масою в центрі насінини мають більший момент інерції і навпаки. Тобто за цією ознакою можлива не тільки сепарація, а й сортування насіння бо найбільш повноцінне насіння має більшу щільність.

Представлені на рис. 3 залежності дальності і часу транспортування частинок вздовж осі ОХ в залежності від моменту інерції μ також свідчать про можливість їх розділення за цією ознакою, яка до речі як ознака сепарації до цього часу по суті не розглядалася ні вченими, ні винахідниками для напрямку нових способів та обладнання для сепарації сумішей за моментом інерції.

Висновки. Таким чином за допомогою моделювання ударного руху частинки по похилій площині з подачею в поперечному напрямку встановлена можливість сепарації насіння за малодослідженою ознакою - моментом інерції частинок.

Список використаних джерел

1. ЗавгороднійО.І., Сіняєва О.В. Траєкторії руху кулі в повітряному потоці між похилими площинами, що коливаються // “Механізація сільськогосподарського виробництва”: Вісник ХНТУСГ імені Петра Василенка, Вип.148.– Харків, ХНТУСГ, 2014.– С.362-370.

2. Гравітаційний сепаратор сипких сумішей за пружністю та коефіцієнтами тертя: патент на корисну модель №162405, Україна: МПК B07B13/00, Богомолов О.В., Богомолов О.О., Ляшенко Б.В. та ін.-№ u 2025 02908; заявл. 17.06.20254; опубл. 25.03.2026, Бюл. №12-4с.

УДК 631.362

СЕПАРАЦІЯ ТА СОРТУВАННЯ НАСІННЯ ПРОСА НА ГРАВІТАЦІЙНОМУ БАГАТОЯРУСНОМУ УДАРНОМУ СЕПАРАТОРІ

Богомолов О.В., д.т.н., проф., Михайлов В.М., д.т.н., проф., Богомолов О.О., асп. Бочарніков І.О., асп., Швець С.І., Скляр Р.С., маг.

(Державний біотехнологічний університет)

Обґрунтовані та представлені результати сепарації та сортування насіння проса на гравітаційному багатоярусному ударному сепараторі свідчать, що за один пропуск насіння проса можна отримати 35,2% насіннєвого матеріалу та 30,2% насіння 2 класу.

Сепарація насіння проса в гравітаційному ударному сепараторі здійснюється за рахунок гравітаційних сил та пружних властивостей зерна при ударній взаємодії насіння з похилими деками і різному зміщенні їх в повздовжньому напрямку в залежності від пружних властивостей[1]. Більш пружні частки суміші після удару зміщуються на більшу відстань в повздовжньому напрямку, ніж менш пружні. Сумарна різниця цих відстаней і є ознакою подільності даної суміші. Ця різниця залежить також від кількості ярусів, встановлених в сепараторі, чим їх більше - тим краще якість сепарації. Причому під час сепарації насіння проса можлива і його сортування, адже відомо, що більш пружні зерна мають більшу масу 1000 зернин, і звісно мають кращі посівні якості. Схема багатоярусного ударного сепаратора представлена на рис. 1.

Багатоярусний ударний сепаратор складається з живильного бункера 1, похилих з поздовжньо-поперечним нахилом неперфорованих дек 2 і приймачів продуктів поділу 3.

У цьому сепараторі зернова суміш з живильного бункера послідовно надходить на каскад дек, що відбивають. Декі мають поперечний і поздовжній нахили по відношенню до горизонту, і розташовані так, що зернова суміш, зазнавши удару об одну, співударяється з розташованою поруч. Чим вище пружність зерна, тим більше ударів воно випробовує у проміжку між рядом розташованими деками, отже, і більшу відстань вздовж поздовжньої осі переміститься від місця подачі. Зійшовши з верхніх дек, зерно під впливом сили тяжіння знову набирає необхідну швидкість і вдаряється об деку, розташовану нижче, але зі зміщенням від місця подачі на відстань, пропорційну, зрештою, пружності зерна. Далі процес повторюється у другому ярусі, а потім і в усіх інших, нижче розташованих парах дек (ярусах).

У нижній частині пристрою розташовані приймальні ємності, і найбільш пружні зерна, зрештою, потраплять у найдальший від пристрою живлення приймач. Відповідно подрібнені, щуплі і найменш пружні будуть у ближніх від живильника приймачах. Сферою застосування сепаратора є фермерські господарства та малі підприємства, в яких виробляється насіннєвий матеріал та здійснюється первина переробка зерна.

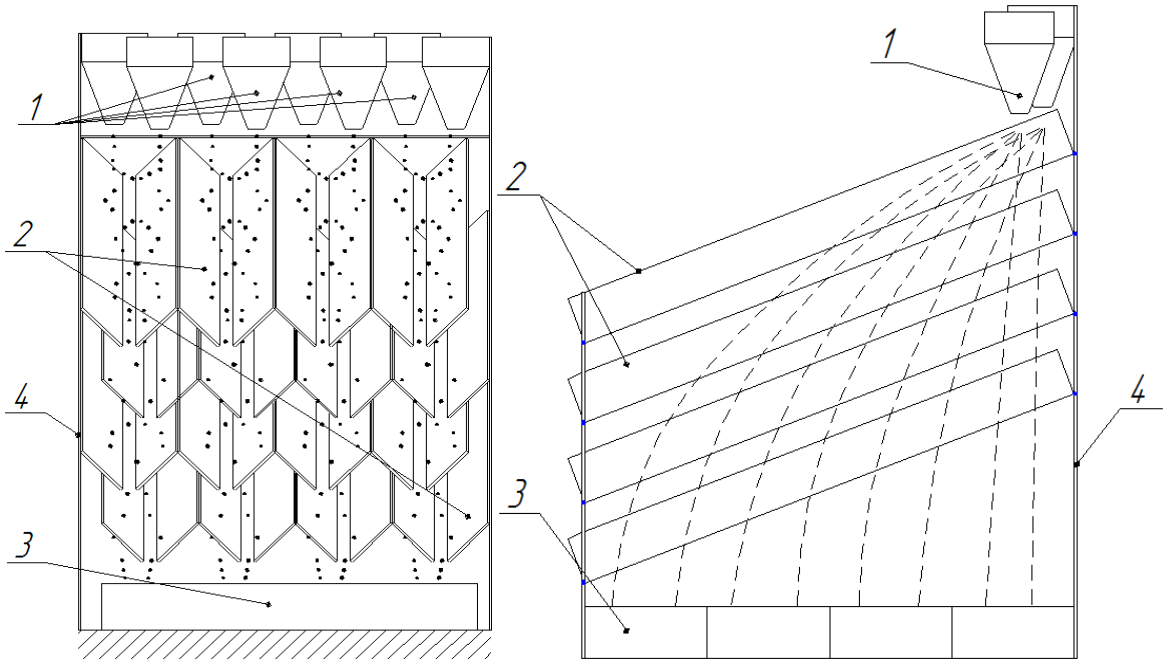


Рис. 1. Схема багатоярусного ударного сепаратора: 1 – бункер; 2 –декі 3 – приймачів продуктів поділу

Гравітаційний багатоярусний ударний сепаратор призначений для сепарації насіння зернових, бобових, технічних та інших культур. Даний сепаратор було апробовано на очищенні та сортуванні насіння проса урожаю 2024р. Випробовування проведені в СФГ «Калина» Вовчанського району.

В таблиці 1 представлені результати сортування насіння проса на багатоярусному ударному сепараторі

Таблиця 1. Результати сепарації та сортування насіння проса

Найменування	Номер приймального лотка				
	1	2	3	4	5
Розподіл маси по лотках, кг	5,1	12,2	15,1	12,7	4,9
Розподіл маси по лотках, %	10,2	24,4	30,2	25,4	9,8
Розподіл маси по лотках бур'янів, %	79,6	18,5	1,9	-	-
Розподіл бур'янів по лотках, шт/кг	255800	71500	6100	-	-
Маса 1000 зернин проса,гр	6,1	6,5	6,7	6,9	6,9
Клас зерна	відхід	на доробку	2кл	І кл посівне	І кл посівне

Як видно з таблиці 1, розподіл маси зерна проса здійснено по п’яти лотках сепаратора.

При цьому в 4 та 5 лотки потрапляє 35,2% зерна проса повністю очищеного від насіння важковідокремлюваних бур'янів. В третій лоток потрапляє 30,2% насіння 1го класу, яке можна направляти на переробку в крупу. В другому лотку опинилось 24,4% загальної маси зерна засміченістю 18,5%, з якого можна при повторному пропуску виділити 33% зерна 2 класу. В 1 лоток потрапляє 10,2% суміші від загальної маси – це 79,6% бур'янів. З таблиці також видно, що одночасно з очищенням проходить і сортування зерна по масі 1000 зернин. Очищене насіння 4 і 5 лотків має більшу масу 1000 зернин і його рекомендується використовувати для посіву, бо відомо, що з насіння з більшою масою 1000 зернин можна отримати більший урожай. Вміст з першого лотка можна рекомендувати використати на комбікорми.

Висновки. Таким чином на гравітаційному багатоярусному ударному сепараторі за один пропуск насіння проса з вмістом 5,6% важковідокремлюваних бур'янів щетинника сизого та курячого проса можна отримати 35,2% насіннєвого матеріалу 1 класу та 30,2% насіння 2 класу.

Список використаних джерел

1. Богомолов О.В., Михайлов В.М., Богомолов О.О., Бойко Є.В., Панов В.О., Бочарніков І.О. До питання сепарації зернових сумішей без витрат енергії на процес сепарації // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв, ресторанного господарства та торгівлі. Харків : ДБТУ, 2025. Вип. 4 (38). С.156-166.

2. Гравітаційний сепаратор сипких сумішей за пружністю та коефіцієнтами тертя: патент на корисну модель №162405, Україна: МПК B07B13/00, Богомолов О.В., Богомолов О.О., Ляшенко Б.В. та ін.-№ u 2025 02908; заявл. 17.06.20254; опубл. 25.03.2026, Бюл. №12-4с.

3. Богомолов О.В., Михайлов В.М, Богомолов О.О., Панов В.О., Бочарніков І.О., Бібленко О.С., Карпенко А.С., Козлюк Б.М. Дослідження параметрів сепарації насіння проса на гравітаційному ударному сепараторі. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Молодь і технічний прогрес в АПВ». –Х: ДБТУ, 2024. –С. 422 -423.

УДК 621.867.42

РОЗВАНТАЖЕННЯ-ЗАВАНТАЖЕННЯ ВАНТАЖІВОК ЗА ДОПОМОГОЮ СТРІЧКОВИХ КОНВЕЄРІВ В УМОВАХ УСКЛАДНЕНОЇ ЛОГІСТИКИ

Лук'янов І.М., к.т.н., доц., Шевченко А.О., к.т.н., доц.,
Нестерук М.Д., Овчинніков В.В., бакалаври

Державний біотехнологічний університет

Розглянуто проблему прискорення вантажно-розвантажувальних робіт в умовах ускладненої логістики. Запропоновано конструкцію легкого пересувного стрічкового конвеєра (65–80 кг) на складаних опорах із живленням від бортової мережі, синтетичною стрічкою та полірованою пластиною.

На сьогодні в Україні склалися важкі умови для транспортування вантажів до невеликих міст та селищ: розбиті шляхи потребують використання вантажівок, а постійні обстріли вимагають максимально скоротити час завантаження-розвантаження автомобілів. Це, вочевидь, потребує мобільного, тобто перевізного, спеціального обладнання типу легких пересувних стрічкових конвеєрів.

Метою дослідження є підвищення швидкості вантажних робіт з автотранспортом як на складах, так і під час виїзних операцій за рахунок використання переобладнаних стрічкових конвеєрів. Автомобілі для перевезення цивільних вантажів (Укрпошта або Нова пошта), а також різні благодійні фонди здебільшого працюють із фасованим вантажем: посилки, гуманітарна допомога, коробки та мішки.

Проблему розвантаження достатньо успішно вирішує використання стрічкових конвеєрів змінної довжини (СКЗД), які тепер називають телескопічними, але їхня вартість та вимоги до умов експлуатації є занадто високими (рис. 1).



Рис. 1. Сучасний (фактично стаціонарний) телескопічний конвеєр та ручне розвантаження

Для прискорення вантажних операцій у сучасних умовах, інколи й під обстрілом, доцільно, на наш погляд, створити легкий пересувний стрічковий конвеєр, який можна возити у вантажівці та подавати в кузов по мірі виймання рядів штучного вантажу. Для цього він повинен бути обладнаний складаними опорами, подібними до опор сучасних медичних нош швидкої допомоги, та додатковою парою коліс спереду для спирання на підлогу у кузові фури (рис. 2).

Сам стрічковий конвеєр потрібен мінімальної ваги, для чого необхідно використати сучасні синтетичні стрічки та замість роликових опор взяти сталеву поліровану тонку пластину П-подібної форми в перерізі, яка водночас сприйматиме частину навантаження як елемент металоконструкції (рис. 3).



(а) (б)

Рис. 2. Сучасний стрічковий конвеєр, але без «ніг» (а); складані медичні ноші швидкої допомоги у транспортному стані (б)

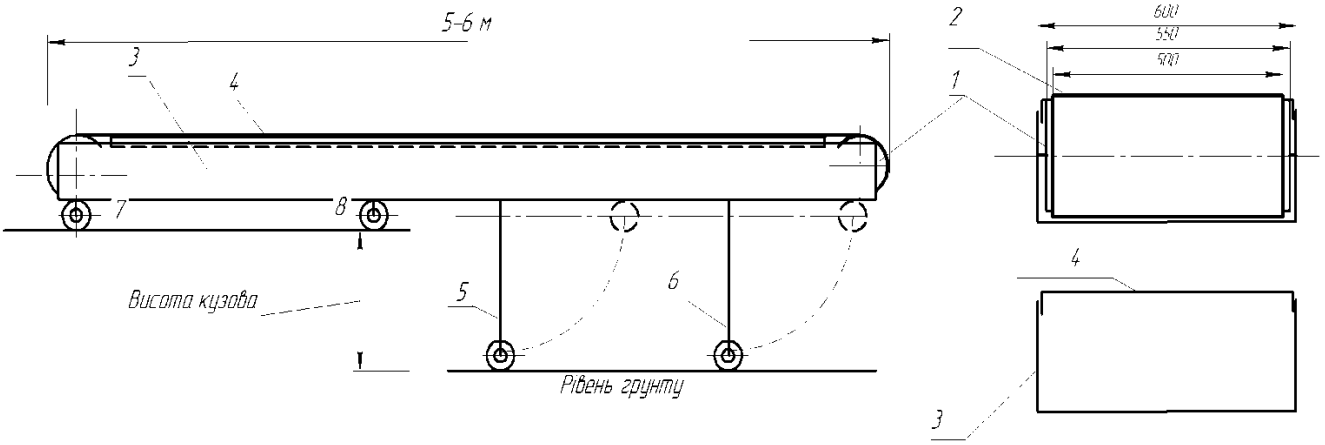


Рис. 3. Принципова схема та габаритні розміри розробленого стрічкового конвеєра (вигляд справа, збільшений у 2 рази): 1 – приводний барабан, 2 – стрічка синтетична тонка, 3 – нижня частина металоконструкції пластинчаста, швелероподібна, 4 – верхня частина металоконструкції, одночасно поверхня ковзання стрічки, 5, 6 – складані опори, 7, 8 – опори для кузова автомобіля

Привод планується розмістити всередині барабана, живлення – від бортової мережі. Були розроблені такі параметри конвеєра: довжина 5…6 м, залежно від типу авто, щоб вміщувався в кузов; ширина стрічки – 0,5 м (відповідно до розмірів мішка на 50 кг); швидкість стрічки повинна варіюватися в межах 0,25…0,5 м/с. Тобто продуктивність буде 750…1500 кг/хв (за умови, що вантажники витримають темп один мішок за секунду); на стрічці одночасно перебуватиме максимум 4–5 мішків, погонна маса вантажу складе 50 кг/м. Перевезення передбачене в будці фури або в кузові; очікувана вага – 65…80 кг, з ним упораються дві людини. Конвеєр розраховано на надшвидке вивантаження авто у необладнаних місцях.

Висновок. Запропонований легкий конвеєр (65…80 кг) на складаних опорах забезпечує продуктивність 750…1500 кг/хв і пришвидшує роботу з

посилками та мішками в складних умовах, а застосування синтетичної стрічки та полірованої пластини замість роликів зменшує вагу.

УДК 662.63:620.17:621.979

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВОЛОГОСТІ СИРОВИНИ ТА ТИСКУ ПРЕСУВАННЯ НА МІЦНІСТЬ ПАЛИВНИХ ГРАНУЛ

Аліфанов М.О. магістр, Гурський П.В. к.т.н., проф.,
Іващенко С.Г. к.т.н., доц.

Державний Біотехнологічний університет

Розглянуто проблему міцності паливних гранул з сільськогосподарської сировини різного технологічного походження та досліджено вплив вологості сировини і величини тиску пресування на міцність гранул. Проаналізовано залежність міцності паливних гранул з різної сировини і різним фракційним складом при температурі екструзії 120 ℃ і тривалості пресування 1,5 хв від вологості сировини та тиску пресування.

Параметри технологічного процесу одержання паливних гранул із лузги соняшникового насіння відповідали вимогам затвердженого на підприємстві технологічного регламенту. Зразки були виготовлено при температурі 120°С, час пресування становив 1,5 хв. вологість сировини коливалася від 8 до 11%, фракційний склад рівний 0,5/2, охолодження гранул проводили до температури 20°С. [1, 2, 3].

При проведенні досліджень було встановлено. що фракційний склад сировини впливає на міцність паливних гранул, яка, у свою чергу, визначає транспортабельність продукції на більші відстані. З отриманих даних (рис.1) видно, що соснова сировина дозволяє одержати гранули із трохи більш високими показниками міцності, ніж з лузги насіння соняшника і гречаної лузги [1, 2, 3].

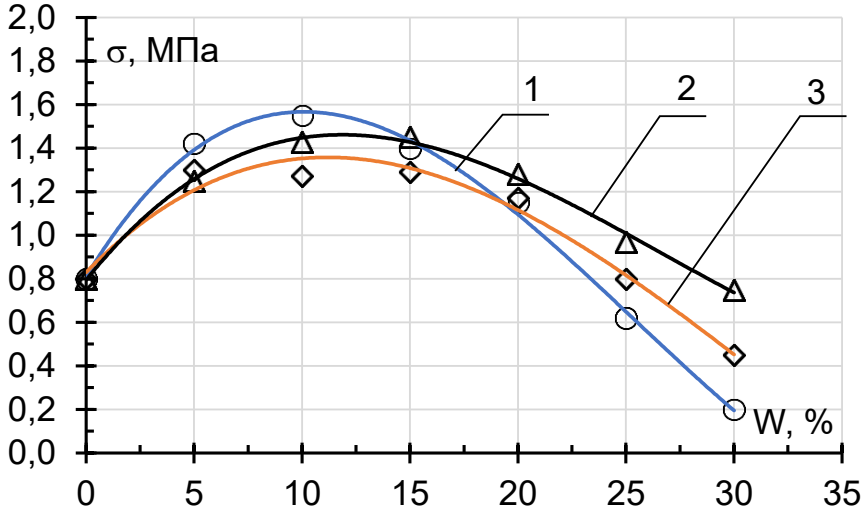


Рис. 1 Залежність міцності паливних гранул від вологості сировини: 1 - з листяної деревини; 2 - з лузги соняшника; 3 з соломи пшениці;

Однак як видно з графіку, що міцність гранул із цієї сировини при рівній щільності (від 800 до 1100 кг/м^3) по міцності мало уступають гранулам із сосни. Дослідженнями також встановлено, що для гранул із досліджуваної сировини спостерігається характерний максимум міцності за вологості 10%, що свідчить про відсутність подальшого здрібнювання деревної сировини й зниженню енергоємності процесу.

Як видно з отриманих даних (рис.1), для деревини сосни раціональною є вологість 5…7%, що являє собою досить тверду вимога до технологічного процесу, якщо метою є одержання деревних гранул з максимальною міцністю. Для лузги соняшника спостерігається досить широкий діапазон припустимої вологості від 5 до 15%. у межах якого міцність практично не змінюється.

Це дозволяє використовувати сировину різного технологічного походження й робить технологічний процес мобільним і енергоефективним (з погляду витрат на сушіння). Слід зазначити, що збільшення вологості понад 15% приводить до різкого падіння значень міцності гранул із сосни та із лузги насіння соняшника. Так, величина цього показника при вологості 11% була найвищою й становила 1.5 МПа, а при вологості 30% вона знизилася до 0,2 МПа. Для лузги насіння соняшника це спостерігається при більш високій вологості (16%) і з меншою інтенсивністю і при вологості 30% вона знижується до 0,7МПа [4, 5, 6].

Вплив тиску пресування (рис.2) на властивості гранул досліджували при виготовленні ущільненого матеріалу з різної сировини і різним фракційним складом при температурі екструзії 120^{0}С і тривалості пресування 1,5 хв.

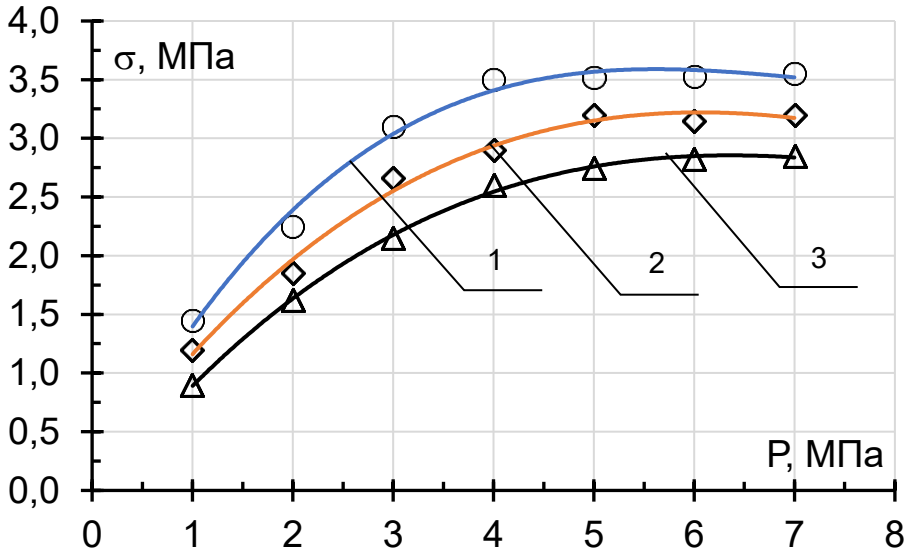


Рис 2 Залежність міцності паливних гранул від тиску пресування з лузги насіння соняшника з різною вологістю, мас.% : 1= 8,7; 2 = 11,2; 3 = 12,9

Як видно з отриманих даних, збільшення тиску пресування від 5 до 15 МПа закономірно приводить до підвищення міцності гранул від 1.2 до 3.7 МПа. Це, на наш погляд, є наслідком зниження пористості матеріалу, що супроводжується збільшенням питомої поверхні контактів між частками деревного наповнювача. Збільшення тиску понад 6.5 МПа недоцільно, тому що приріст міцності незначний. Слід зазначити, що збільшення тиску пресування деревних часток з листяної деревини впливає на міцність деревних паливних гранул, чому із

хвойної. Це добре узгодиться з раніше отриманими даними по пористості пресованих зразків (рис. 2). тому що менш пористий матеріал має низьку чутливість до зміни тиску [4, 5, 6].

Крім того тиск пресування й тривалість пресування тісно зв'язані: зміна одного з параметрів дозволяє одержати бажаний результат стосовно міцності і теплотворної здатності шляхом відповідного зміни другого параметра [6, 7].

Список використаних джерел

1. ДСТУ EN 15210-1:2013 Тверде біопаливо. Метод визначання механічної міцності паливних гранул і брикетів. Частина 1. Паливних гранули (EN 15210-1:2009, IDT), К:. Мінекономрозвитку.-2013. 18 с.

2. Виллу Вареса – Таллинн / Справочник потребителя биотоплива, Таллиннский политехнический университет, 2005, 182 с.

3. Тверде біопаливо: технологічні вимоги, властивості компонентів та технологія виробництва. [Електронний ресурс] Газета "Агробізнес сьогодні"№19(290) , 22 жовтня 2014, за ред. О. Гайденко, К.- : вид-во ТОВ "Прес-медіа" 2014./ Режим доступу: http://www.agrobusiness.com.ua/ideii-i-trendy/2424-tverde-biopalyvo-hnologichni-vymogyvlastyvosti-komponenttiv-ta-tekhnologiia-vyrobnytstva.html.

4. Мальований М.С. Бать Р.Я. Гранулювання паливних матеріалів // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. Научный журнал. – Харьков, 2012. – No5/8 (59). – С. 10-14.

5. Курка Р.Р. Особливості технології формування паливних гранул з подрібненої деревини листяних порід /Науковий вісник НЛТУ України: зб. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2011. – Вип. 21.13. – С. 132-136.

6. Клюс С.В. Визначення та прогнозування енергетичного потенціалу деревини та її відходів / Науковий вісник НЛТУ України: зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2012. – Вип. 22.7. – С. 84-91.

7. Гелетуха Г.Г. Оцінка енергетичного потенціалу біомаси в Україні. – Ч. 1. Відходи сільського господар-ства та деревинна біомаса / Г.Г. Гелетуха, Т.А. Железна, М.М. Жовмір, та ін. // Промислова теплотехніка. – 2010. –Т. 32, No 5. – С. 58-65.

UDC 644.65

RESEARCH OF THE PROCESS OF MAKING WHEAT-RYE BREAD

Bogomolov O.V., Dr. Sci. Engineering, Professor,
Gursky P.V., PhD in Engineering, Professor,
Ivashchenko S.G., PhD in Engineering, Associate Professor

(State Biotechnological University)

A study of the preparation of dough from wheat and rye flour by combining separately prepared dough from these types of flour is presented. The sequence of technological operations is presented.

At present, the production of bakery products in our country is of quite great importance. There is a large assortment of such products. Products are made mainly from wheat flour of the highest, first and second grades, rye seeded flour, and a mixture of wheat and rye flour in various proportions [1, 2]. The main representatives of such products are bread, loaves, city rolls, bagel products and others.

But interesting, from the point of view of expanding the range, is the production of wheat-rye bread by combining already separately made wheat and rye dough instead of the traditional one, when all the components included in the recipe are put into one container and the dough is kneaded until smooth [3, 4].

The technological process can be presented in the following sequence:

- preparation of wheat dough;
- preparation of rye dough;
- combination of two types of dough in a certain way;
- proofing;
- baking;
- cooling.

In modern bread baking, the desire for homogeneity (uniformity) prevails. However, the method of combining wheat and rye dough without mixing opens up new horizons in creating textures. The “marbling” technique is not only aesthetics, but also a complex biochemical process.

The main difficulty in the production of such a bread product lies in the difference in rheological properties. Wheat dough has high elasticity, while rye dough has plasticity and viscosity. When heated in a bread oven, wheat zones expand faster. If the kneading was weak, this creates internal tension, which can lead to the formation of cavities. However, it is these cavities that become “pockets” for aroma. It can also be noted that the production of bread in this way is the creation of a heterogeneous biopolymer system. This is not just a mixing of ingredients, but a combination of two different colloidal structures that behave completely differently in the oven [5, 6]. This makes such studies all the more interesting.

At the point of contact of the two types of dough, limited diffusion of moisture occurs. When combined with rye, wheat dough tries to “pull” water from rye, and rye, which has high enzymatic activity (alpha-amylase), can begin to break down starch in

the adjacent layers of wheat dough. This creates a unique zone with a transitional taste [7, 8, 9].

In terms of taste, such bread works as a “flavor palette”. Unlike gray (mixed) bread, where the taste is averaged, marble bread retains:

- bright caramel notes of wheat crust.
- deep sour profile of rye crumb.

Conclusions

Creating bread by combining separately made dough from wheat and rye flour, without completely mixing different types of dough while preserving the texture of each type requires the worker to understand the hydrodynamics of dough. This is a way to obtain a bread product with contrasting texture and taste, where each layer of the finished product gives a different ratio of sweetness and sourness, which is impossible to create in industrial mass baking.

References

1. Лисюк Г. М. та ін. Технологія борошняних кондитерських і хлібобулочних виробів: навч. посібник. Харків : ХДУХТ, 2008. 412 с.

2. Liu Y, Li L, Xiao H, Wang H, Zhao C, Zhang W, Xiang Q et al. Effects of different pretreat methods on the dough properties, bread flavor and in vitro digestionof black highland barley// Food Chemistry: X 2026. – Vol. 36 – Article 103943. Doi: 10.1016/ j. fochx. 2026. 103943.

3. Наукові підходи та практичні аспекти оптимізації асортименту продуктів спеціального призначення: Монографія /Рудавська Г.Б., Тищенко Є.В.,Притульська Н.В. – К.: Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2002. – 371 с.

4. Лобачова Н. Л. Удосконалення технології безглютенових хлібобулочних виробів : монографія / Н. Л. Лобачова. – Суми: СНАУ, 2015. – 214 с.

5. Ткаченко С.О. Гурський П. В Дослідження структурно-механічних властивостей тістових напівфабрикатів від вмісту вологи. Тези доповіді До Міжнародної науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти і молодих вчених // “Сучасна інженерія агропромислових і харчових виробництв” 26 травня 2023 р. - Харків : ДБТУ, 2023. - С. 50-52.

6. Мудраченко С.С. Гурський П. В. Дослідження впливу інтенсивного замісу на структурно-механічні характеристики тіста. Тези доповіді до XX Міжнародної науково-практичної конференції «Технічний прогрес в АПК». ДБТУ 11-12 травня 2025 С.440-442.

7. Борошно пшеничне Технічні умови. ГСТУ 46.004-99 (ДСТУ 2900:2006) – К., 2007. –13 с.

8. Борошно житнє хлібопекарське. Технічні умови. ДСТУ 8791:2018 – К., ДП «УкрНДНЦ», 2019. – 8 с.

9. Борошно та хлібобулочні вироби. Нормативні документи: довідник у 2 т. Т.1. / за ред. В. Л. Іванова. Львів: Леонорм-стандарт, 2000. 258 с.

УДК 66.074.3:631.362:633.854.78

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ОЧИЩЕННЯ ПОВІТРЯ В ЦИКЛОНАХ РІЗНИХ ТИПІВ ПІД ЧАС АСПІРАЦІЇ НАСІННЯ СОНЯШНИКА

Вороніна А.Ю. магістр, Гурський П.В. к.т.н., проф.,
Денисенко С.А. к.т.н., доц.

Державний Біотехнологічний університет

Розглянуто проблему очищення повітря під час аспірації насіння соняшника та досліджено ефективність очищення повітря в циклонах різного типу. Проаналізовано процес аспірації, будову та принцип роботи циклона, а також визначено доцільність застосування двоступеневої системи очищення для зниження рівня запиленості повітря у виробничих приміщеннях.

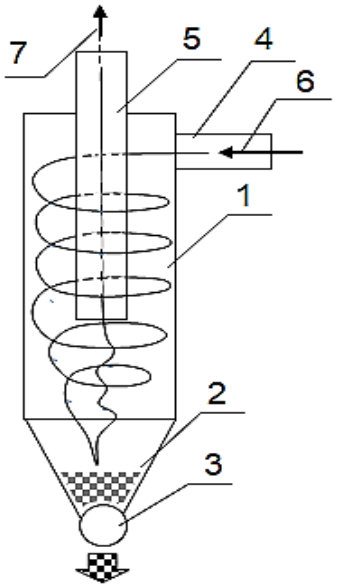
Соняшникове насіння належить до культур, очищення яких є складним технологічним процесом. Це пов'язано з високою олійністю насіння, низькою механічною міцністю оболонки та наявністю великої кількості легких органічних домішок [1, 2]. Окрім того, значна кількість домішок має подібні до основної культури аеродинамічні властивості та розміри, що ускладнює процес їх відокремлення. Тобто дослідження очищення запиленого повітря в циклоні під час аспірації насіння соняшника є актуальним завданням. Аналіз ефективності очищення дозволить оцінити ступінь зменшення концентрації пилу та визначити доцільність використання двоступеневої системи аспірації у виробничих умовах.

Зазвичай процес очищення насіння соняшника складається з наступних етапів: попереднього, первинного та вторинного очищення. На етапі попереднього очищення видаляються великі домішки – залишки стебел, кошиків, каміння та грудки землі. Первинне очищення спрямоване на видалення дрібних органічних домішок, олійного пилу та насіння бур'янів. Вторинне – забезпечує додаткове відокремлення важко-відокремлюваних домішок та підвищення якості готової продукції [3, 4].

Для зменшення концентрації пилу у виробничих приміщеннях використовують аспіраційні системи. Основним призначенням яких є видалення пилу та легких часток із повітряного потоку. У системах аспірації забруднене повітря за допомогою вентилятора подається до пиловловлювального обладнання, де відбувається очищення повітря від механічних домішок. Одним з найбільш поширених апаратів для очищення запиленого повітря є циклон. Принцип його роботи ґрунтується на використанні відцентрової сили, під дією якої частинки пилу осідають на стінках апарата та видаляються з повітряного потоку [5, 6, 7].

Циклон – апарат для очищення запиленого повітря в аспіраційних системах підприємств харчової та зернопереробної промисловості. Його основною перевагою є проста конструкція, надійність у роботі та можливість очищення повітря від значної кількості пилових частинок без використання складних фільтрувальних елементів [7, 8].

Конструкція циклона (рис.1) складається з циліндричної та конічної частин корпусу, вхідного патрубка для подачі запиленого повітря, вихлопної труби для відведення очищеного повітря, та бункера для збору пилу. Забруднене повітря надходить у циклон через вхідний патрубок по дотичній до внутрішньої поверхні корпусу, внаслідок чого всередині апарату утворюється обертальний рух повітряного потоку. Пилові частинки під дією відцентрової сили відкидаються до стінок циклона та поступово осідають у нижній конічній частині апарата. Очищене повітря через вихлопну трубу виводиться з циклона назовні [7, 8]



1 - циліндричний корпус; 2 - конічне дно; 3 - шиберний затвор; 4 - вхідний патрубок повітря; 5 - вихідний патрубок повітря; 6 - забруднене повітря; 7 - очищене повітря;

Рис. 1. Схема очищення повітря в циклоні

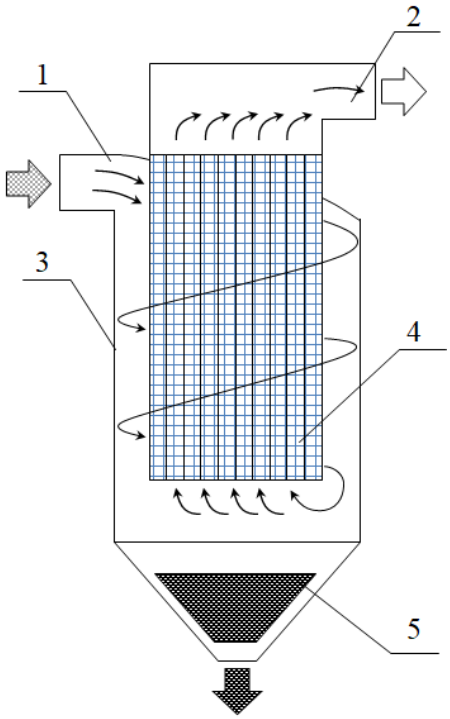
Принцип роботи циклона базується на використанні відцентрової сили, яка виникає під час закручування повітряного потоку. Після потрапляння запиленого повітря всередину циклона утворюються два вихрові потоки: зовнішній низхідний та внутрішній висхідний. Під час руху потоку важчі частинки пилу втрачають швидкість, осідають на стінках апарата та потрапляють у пилозбірник. Менш запилене повітря переміщується до центральної частини циклона та виводиться через вихлопний патрубок [7, 8].

Відомо, що ефективність очищення повітря залежить від конструкції аспіраційної системи та кількості ступенів очищення. У результаті аналізу наукових джерел встановлено, що під час одноступеневого очищення циклон, робота якого залежить від його геометричних розмірів і герметичності апарата, швидкості руху повітря, ефективно видаляє великі та середні пилові частки, які складають до 75% запиленості, але певна кількість дрібнодисперсного пилу може залишатися у повітряному потоці [8].

Від ефективності аспіраційної системи залежить забезпечення безпечних умов праці та зниження негативного впливу пилу на навколишнє середовище. Саме тому застосування двоступеневого очищення дозволить підвищити ефективність пиловловлення та зменшити рівень запиленості повітря у виробничих приміщеннях. При високій концентрації дрібнодисперсного пилу

ефективність одноступеневого очищення може бути недостатньою, тому доцільним є застосування двоступеневих систем очищення із застосуванням фільтр-циклона ZEO-FC (рис.2). На наш погляд, застосування двоступеневого очищення дозволить підвищити ефективність пиловловлення за рахунок додаткового очищення повітря після першого ступеня. При цьому перша ступінь очищення забезпечує видалення основної кількості великих пилових часток, а друга ступінь забезпечує уловлювання більш дрібних пилових часток, які не були повністю видалені циклоном [9, 10].

Фільтр-циклон ZEO-FC — це високоефективне промислове аспіраційне обладнання для глибокого очищення запиленого повітря з продуктивністю від 5500 до 60000 м³/год. Перша ступінь - циклонна камера - відокремлює до 75% пилу за рахунок відцентрової сили, друга - система рукавних фільтрів PES 500 - забезпечує очищення повітря до 99,6%. Він поєднує в собі переваги циклонного очищувача та рукавного фільтра в одному корпусі [9, 10].



1 – вхідний патрубок; 2 – вихлопна труба; 3 – циклонна камера; 4 – блок рукавних фільтрів; 5 –конусний збірник пилу

Рис. 2. Схема очищення повітря в фільтр-циклоні ZEO-FC

Очищене повітря виходить в атмосферу за допомогою витяжного вентилятора. Очищення блока рукавних фільтрів від пилу відбувається автоматично за допомогою системи регенерації (самоочищення).

Висновок.

Проаналізовано будову та принцип роботи циклона, а також особливості двоступеневого очищення повітря. Встановлено, що застосування двоступеневої системи очищення дозволить підвищити ефективність очищення повітря до 99,6% за рахунок додаткового уловлювання дрібнодисперсного пилу після першого ступеня очищення.

У результаті проведеного аналізу встановлено, що використання двоступеневої системи очищення під час аспірації насіння соняшника дозволить максимально знизити рівень запиленості повітря робочої зони, покращити санітарно-гігієнічні умови праці та підвищити ефективність роботи аспіраційної системи.

Отже, використання двоступеневого очищення під час аспірації насіння соняшника є ефективним способом зниження запиленості повітря та покращення умов праці на підприємствах, що здійснюють очищення та переробку насіння соняшника.

Список використаних джерел

1. Ефективність виробництва соняшнику в сільськогосподарських підприємствах [Електронний ресурс]. URL: https://repo.btu.kharkiv.ua/server/api/core/bitstreams/1e23eb7a-80ad-4006-b2eb-eabe7aac7bc2/content

2. Гурський П.В, Іващенко С.Г., Марков О.М. Дослідження процесу активного вентилювання зернової маси при зберіганні. / Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Технічний прогрес в АПВ» – Харків: ДБТУ, 2024 – С.338-341.

3. Бредихін В.В., Богомолов О.В., Сліпченко М.В., Кісь-Коркіщенко Л.В., Іващенко С.Г., Ірклієнко В.І., Черняєв О.О., Тікунов С.Р. Наукові основи ощадливої підготовки насіння з поліпшеним біологічним потенціалом. Монографія. –Харків, «Діса+»: –2023. –408с. https://repo.btu.kharkov.ua//handle/123456789/35120

4. Секрети ретельного очищення насіння соняшника в обладнанні та технологіях [Електронний ресурс]. URL: https://agrosepmash.ua/uk/sekreti-retelnogo-ochishhennya-nasinnya-sonyashnika-v-obladnanni-ta-texnologiyax/

5. Особливості очищення соняшнику [Електронний ресурс]. URL: https://olis.com.ua/press-centre/statti/osobennosti-ochistki-podsolnechnika-ua/

6. Соняшник: особливості очищення, сушіння та зберігання [Електронний ресурс]. URL: https://new-elevator.com.ua/blog/sonyashnyk-osoblyvosti-ochyshhennya-sushinnya-ta-zberigannya/

7. Ефективність очищення запиленого потоку циклонами на зернопереробних підприємствах [Електронний ресурс]. URL: https://repo.btu.kharkiv.ua/server/api/core/bitstreams/1ecf7a63-bc03-4762-be7c-c600113d07a0/content

8. Циклони [Електронний ресурс]. URL: https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/iebmd/severin_priodoohoronni_tehnologii/2-4.html

9. Ляшеник А.В. До питання ефективності очищення повітря у фільтрувальних циклонах [Електронний ресурс] // Науковий вісник, 2003, вип. 13.4. URL: https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2003/13_4/302_Liaszenyk_13_4.pdf

10. Фільтр-циклон ZEO-FC. [Електронний ресурс]. https://zeo.ua/equipment/filtr-ciklon-zeo-fc

УДК 664.858

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ ОРГАНІЧНОЇ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

Загорулько О.Є. к.т.н., доцент, Загорулько А.М. к.т.н., доцент, Бэлов Д.М., Непорадний А.О. здобувачі вищої освіти

Державний біотехнологічний університет (ДБТУ)

Метою дослідження є розроблення та наукове обґрунтування енергоефективних технологій і обладнання для переробки органічної плодово-ягідної сировини з максимальним збереженням біологічно активних речовин, підвищенням якості готових пастоподібних продуктів та інтенсифікацією процесів тепломасообміну.

Сучасний розвиток харчової промисловості супроводжується зростанням попиту на натуральні продукти з високою харчовою та біологічною цінністю. У зв’язку з погіршенням екологічної ситуації особливої актуальності набуває використання органічної рослинної сировини, зокрема дикорослих плодів і ягід, які є цінним джерелом вітамінів, антиоксидантів, мікроелементів та інших біологічно активних речовин. Таку сировину доцільно використовувати не лише у свіжому вигляді, а й у формі паст, порошків, екстрактів, нектарів та інших напівфабрикатів для харчової промисловості.

Одним із перспективних напрямів переробки органічної плодово-ягідної сировини є виробництво фруктових паст високого ступеня готовності. Такі пасти можуть використовуватися як наповнювачі для кондитерських виробів, добавки до кисломолочних продуктів, основа для функціональних напоїв та інших харчових продуктів оздоровчого призначення. Важливою умовою виробництва високоякісних фруктових паст є максимальне збереження природних властивостей сировини та вмісту біологічно активних речовин під час теплової обробки.

Найбільші втрати корисних компонентів спостерігаються під час бланшування, розварювання та концентрування плодово-ягідного пюре. Тому одним із ключових завдань є вдосконалення технологій теплової обробки шляхом зменшення тривалості процесів та зниження температурного навантаження на продукт. Ефективним рішенням є використання роторних плівкових апаратів, у яких концентрування пастоподібної сировини відбувається у тонкому шарі під вакуумом за інтенсивного перемішування продукту ротором. Такий спосіб дозволяє значно скоротити тривалість теплової обробки та забезпечити краще збереження харчової цінності готової продукції.

У результаті експериментальних досліджень визначено закономірності процесів плівкового концентрування пастоподібних продуктів з урахуванням гідродинамічних особливостей течії та процесів тепло- і масообміну. Розроблено фізико-математичні моделі руху в’язких рослинних мас у роторних апаратах, які дозволяють визначати ефективні параметри течії продукту та обґрунтовувати конструктивні характеристики обладнання. Також обрано реологічну модель, що

описує поведінку пастоподібних фруктово-ягідних напівфабрикатів під час механічного та теплового впливу.

На основі проведених досліджень розроблено нові технологічні рішення та конструкції енергоефективного обладнання для реалізації процесів попередньої та основної теплової обробки органічної рослинної сировини. Використання сучасних роторних апаратів забезпечує інтенсифікацію технологічних процесів, зниження енерговитрат, скорочення тривалості обробки та зменшення втрат цінних компонентів сировини.

Запропоновані технології дозволяють розширити асортимент консервованої плодово-ягідної продукції, підвищити рівень використання нетрадиційної рослинної сировини та забезпечити більш раціональне використання природних ресурсів. Крім того, впровадження інноваційного обладнання сприяє зниженню металоємності виробництва, скороченню частки ручної праці та підвищенню продуктивності переробних підприємств.

Важливим результатом впровадження сучасних технологій є також екологічний ефект, який полягає у зменшенні втрат сировини, скороченні енергоспоживання та зниженні негативного впливу виробництва на навколишнє середовище. Використання дикорослих плодів і ягід сприятиме розширенню сировинної бази харчової промисловості, зменшенню сезонності споживання вітамінної продукції та підвищенню конкурентоспроможності вітчизняних харчових виробництв.

Висновок.

Застосування інноваційних технологій і сучасного обладнання для переробки органічної рослинної сировини є перспективним напрямом розвитку харчових і переробних виробництв, що забезпечує отримання якісної функціональної продукції, підвищення ефективності виробництва та збереження природних ресурсів.

Список використаних джерел

1. Zagorulko, A., Kasabova, K., Zahorulko, A., Shydakova-Kameniuka, O., Ponomarenko, N., Bereza, O., Gromov, A., & Kholobtseva, I. (2024). Improving the production technique of pat based on multicomponent fruit and berry paste. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2(11 (128), 46–55. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.301651

2.. Kasabova, K., Samokhvalova, O., Zagorulko, A., Zahorulko, A., Babaiev, S., Bereza, O., Ponomarenko, N., Tesliuk, H., & Yukhno, V. (2022). Improvement of Turkish delight production technology using a developed multi-component fruit and vegetable paste. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6(11 (120), 51–59. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.269393

3. Zagorulko A., Shydakova-Kameniuka O., Kasabova K., Zahorulko A., Budnyk N., Kholobtseva I., Kolianovska L., Shkliaiev O. Substantiating the technology of cream-whipped candy masses with the addition of berry and fruit paste. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2023. Vol. 3, Issue 11 (123). P. 50-59. DOI: 10.15587/1729-4061.2023. 279287

УДК 664.8.022:663.05

СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА РІДКИХ АНТОЦІАНОВИХ БАРВНИКІВ

Загорулько О.Є. к.т.н., доцент, Загорулько А.М. к.т.н., доцент, Касабова К.Р. к.т.н., доцент,

Державний біотехнологічний університет (ДБТУ)

Метою дослідження є удосконалення технології виробництва рідких антоціанових барвників шляхом використання роторного плівкового апарата для концентрування рослинних екстрактів, що забезпечує інтенсифікацію тепломасообмінних процесів, збереження біологічно активних речовин, підвищення стабільності кольору та покращення якості готової продукції.

У сучасних умовах розвитку харчової промисловості спостерігається постійне зростання попиту на натуральні харчові добавки та барвники рослинного походження. Споживачі все частіше надають перевагу продуктам із натуральними компонентами, що обумовлено прагненням до здорового харчування та підвищенням вимог до безпечності харчових продуктів. Особливо актуальним є використання натуральних антоціанових барвників, які не лише забезпечують привабливе забарвлення харчових продуктів, а й характеризуються високою біологічною цінністю.

Антоціани належать до групи біофлавоноїдів і є природними пігментами, що містяться у плодах, ягодах та овочах темного забарвлення. Вони мають виражені антиоксидантні властивості та позитивно впливають на організм людини. Антоціанові барвники широко застосовують у виробництві соків, безалкогольних напоїв, вин, кисломолочних продуктів, морозива, джемів, кондитерських виробів та інших харчових продуктів. Крім того, антоціани сприяють стабілізації кольору готової продукції та підвищують її харчову цінність.

Основними джерелами антоціанів є чорниця, бузина чорна, ожина, журавлина, чорноплідна горобина, синя капуста, буряк, гібіскус, шкірка темних сортів винограду та чорна морква. Найбільш перспективною сировиною для отримання натуральних барвників є виноградні вичавки та чорна морква, оскільки вони характеризуються високим вмістом природних пігментів і дозволяють отримувати концентрати насиченого червоного кольору.

Незважаючи на значний попит на натуральні барвники, в Україні спостерігається дефіцит такої продукції. Це обумовлює необхідність розроблення сучасних технологій виробництва антоціанових концентратів та створення високоефективного обладнання для їх отримання. Традиційні способи виробництва рідких антоціанових барвників базуються на екстрагуванні рослинної сировини з подальшим вакуумним випарюванням екстрактів. Проте такі методи часто супроводжуються значними втратами біологічно активних речовин через тривалий тепловий вплив та нестабільність температурних режимів.

Відомо, що стабільність антоціанів значною мірою залежить від температури, кислотності середовища, присутності кисню, іонів металів та аскорбінової кислоти. Особливо негативно на якість барвників впливає підвищення температури понад 80 °С, що призводить до руйнування пігментів і втрати природного кольору. Тому одним із найважливіших завдань сучасного виробництва є мінімізація температурного навантаження на продукт та скорочення тривалості теплової обробки.

Метою роботи є удосконалення технології виробництва рідких антоціанових барвників шляхом використання роторного плівкового апарата для концентрування екстрактів рослинної сировини.

Технологічна схема виробництва антоціанових барвників включає підготовку сировини, її миття, сортування, подрібнення та ферментативну обробку. Для ефективного вилучення пігментів використовують водні або водно-спиртові екстрагенти з додаванням органічних чи мінеральних кислот. Особливу увагу приділяють регулюванню кислотності середовища, оскільки саме рівень pH визначає стабільність та інтенсивність кольору антоціанових сполук.

Для концентрування екстрактів доцільно застосовувати роторні плівкові апарати (РПА), які мають суттєві переваги порівняно з традиційними трубчастими випарними установками. У РПА продукт рухається по внутрішній поверхні робочої камери у вигляді тонкої плівки, що утворюється під дією відцентрових сил та лопатей ротора. Інтенсивне перемішування та турбулізація потоку сприяють прискоренню процесів тепло- і масообміну.

Використання вакууму дозволяє знизити температуру кипіння продукту до безпечних значень та забезпечити максимальне збереження природного кольору й біологічно активних речовин. Короткочасний вплив температури суттєво зменшує руйнування антоціанів і підвищує якість готового концентрату.

Однією з головних переваг роторних плівкових апаратів є висока інтенсивність теплопередачі. У процесі роботи коефіцієнт теплопередачі може досягати 1500–2000 Вт/(м²·К), що значно перевищує показники традиційних трубчастих випарних апаратів. При цьому питомий парознімання може перевищувати 60 кг/(м²·год), що свідчить про високу ефективність процесу концентрування.

Для обробки в’язких антоціанових екстрактів у РПА використовують спеціальні шарнірні лопаті, які забезпечують рівномірний розподіл продукту по поверхні теплообміну та самоочищення робочої поверхні. Завдяки цьому запобігається утворенню нагару та локальному перегріванню продукту.

Значний вплив на ефективність роботи апарата мають конструктивні та режимні параметри: швидкість обертання ротора, товщина плівки продукту, щільність зрошення та в’язкість середовища. Дослідження показали, що зі збільшенням щільності зрошення зменшується середній час перебування продукту в апараті, а підвищення в’язкості, навпаки, сприяє його збільшенню. Середня товщина плівки навіть для високов’язких продуктів не перевищує 1 мм,

що забезпечує інтенсивний теплообмін і високу швидкість випаровування вологи.

Важливою перевагою роторних плівкових апаратів є також їх менша металоємність. Використання харчової нержавіючої сталі та компактної конструкції дозволяє зменшити масу обладнання у 2–3 рази порівняно з традиційними випарними установками. Це сприяє зниженню матеріаломісткості виробництва та експлуатаційних витрат.

Застосування роторних плівкових апаратів у виробництві антоціанових барвників дозволяє отримувати концентрати з масовою часткою сухих речовин 40–60 % і більше. Такі концентрати характеризуються високою стабільністю кольору, добрими технологічними властивостями та зручністю використання у харчовій промисловості.

Висновок.

Таким чином, проведений аналіз показав, що використання роторних плівкових апаратів є перспективним напрямом удосконалення технології виробництва рідких антоціанових барвників. Запропонована технологія забезпечує інтенсифікацію процесів концентрування, зниження енерговитрат, покращення якості готової продукції та збереження біологічно активних речовин. Впровадження таких технологій сприятиме розширенню асортименту натуральних харчових барвників, підвищенню конкурентоспроможності харчових підприємств та розвитку виробництва функціональних харчових продуктів.

Список використаних джерел

1. Kasabova, K., Samokhvalova, O., Zagorulko, A., Zahorulko, A., Babaiev, S., Bereza, O., Ponomarenko, N., Tesliuk, H., & Yukhno, V. (2022). Improvement of Turkish delight production technology using a developed multi-component fruit and vegetable paste. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6(11 (120), 51–59. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.269393

2. Zahorulko, A., Zagorulko, A., Chuiko, L., Solomon, A., Sushko, L., Tesliuk, Y., Kriuchko, L., Dunaienko, A., Andrukh, S., & Tytarenko, N. (2023). Improving the reactor for thickening organic plant-based polycomponent semi-finished products with high degree of readiness. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 6(11 (126), 103–111. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2023.294119

3. Михайлов В. М., Загорулько О. Є., Загорулько А. М., Касабова К. Р., Шидакова-Каменюка О. Г., Дмитревський Д. В. (2024). Апаратурно-технологічні аспекти виробництва функціональних плодово-ягідних паст для пастильно-мармеладних виробів. *Наукові праці НУХТ*, 30(6), 99—109. DOI: 10.24263/2225-2924-2024-30-6-10

4. Zagorulko, A., Kasabova, K., Zahorulko, A., Shydakova-Kameniuka, O., Ponomarenko, N., Bereza, O., Gromov, A., & Kholobtseva, I. (2024). Improving the production technique of pat based on multicomponent fruit and berry paste. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2(11 (128), 46–55. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2024.301651

УДК 631.362

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ ЗЕРНА ПШЕНИЦІ

**Богомолов О.В., д.т.н., проф., Ірклієнко В.І., к.т.н.,
Гурський П.В., к.т.н., проф., Іващенко С.Г., к.т.н., доц.,
Сахно С.Ю., магістр.**

Державний біотехнологічний університет

Представлено аналіз насіння зернівки пшениці, розколотої в вздовж борозеньки та запропоновано удосконалену технологію переробки зерна в крупу та борошно, яка передбачає розколювання зерна вздовж борозеньки та отримання крупи нового типу або переробки в обойне екологічне безпечне борошно з низьким показником зольності. Для реалізації цієї технології розроблено інноваційне обладнання.

Продовольче зерно служить сировиною для виробництва продуктів харчування: борошно, крупа, манна крупа, макаронна крупка. Побічними продуктами борошномельно-круп'яного виробництва є дрібне зерно, висівки і зародок пшениці. Дрібне зерно і висівки йдуть на корм тваринам.

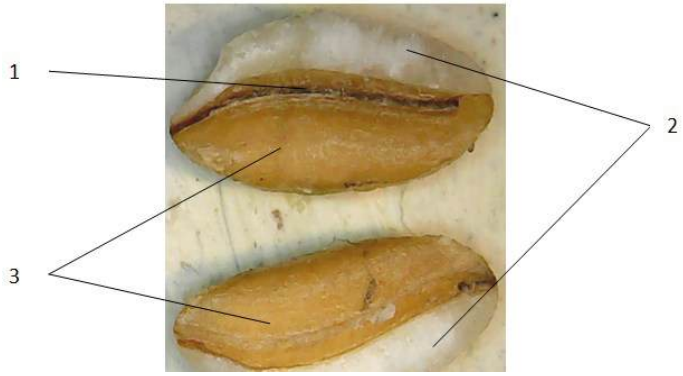
Зародок пшениці є цінним джерелом біологічно активних речовин і широко використовується в харчовій, кондитерській, хлібопекарській, комбікормовій, парфумерній промисловості і медицині. На борошномельних заводах його отримують як в зерноочисному, так і розмеленому відділенні. Фуражне зерно пшениці використовують на корм тваринам або як сировину для виробництва комбікорму.

Використання зерна на різні цілі визначається перш за все особливостями його хімічного складу. Суттєве значення має також анатомія і структура зерна пшениці.

Зернівка містить органічні сполуки - білки, вуглеводи, ліпіди, пігменти, вітаміни, ферменти, мінеральні речовини і воду, являє собою органічну сполуку, яка складається з різних за структурою та властивостями анатомічних частин - ендосперму, зародка і оболонок.

Виходячи з цього технологічні властивості зерна можна поділити на фізико-хімічні, біохімічні, структурно - механічні та ін. Всі ці властивості знаходяться один з одним в складному взаємозв'язку, що характерно для живих організмів.

Частини зерна розколотого уздовж борозенки показано на рис. 1. Видно приховані поверхні, що залягають в глибині зерна. На дні борозенки видно пігментну нитку 1 [1].



1 – пігментна нитка; 2 – ендосперм; 3 – зовнішні покриви зерна, недоступні для обробки робочими органами машини

Рисунок 1. – Зерно розколоте вздовж борозенки

Сучасні методики дослідження дозволяють визначити зміст металовмісних сполук на ділянках зерна. Як приклад можна привести результати дослідження Бофанг Ян і Марі-П'єр [2], які показали в своєму дослідженні розподіл металовмісних сполук на різних ділянках зерна твердої пшениці рис. 1.

Стан харчування населення, якість і безпека продовольчої сировини і харчових продуктів є факторами, що мають найважливіше – значення для збереження і зміцнення здоров'я населення.

В даний час розмелювання зерна пшениці в борошно в основному проводять за певною технологічною схемою. Спочатку зерно проходить суху або мокру очистку, гідротермічну підготовку і надходить на першу драну систему. На цьому шляху технологічної схеми до надходження зерна в вальцьовий верстат зернівка пшениці залишається цілісною. Зерно формованих помольних партій надходить з високим ступенем зараженості. Загальне мікробне число становить $5 \cdot 10^6 ... 8 \cdot 10^8$ КУО/г. Первинна суха очистка, яка включає аеродинамічне, вібраційно-пневматичне сепарування, сепарування за довжиною і шириною, дещо знижує зараженість. При цьому відбувається видалення пилу, хворих і травмованих зерен, що відрізняються від здорових за вагою і розмірами, а також поверхневої інфекції зі здорового насіння.

При вологому очищенні зерна, його промиванні частина поверхневих мікробів змивається водою. Але при взаємодії з водою відбувається вторинне зараження здорових зерен. Помітного зниження зараження не відбувається. На стадію гідротермічної обробки зернова маса надходить з зараженістю $8 \cdot 10^6 ... 1 \cdot 10^7$ КУО/г.

Таким чином при переробці зерна бруд і контамінанти потрапляють в продукти. Сутність питання полягає в тому, що присутність в зерні борозенки збільшує зовнішню поверхню, а значить і вміст оболонок. Також в ній накопичується пил, бруд і контамінанти від яких ціле зерно важко очистити.

Нами пропонується розколоти зерно по борозенці на дві частини та отримати доступ робочих органів технологічних машин для більш ретельної обробки цієї частини зерна, в результаті якої можна отримати екологічно безпечну продукцію – крупу нового типу і борошно обойне з низьким показником зольності [3],

Для реалізації нового напрямку переробки зерна пшениці нами розроблені: просіювач зерна, шелушільна машина, пневмотичний сепаратор, дисковий здрібнювач зерна та молотковий млин. Використання цього обладнання за певними технологічними схемами дозволило отримати нові продукти з зерна пшениці: крупу нового виду подовженої форми і борошно обойне з низьким показником зольності 0,75. Порівняльні результати асортименту продукції за традиційною технологією (верхній рядок) та запропонованою (нижні рядки) представлені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Асортимент продукції

	№1 сх. ø3,0	№2 сх. ø2,5	№3 сх. ø2,0	№4 сх. ø1,5	Артек сх. ø0,63	Мучка	Кормові відходи	Не кормові відходи
Крупа Полтавська	8%		43%		12%	30%	5,3%	1,7%
Крупа нова	-	53%	-	28%	3,2%	9%	5%	1,8%
Борошно	-	48%	-	28%	3,2%	14%	5%	1,8%

Як видно з табл. 1 запропонований новий напрям та розроблене обладнання дозволяє отримати за один прохід до 53 % екологічно чистої крупи нового виду, до 28 % традиційної крупи Полтавська №4, 3,2 % крупи Артек або у разі виробництва борошна до 79,2 % борошна обойного з показником зольності відповідним борошну 1-го сорту.

Результати досліджень впроваджені у виробництво в СФГ «Калина» Вовчанського району, ПП «Агротехремонт» Богодухівського району.

Список літератури

1. Mark Andrew Edwards. 'Morphological features of wheat grain and genotype affecting flour yield', PhD thesis, Southern Cross University, Lismore, NSW. Copyright M Edwards 2010.

2. Bofang Yan, Marie-Pierre Isaure, Sandra Mounicou, Hiram Castillo-Michel, Wout De Nolf, Christophe Nguyen, Jean-Yves Cornu. Cadmium distribution in mature durum wheat grains using dissection, laser ablation-ICP-MS and synchrotron techniques, Environmental Pollution (2020), doi: https: // doi.org / 10.1016

3. Богомолов О.В., Ірклієнко В.І., Завгородній О.І., Нетецький Л.Г., Кісь-Коркіщенко Л.В. Моделювання процесу здрібнення зернівки у робочий камері здрібнювача сколювальної дії. *Журнал "Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів"* № 23, 2021 р. с. 194-199.

УДК 664.8.036 : 633.73 : 519.87

СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ КІНЕТИКИ ТЕРМІЧНОЇ ДЕСТРУКЦІЇ ЦІЛЬОВИХ КОМПОНЕНТІВ КАВОВОЇ СИРОВИНИ В БАРАБАННИХ РОСТЕРАХ

Яременко А.С., Пивовар Р.Ю. здобувачі вищої освіти,
Карпенко Л.К. к.т.н., доц.

Факультет мехатроніки та інжинірингу
Державний біотехнологічний університет

У роботі представлено комплексний системний аналіз гідродинамічних, тепломасообмінних та фізико-хімічних процесів, що визначають кінетику термічної деструкції ключових компонентів кавового зерна під час обсмажування в барабанних ростерах. Кавову сировину розглянуто як багаторівневу капілярно-пористу систему, а руйнування цільових речовин - як сукупність реакцій, що протікають у нестаціонарних температурних полях залежно від параметрів теплоносія та конструкції апарата. На основі проведеної декомпозиції явищ запропоновано концептуальну структуру математичної моделі для прецизійного керування профілями нагріву з метою збереження термолабільних сполук.

Сучасна харчова інженерія розглядає процеси переробки сільськогосподарської сировини не як ізольовані механічні чи теплові операції, а як складні фізико-хімічні системи з багатьма взаємопов'язаними рівнями. Обсмажування кавової сировини в барабанних ростерах є класичним прикладом такого процесу, де високодинамічний теплообмін безпосередньо ініціює каскад незворотних термохімічних перетворень. Кінцева цінність кавового напою, його смаковий, ароматичний та біологічно активний профіль формуються внаслідок тонкого балансу між синтезом нових смакоароматичних сполук і термічним розпадом (деструкцією) вихідних цільових компонентів. До таких компонентів належать антиоксидантні хлорогенові кислоти, алкалоїд тригонелін (попередник піридинових сполук), вільні цукри та амінокислоти.

Традиційні підходи до моделювання та оптимізації роботи обсмажувального обладнання часто базуються на суто емпіричних закономірностях або розглядають термодинаміку апарата окремо від біохімії сировини. Проте для реалізації концепції прецизійної харчової технології та створення енергоефективного обладнання нового покоління необхідне застосування методології системного аналізу. Це дозволяє зв'язати макропараметри обладнання (температуру і швидкість повітряного потоку, кутову швидкість барабана) з мікропроцесорами, що відбуваються всередині пористої матриці окремого кавового зерна. Актуальність дослідження зумовлена потребою розробки науково обґрунтованих алгоритмів автоматичного керування сучасними конвекційними ростерами для стабільного одержання заданих характеристик продукту.

Метою роботи є проведення системного аналізу кінетики термічної деструкції цільових компонентів кавової сировини в робочому просторі барабанного ростера для виявлення критичних взаємозв'язків між термодинамікою апарата та хімічною кінетикою трансформації продукту.

Застосовуючи принципи системного аналізу, процес обсмажування кави в барабанному ростері можна декомпозувати на три взаємопов'язані ієрархічні підсистеми. Перший рівень (макрорівень або підсистема апарата) описує макроскопічні потоки тепла і маси в робочій камері ростера. Тут визначальними є геометрія барабана, конфігурація лопатей, співвідношення між конвективною, кондуктивною та радіаційною складовими теплообміну, а також гідродинамічний режим руху газового середовища і щільного рухомого шару зерен. Другий рівень (мезорівень або підсистема окремої частинки) описує тепло- та масоперенос всередині поодинокого кавового зерна. Зерно розглядається як анізотропне капілярно-пористе тіло, де теплопровідність, густина та теплоємність є функціями температури, вологовмісту та структурної трансформації, зокрема різкого збільшення пористості під час явища першого краку. Третій рівень (мікрорівень або біохімічна підсистема) включає безпосередньо кінетику хімічних реакцій: термодеструкцію лабільних компонентів, реакцію Майяра, карамелізацію та піроліз.

Зв'язок між рівнями здійснюється через температурне поле. Макрорівень формує граничні умови на поверхні зерна (коефіцієнт тепловіддачі та локальну температуру газу), мезорівень визначає динаміку зміни температурного градієнта по радіусу зерна, а локальна температура в кожній точці капілярної матриці є головним рушійним фактором хімічної кінетики на мікрорівні.

Головними цільовими компонентами кавової сировини, що зазнають глибокої термічної деструкції, є фенольні сполуки, перш за все ізомери хлорогенових кислот (5-кофеоїлхіна, 3-кофеоїлхіна тощо), які становлять до 8% маси сухої речовини зеленого зерна. Під дією температур понад 140° С починається їх інтенсивний гідроліз з утворенням кавової та хінової кислот, а при подальшому нагріванні - лактонів хлорогенових кислот та фенольних похідних, які формують в'яжучий та гіркий смак кави. Системний аналіз кінетики цього процесу показує, що реакція деструкції описується рівнянням першого порядку, а її константа швидкості підпорядковується закону Арреніуса. Проте енергія активації цієї реакції суттєво залежить від поточного вологовмісту матриці: у присутності вільної води (на початковій стадії сушіння) деструкція протікає за механізмами гідролізу з нижчим тепловим бар'єром, тоді як у зневодненому середовищі переважає безпосередній піроліз.

Паралельно відбувається деструкція тригонеліну - азотистої сполуки, яка при температурах понад 180° С розпадається з виділенням ніацину (вітаміну В3), піридинів та алкілпіридинів, що є критично важливими для формування типового кавового аромату. Крім того, моно- та дисахариди (переважно сахароза) зазнають теплової деструкції через механізми карамелізації та одночасно виступають субстратами для реакції Майяра (взаємодії з амінокислотами). Кінетика зникнення вільних цукрів є нелінійною і має

екстремальний характер, оскільки на початкових етапах нагріву можливе короткочасне збільшення їх концентрації внаслідок теплового гідролізу складних полісахаридів клітинних стінок.

Нестаціонарність процесу обсмажування в барабанному ростері створює складні просторово-часові неоднорідності хімічного складу зерна. Оскільки кавове зерно має низький коефіцієнт теплопровідності, між його поверхнею та геометричним центром виникає температурний градієнт, який у пікові моменти нагріву (при швидкості зростання температури понад 20° С за хвилину) може досягати 15–25° С . Це означає, що на макрорівні у межах одного зерна одночасно співіснують зони з різною швидкістю термодеструкції. У зовнішніх шарах зерна, де температура вища, хлорогенові кислоти та цукри можуть бути вже повністю деструктуровані, тоді як у ядрі зерна процес перебуває лише на ендотермічній стадії сушіння.

Системною інженерною проблемою барабанних ростерів з переважно конвекційним нагрівом є оптимізація швидкості подачі теплоносія для забезпечення рівномірного прогріву без виникнення термічного шоку поверхні. Якщо конвективний потік повітря занадто інтенсивний, зовнішні шари зерна стрімко переходять в екзотермічну стадію піролізу ще до того, як волога з центру зерна встигне дифундувати назовні. Це призводить до утворення запертої пари всередині капілярів, передчасного настання першого краку та неконтрольованого прискорення деструкції корисних алкалоїдів. Навпаки, за низької інтенсивності конвекції процес затягується, викликаючи загальну термічну деградацію всієї маси біохімічних компонентів, що робить смак кави пласким та позбавленим характерної кислотності.

Для математичного опису та прогнозування фінального хімічного складу продукту в рамках системного аналізу розробляється інтегрована кінетична модель. Вона поєднує диференціальні рівняння нестаціонарної теплопровідності Фур'є для сферичного тіла зі змінними теплофізичними властивостями та систему кінетичних рівнянь хімічного розпаду цільових речовин. Вхідними параметрами моделі є початкова вологість кави, щільність завантаження барабана, температура вхідного газу та функція об'ємної витрати повітря. Вихідними змінними є поточні концентрації залишкових хлорогенових кислот та сформованих ароматичних маркерів.

Практичне застосування такої системної моделі в сучасних автоматизованих системах керування ростерами дозволяє реалізувати концепцію динамічного профілювання. Замість статичного підтримання температури автоматика ростера в реальному часі розраховує поточну швидкість деструкції цукрів та кислот і коригує потужність пальника або швидкість обертання барабана. Наприклад, на етапі сушіння доцільно підтримувати високий термічний потенціал газу для швидкого подолання ендотермічного бар'єра, але при наближенні до температури першого краку необхідно прецизійно знижувати підведення тепла, щоб компенсувати внутрішнє виділення енергії від екзотермічних реакцій піролізу та запобігти надмірній деструкції термолабільних ароматичних сполук.

Висновок.

Системний аналіз обсмажування кави в барабанних ростерах відкриває нові можливості для інженерної оптимізації обладнання. Встановлено, що кінетика термодеструкції біохімічних компонентів жорстко лімітована неоднорідністю температурного поля всередині пористого зерна. Тому для збереження антиоксидантів та оптимізації смаку конструкція й алгоритми керування ростером повинні забезпечувати динамічну зміну параметрів теплоносія відповідно до фазових переходів вологи та точок піролізу. Перспективою дослідження є інтеграція цих кінетичних моделей у цифрові двійники промислових обсмажувальних комплексів.

Список використаних джерел

1. Шарапов О. Д., Дербенцев В. Д., Семьонов Д. Є. Системний аналіз : навч.-метод. посіб. для самост. вивч. дисц. Київ : КНЕУ, 2003, 154 с.

2. Панкратова Н. Д. Системний аналіз. Теорія. Застосування : підручник. Київ : Наукова думка, 2018, 346 с.

3.https://coffeeshop.net.ua/ua/roastercoffee.html?srsltid=AfmBOor3KlybQbSgPqU9-XTd53EIwriG1OHkfxVWenBHnmUNEfhxokLy

4. https://tehnolog.com.ua/uk/catalog/coffee/oborudovanie-dlya-zharki-i-oxlazhdeniya-kofe/

УДК 664.8.036 : 633.73

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ У БАРАБАННИХ РОСТЕРАХ З КОНВЕКЦІЙНИМ ТИПОМ НАГРІВУ

Пивовар Р.Ю., Яременко А.С. здобувачі вищої освіти,
Карпенко Л.К. к.т.н., доц.

Факультет мехатроніки та інжинірингу
Державний біотехнологічний університет

У роботі проведено теоретичне та аналітичне дослідження складних теплообмінних процесів у робочому просторі барабанних ростерів з конвекційним принципом передачі тепла. Розглянуто механізми переносу енергії до рухомого шару кавових зерен та проаналізовано внутрішні термодинамічні зміни сировини під впливом ендотермічних і екзотермічних реакцій. На основі визначеного впливу ключових параметрів процесу на кінетику нагріву сформульовано інженерні рекомендації щодо модернізації конструкцій ростерів та оптимізації автоматичного керування.

Світова та українська кавова індустрія демонструють стабільне зростання, де особливий акцент зміщується в бік сегмента високоякісної кави. Фінальні смакові та ароматичні властивості кавового напою закладаються на етапі обсмажування зеленої сировини. Процес обсмажування є високодинамічною та чутливою термохімічною технологічною операцією, за якої температура зерна змінюється від кімнатної до понад 200 °С за порівняно короткий проміжок часу. У сучасному промисловому та крафтовому виробництві найбільшого поширення

набули барабанні ростери. Традиційні кондуктивні моделі, де нагрів відбувається переважно через прямий контакт зерен із розпеченою металевою стінкою барабана, поступово поступаються місцем апаратам із чистим або переважним конвекційним типом нагріву. Конвекційний метод дозволяє значно знизити ризик локального перегріву та обвуглювання поверхні зерен, забезпечуючи рівномірніший розвиток внутрішньої структури кави. Попри очевидні технологічні переваги, фізика сумісних гідродинамічних і теплообмінних процесів у таких апаратах є надзвичайно складною. Розуміння закономірностей перенесення тепла в рухомому багатодисперсному шарі зерен, що омивається потоком гарячого газу, є необхідною умовою для проектування енергоефективного обладнання та розробки прецизійних систем автоматичного керування.

Конвекційний барабанний ростер є складною теплотехнічною системою, де теплоносій примусово нагнітається через порожнину барабана за допомогою потужного димососа. На відміну від класичного ростера, де стінки барабана безпосередньо розжарюються пальником, у конвекційному апараті барабан часто має подвійні стінки з повітряним прошарком або виготовляється зі спеціальних сплавів з низькою акумуляцією тепла, щоб частка кондуктивного нагріву не перевищувала 10 - 20 %. Коли порція зеленої кави завантажується в ростер, вона потрапляє в рухливий стан, зумовлений обертанням барабана та наявністю внутрішніх лопатей складної конфігурації. Рух шару зерен у поперечному перерізі барабана зазвичай відповідає режиму перекатування або водоспадному режиму. Потік гарячого повітря пролізує цей рухомий макронеоднорідний шар. Перенос тепла в такій системі носить комплексний характер і складається з кількох паралельних процесів. Зовнішній конвективний теплообмін передбачає передачу тепла від маси гарячого газу до відкритих поверхонь окремих кавових зерен. Це домінуючий механізм, який безпосередньо залежить від швидкості обдування, турбулізації потоку та відносної швидкості руху фаз. Міжчастинковий кондуктивний теплообмін полягає у перенесенні енергії під час короткочасних контактів зерен між собою всередині рухомого шару. Радіаційний теплообмін включає випромінювання від внутрішніх конструкційних елементів ростера та взаємне випромінювання між самими зернами, роль якого стає вагомою на фінальних стадіях процесу, коли температура в камері перевищує 180° С. Внутрішня теплопровідність забезпечує перенесення тепла від поверхні кавового зерна до його геометричного центру. Головною інженерною особливістю є те, що кавове зерно виступає об’єктом із низькою теплопровідністю та суттєвою пористістю. Граничний ламінарний шар повітря, який утворюється навколо кожного зерна під час руху, створює відчутний термічний опір. Руйнування або мінімізація товщини цього граничного шару досягається штучним збільшенням швидкості газу та створенням розвиненого турбулентного режиму течії безпосередньо в міждековому та міжзерновому просторі.

Кавове зерно в процесі обсмажування не можна розглядати як пасивне тверде тіло зі сталими фізичними характеристиками. Це складний капілярно-

пористий продукт, всередині якої відбуваються глибокі структурні та фазові перетворення, що докорінно змінюють теплофізичні властивості матеріалу. Весь цикл обсмажування з погляду теплофізики чітко поділяється на кілька послідовних стадій. На початковому етапі, що є стадією сушіння або ендотермічною фазою, відбувається інтенсивне поглинання тепла. Енергія гарячого повітря витрачається на випаровування вільної та зв'язаної вологи, початковий вміст якої в зеленій каві становить близько 10 - 12 %. Процес випаровування локалізується спочатку у поверхневих шарах, а потім зона випаровування зміщується вглиб зерна. Температура самого зерна під час інтенсивного виділення вологи стабілізується значно нижче температури теплоносія через охолоджувальний ефект фазового переходу води в пару. У цей період густина зерна залишається високою, а його теплопровідність поступово знижується в міру втрати води. У міру видалення вологи, при досягненні температури зерна близько 130 - 160° С, починається фаза хімічних перетворень, що включає реакцію Майяра, карамелізацію цукрів та піроліз клітковини. Це супроводжується деструкцією клітинної структури та виділенням великої кількості летких органічних сполук і вуглекислого газу. Гази, що утворюються всередині капілярів, не встигають миттєво дифундувати через щільну зовнішню оболонку, внаслідок чого внутрішній тиск у зерні стрімко зростає і може досягати 2 - 2,5 МПа. При досягненні температури приблизно 190 - 200° С тиск газів долає межу міцності целюлозних стінок, що призводить до мікровибуху - явища, відомого в індустрії як перший крак. З погляду теплообміну, у цей момент відбувається стрибкоподібне збільшення об'єму зерна в 1,5 - 2 рази та формування високопористої структури. Густина матеріалу падає майже вдвічі. Пористість, що утворилася, кардинально знижує ефективний коефіцієнт теплопровідності сухого залишку зерна. Тепловий опір внутрішніх шарів зростає, що уповільнює швидкість прогріву ядра. Одразу після першого краку характер процесу змінюється з ендотермічного на екзотермічний. Хімічні реакції розпаду складних вуглеводів та ліпідів починають перебігати із самостійним виділенням тепла. Якщо в цей період не зменшити потужність пальника або не збільшити витрату повітря для охолодження, відбудеться неконтрольоване прискорення зростання температури зерна, що безповоротно спалить делікатні ензиматичні сполуки та надасть каві надмірної гіркоти.

Ефективність конвективного теплообміну в барабанному ростері визначається сукупністю взаємопов'язаних чинників, які інженер або оператор може регулювати під час робочого циклу. Потік повітря виступає головним інструментом доставки енергії. Збільшення швидкості газу прискорює руйнування теплового пристінного шару навколо зерен, що веде до інтенсифікації зовнішнього теплообміну. Проте надмірна швидкість потоку має негативні наслідки: скорочується час контакту газу із зерном, повітря не встигає повністю віддати свою енергію і вилітає в трубу, знижуючи тепловий ККД установки. Крім того, надто сильний потік повітря може видувати з барабана дрібні легкі зерна або порушувати стабільність траєкторії їх перекатування. Оптимальним є динамічне керування витратою газу - низька швидкість на стадії

сушіння для запобігання пересушуванню поверхні та висока швидкість на стадії карамелізації та після першого краку для ефективного виведення диму, лушпиння та контролю екзотермічного стрибка. Швидкість обертання барабана визначає гідродинамічну поведінку маси зерен. За надто низької частоти обертання зерна ковзають по дну барабана щільною грудкою; повітряний потік омиває лише верхню частину цього шару, виникає критична температурна неоднорідність. За надмірної швидкості відцентрова сила притискає зерна до стінок барабана, перетворюючи апарат на кондуктивний ростер і нівелюючи переваги конвекційного обдування. Оптимальною є швидкість, що забезпечує режим перекатування з відривом, коли дзеркало контакту зерен із газом є максимальним, а кожне зерно на мить опиняється у зваженому стані, повністю оточене теплоносієм. Об’єм порції кави безпосередньо впливає на вільний простір для проходження газу. Перевантаження ростера призводить до того, що гідродинамічний опір шару зерен стає занадто високим. Повітря починає шукати шляхи найменшого опору і рухається понад шаром зерен, через що ефективність конвекції падає, а час обсмажування затягується, що негативно позначається на кислотності готового напою. За умови недовантаження камери повітряний потік проходить крізь неї занадто швидко, що заважає ефективному теплообміну з малою масою продукту.

Для підвищення теплової ефективності та керованості сучасних конвекційних барабанних ростерів доцільним є впровадження комплексних конструктивних та схемних рішень. Першим напрямком є глибока рециркуляція теплоносія, що передбачає створення замкнутого або частково замкнутого контуру руху повітря. Відпрацьоване гаряче повітря після очищення в циклоні від лушпиння та пилу не викидається в атмосферу, а повертається в камеру змішування пальника. Це дозволяє утилізувати до 50 - 60 % тепла, суттєво знижуючи споживання газу або електроенергії. Другим рішенням є двоступеневе паливне підготовлення або інверторні ТЕНи, що передбачає використання пальників із модульованим або плавним цифровим керуванням потужністю, які працюють у зв'язці з частотними перетворювачами вентилятора. Це дає змогу гнучко змінювати співвідношення температури повітря та його об’єму, підлаштовуючись під поточну вологість та щільність конкретного лоту кави. Третім аспектом є автоматичне керування температурними режимами. Сучасні системи автоматизації оперують не просто поточною температурою середовища, а швидкістю її зміни в часі - показником швидкості зростання температури. Побудова математичних моделей прогнозування екзотермічного переходу на основі аналізу теплового балансу дозволяє автоматично знижувати теплову потужність за 10 - 15 секунд, забезпечуючи ідеальну плавність профілю обсмажування.

Висновок.

Конвективний теплообмін у барабанних ростерах є складною системою, де інтенсивність нагріву залежить від руйнування ламінарного граничного шару навколо зерен турбулентним потоком газу. Термодинаміка самого зерна є нестаціонарною: початкове ендотермічне випаровування вологи змінюється на

екзотермічний піроліз із падінням внутрішньої теплопровідності. Ефективність процесу вимагає точного узгодження витрати повітря, частоти обертання барабана та об'єму завантаження для оптимізації режиму перекатування продукту. Головним напрямом модернізації такого обладнання є впровадження систем рециркуляції газів та автоматики прецизійного регулювання параметрів теплоносія.

Список використаних джерел

1. Колтун А., Запорожець Ю. Інтенсифікація процесів теплообміну в харчових виробництвах за допомогою нанотехнологій. *Youth scientific achievements to the 21st century nutrition problem solution* : 91st International scientific conference of young scientist and students (April, 7–11, 2025) : Book of abstract. Part 2. Kyiv : NUFT, 2025. P. 175.
2. https://ain.ua/2021/12/21/hto-i-yak-obsmazhuye-kavu-v-ukrayini-doslidzhennya-poster/
3. https://joinposter.com/ua/blog/management/coffee-roasters-catalog
4. https://blackfield.coffee/yak-viglyadaye-rinok-obsmazhuvannya-kavi-v-ukrayini-doslidzhennya-poster/

УДК 664.041: 641.542

ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОДИНАМІЧНИХ ТА ТЕПЛООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ У СУЧАСНИХ ПАРОКОНВЕКТОМАТАХ

Штанопруд І. О., Божко А.В. здобувачі вищої освіти,
Карпенко Л.К. к.т.н., доц.

Державний біотехнологічний університет

У роботі проведено комплексний аналіз процесів вимушеної конвекції та фазових переходів пари в робочій камері сучасних пароконвектоматів. На основі законів гідродинаміки та теплопровідності досліджені особливості краплинного й інжекційного способів пароутворення та їхній вплив на теплопередачу до продукту. За результатами роботи запропоновано практичні рекомендації щодо оптимізації конструкції камери для підвищення енергоефективності апаратів і рівномірності нагріву.

Сучасний етап розвитку харчових та переробних виробництв характеризується жорсткими вимогами до енергоефективності обладнання, екологічності технологій та якості готової продукції. Серед усього спектра теплового обладнання підприємств харчування та переробної ланки АПК особливе місце посідають пароконвектомати. Завдяки здатності поєднувати та точно регулювати режими сухого нагріву (конвекції) та обробки парою, ці апарати здатні замінити велику частину традиційного теплового устаткування.

Проте, попри високий рівень конструктивної досконалості сучасних моделей, задача забезпечення абсолютної рівномірності теплової обробки по всьому об’єму камери (особливо за максимального завантаження) залишається актуальною. Нерівномірність локальних коефіцієнтів тепловіддачі призводить

до перевитрат енергії та погіршення органолептичних показників продукту. Вирішення цієї проблеми лежить у площині глибокого вивчення взаємозв'язку між гідродинамікою газопарових потоків та інтенсивністю теплообміну.

Питанням моделювання конвективного теплообміну присвячено багато фундаментальних праць. Водночас специфіка пароконвектоматів - а саме нестаціонарність процесів, турбулентний характер руху середовища в обмеженому просторі, наявність багатокомпонентного фазового середовища (повітря разом із перегрітою чи насиченою парою) - потребує детальнішого дослідження. Роботи сучасних авторів часто обмежуються числовим моделюванням без належного теоретичного узагальнення фізичних закономірностей сумісного протікання гідродинамічних та теплових явищ.

Метою цієї роботи є теоретичне дослідження та інтегральна оцінка гідродинамічних і теплообмінних процесів у робочій камері пароконвектомата для наукового обґрунтування шляхів інтенсифікації теплообміну та зниження енергетичних витрат.

Рух газопарового середовища в камері пароконвектомата є класичним прикладом обмеженої вимушеної турбулентної конвекції. Головним рушієм потоку виступає відцентровий (радіальний) вентилятор із реверсивним приводом, розташований біля задньої стінки камери. Рух стисливого газопарового середовища в робочій зоні визначається балансом між силами інерції, тиску та внутрішнього тертя. Оскільки густина та динамічна в’язкість робочої суміші безперервно змінюються під впливом коливань температури та вологості, потік набуває складного турбулентного характеру. Додатковий хаотичний перенос імпульсу відбувається за рахунок турбулентних пульсацій, які завихрюють потік і змушують його активно перемішуватися. Вплив природної (гравітаційної) конвекції в таких умовах є мінімальним і помітний лише в зонах гальмування потоку біля стінок або в кутах.

Вентилятор засмоктує газопарову суміш із центральної зони камери й викидає її в радіальних напрямках через кільцевий зазор, де розташовані трубчасті електронагрівачі (ТЕНи) або газові теплообмінні труби. Далі потік вдаряється об стінки камери, формуючи пристінні струмені, які спрямовуються вздовж напрямних із гастроємностями. Головна проблема класичної гідродинамічної схеми - виникнення «застійних зон» у кутах камери та геометричних центрах завихрень, де швидкість руху газу близька до нуля. Для нівелювання цього ефекту в сучасних апаратах застосовують циклічний реверс вентилятора, за якого регулярна автоматична зміна напрямку обертання крильчатки дзеркально змінює траєкторію основних струменів, що дозволяє вирівняти загальну кількість тепла, яка надходить до кожної гастроємності за весь час приготування. Також використовуються профільовані дифузори та перегородки, що виступають у ролі напрямних екранів, які дозовано розподіжають газопарову суміш безпосередньо в міждекові зазори, суттєво знижуючи гідродинамічний опір системи.

Теплообмін у пароконвектоматі є складним і комбінованим. Перенос енергії від нагрівальних елементів до поверхні продукту здійснюється одночасно

трьома взаємопов'язаними шляхами: конвекцією, радіацією (випромінюванням) та за рахунок фазових перетворень пари. Інтенсивність конвективної тепловіддачі прямо залежить від різниці температур між робочим середовищем та поверхнею продукту, а також від ефективності локального коефіцієнта тепловіддачі. Згідно з теорією граничного шару, основний опір передачі тепла зосереджений у надзвичайно тонкому ламінарному (в’язкому) підшарі газу безпосередньо біля поверхні їжі. Головне завдання інженерного проектування - зруйнувати або максимально потоншити цей підшар. Це досягається шляхом переведення потоку в режим розвиненої турбулентності. Оптимальною для ефективного змивання граничного шару вважається швидкість руху газу в міждековому просторі в межах від трьох до п'яти метрів на секунду.

Значення теплового випромінювання суттєво зростає під час роботи в режимі чистої конвекції при температурах понад 160 °С. Нагріті стінки камери та ТЕНи стають джерелами інфрачервоних хвиль. Для утримання цієї енергії всередині апарату сучасні виробники використовують низькоемісійне подвійне або потрійне засклення дверцят із тонким напиленням оксидів металів. Таке покриття працює як дзеркало для інфрачервоного спектра, відбиваючи більшу частину променистого тепла назад у камеру, що помітно підвищує загальний коефіцієнт корисної дії.

Термодинамічне керування станом пари - це фундаментальна відмінність пароконвектомата від звичайної конвекційної печі. Залежно від способу генерації вологи апарати поділяють на бойлерні та інжекційні. У бойлерній системі до камери подається готова суха насичена пара з температурою близько 100 °С, що забезпечує стабільний тиск середовища і мінімально порушує траєкторію основного повітряного потоку, оскільки сам фазовий перехід води в пару відбувається у зовнішньому резервуарі за рахунок його власних нагрівачів. Натомість в інжекційній системі у камеру вприскується дрібнодисперсна рідка волога у вигляді крапель розміром від 20 до 50 мікрометрів безпосередньо на робочі поверхні ТЕНів, що викликає локальні коливання тиску в момент миттєвого закипання крапель, різке розширення об'єму суміші та коливання температури всередині камери.

При інжекційному способі критично важливим є точний розрахунок руху крапель під дією відцентрових сил вентилятора. Якщо краплі води завеликі, вони не встигають випаруватися в польоті чи на ТЕНі й змиваються потоком на стінки камери. Це призводить до марних втрат води та прискореного утворення накипу на металевих поверхнях, що погіршує теплопередачу. У моменти, коли гаряча пара стикається з холодним продуктом, температура якого є нижчою за точку роси, на поверхні миттєво запускається процес інтенсивної конденсації, який супроводжується виділенням величезної кількості прихованої теплоти пароутворення. У цей короткий проміжок часу інтенсивність віддачі тепла в десятки разів перевищує аналогічні показники при сухому нагріві. Завдяки цьому поверхневий шар продукту прогрівається майже миттєво, що забезпечує швидке запечатування пор, максимальне збереження природних соків усередині та суттєве зниження загального термоувару страви.

Аналіз фізичних закономірностей гідродинаміки та теплообміну дозволяє виділити кілька ключових інженерних рішень для вдосконалення теплових апаратів. По-перше, адаптивне керування швидкістю вентилятора через використання інверторних технологій для зниження обертів на фінальних етапах готування дозволяє суттєво зекономити електроенергію, оскільки споживана потужність двигуна зменшується значно швидше, ніж швидкість потоку, за збереження оптимального теплообміну. По-друге, оптимізація геометрії робочого простору шляхом радіусного скруглення кутів камери не лише полегшує миття, а й ліквідують зони завихрень, де рух повітря зупиняється. По-третє, інтелектуальний контроль вологості із застосуванням високоточних датчиків кисню чи вологості дозволяє автоматиці дозувати впорскування води з точністю до мілілітра, запобігаючи викиданню надлишків гарячої пари в каналізацію.

Висновок

За результатами дослідження можна зробити висновок, що гідродинамічна картина всередині робочої камери є головним чинником, який визначає інтенсивність конвективного теплообміну, а використання циклічного реверсу вентилятора виступає фізично обґрунтованим способом створення однорідного інтегрального теплового поля. Також встановлено, що етап конденсаційного теплообміну на початку робочого циклу гарантує найвищу щільність теплового потоку завдяки вивільненню прихованої енергії фазового переходу, що мінімізує час прогріву продукту та покращує його якісні характеристики. Крім того, інжекційне пароутворення є більш динамічним та конструктивно простішим, проте вимагає суворого контролю розміру крапель, щоб уникнути переохолодження нагрівальних елементів та утворення накипу на стінках. Подальший прогрес у конструюванні пароконвектоматів полягає у переході від статичного проектування до динамічного керування потоками за допомогою штучного інтелекту, який адаптує швидкість та напрямок обдування під поточний стан продукту в режимі реального часу.

Список використаних джерел

1. Заплетніков І. М., Мирончук В. Г., Кудрявцев В. М. Експлуатація і обслуговування технологічного обладнання харчових виробництв. Київ : Центр учбової літератури, 2020. 344 с.

2. Клепа О. І. Особливості застосування пароконвективного устаткування в закладах ресторанного господарства. *Економіка і суспільство*. 2017. № 13. С. 497–501.

3. https://komfortgid.com.ua/ua/g52386800-pechi-parokonvektsionnye-konvektsionnye?srsltid=AfmBOooe9E_BGCEJWRk459RtkTAc_edxjwbYH56AcexOtuaIxDZRbWpN

4. https://system4.ua/uk/product/parokonvektomat-mkn-hansdampf-61-compact-professional?srsltid=AfmBOoqpQjJT-w3l6erAde8gkIgHfWb1DikhtPhNI7zcjvQomn4X3Ofb

УДК 664:637.02:621.365

ДО ПИТАННЯ ЗАСТОСУВАННЯ ЕЛЕКТРОКОНТАКТНОГО НАГРІВАННЯ В ПРОЦЕСАХ І АПАРАТАХ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

Шевченко А.О., к.т.н., доц., Лук'янов І.М., к.т.н., доц.,
Михайлов Б.В., викладач, Бабанова О.І., ст. викладач,
Косточка О.Д., 1Єгорова В.В., студенти
Державний біотехнологічний університет,
Відокремлений структурний підрозділ «Харківський фаховий коледж харчової промисловості Державного біотехнологічного університету»,
Національний університет харчових технологій

Розглянуто перспективи застосування електроконтактного нагрівання (ЕКН) в процесах і апаратах харчових виробництв. Проаналізовано вплив параметрів електричного струму, конструктивні особливості установок та приклади використання ЕКН для харчових систем на основі м'яса, рослинної сировини та рідин. Наведено основні переваги, обмеження та перспективні напрями досліджень.

Традиційні теплові процеси харчових виробництв (бланшування, варіння, жарення, запікання, стерилізація, сушіння та ін.) належать до найбільш енергоємних при переробці сировини. Вони характеризуються значною тривалістю, нерівномірністю температурного поля в об'ємі продукту, втратами маси та біологічно активних речовин, а також ризиком утворення небажаних сполук. Водночас сучасний споживач вимагає безпечної та якісної харчової продукції [1-6].

У зв'язку з цим пошук і впровадження альтернативних методів теплової обробки, здатних усунути вказані недоліки, є актуальним науково-технічним завданням. Перспективним методом теплової обробки є електроконтактне нагрівання (ЕКН), відоме в англомовній літературі як «Ohmic Heating», яке реалізує пряме пропускання електричного струму крізь харчовий продукт, що виступає активним резистивним елементом [3, 7].

На відміну від кондуктивного та конвективного нагрівання, де теплота підводиться через поверхню, ЕКН забезпечує об'ємне генерування тепла безпосередньо в товщі харчової маси. Це дає змогу уникнути градієнтів температури, підвищити швидкість нагрівання та зменшити енергетичні витрати на транспортування теплоти. Ефективність ЕКН визначається насамперед електропровідністю сировини, яка залежить від вологовмісту, температури, структурного стану та може змінюватися під час обробки. Математичні моделі, що описують перенесення маси та теплоти в умовах ЕКН, дозволяють обґрунтовувати раціональні параметри процесу (напругу, частоту струму, тривалість обробки тощо).

Технічна реалізація ЕКН передбачає наявність джерела живлення з регульованими параметрами, робочої камери з двома або більше електродами, системи притискання (за потреби) та контрольно-вимірювальної апаратури.

Залежно від призначення установки класифікують на періодичні, напівбезперервні та неперервні.

М’ясна сировина та фаршеві системи є зручними об’єктами для обробки ЕКН, оскільки вони мають достатню вологість і вміст електролітів, що забезпечує прийнятний рівень електропровідності. Застосування ЕКН для жарення м'ясних січених виробів дає змогу інтенсифікувати процес, підвищити вихід готової продукції та уникнути формування небезпечних сполук у поверхневому шарі.

Комбіноване жарення (ЕКН з інфрачервоним та поверхневим нагріванням) дозволяє досягти рівномірного прогрівання всього об’єму напівфабрикату, скоротити тривалість обробки до 40 % та зменшити втрати маси порівняно з традиційним жаренням на плоских поверхнях.

Для процесів жарення найпоширеніші лабораторні та дослідно-промислові установки з верхнім і нижнім електродами, між якими розміщують продукт. За рахунок тиску, що створюється пневмо- або механічним приводом, забезпечується щільний контакт електродів із поверхнею виробу, що зменшує перехідний опір і підвищує рівномірність нагрівання.

Значну увагу дослідники приділяють обробці ЕКН рослинної сировини, що обумовлено її широким використанням як основного або додаткового компонента харчових продуктів. У роботі [8] запропоновано технологію виробництва консервованої квасолі з попереднім замочуванням за умов ЕКН. Встановлено, що порівняно з «холодним» замочуванням, тривалість замочування з ЕКН скорочується, а кінцева маса бобів перевищує початкову на 150 %. Енергетичні витрати при цьому на 19 % менші, ніж у разі гарячого замочування з використанням спірального нагрівача. Готові консерви відповідають вимогам ДСТУ і мають найвищі органолептичні показники. У роботі [3] систематизовано застосування ЕКН для інтенсифікації процесів замочування.

Ефективність ЕКН значною мірою залежить від параметрів електричного струму: напруги, частоти, форми імпульсів. Збільшення напруги прискорює нагрівання, однак надмірна напруженість поля може спричиняти локальний перегрів та деструкцію компонентів. Частота змінного струму впливає на поляризаційні явища на межі електрод–продукт, а також на рівномірність нагрівання. Окремі дослідження вказують на переваги імпульсного ЕКН, який дозволяє знизити енергоспоживання та запобігти небажаним електрохімічним реакціям [9]. Так, було досліджено вплив електричних параметрів на кінетику температури під час обробки ЕКН напівфабрикатів; встановлено доцільність застосування напруги до 42 В та частоти змінного струму 50 Гц, що забезпечують рівномірне прогрівання сировини. Отримані дані слугують основою для розробки автоматизованих систем керування процесом.

Окрім теплової дії, ЕКН проявляє додатковий інактиваційний ефект, зумовлений, імовірно, електропорацією клітинних мембран мікроорганізмів [10]. Досліди з показали, що ЕКН забезпечує більш швидке та повне знезараження порівняно з традиційним нагріванням до тієї ж кінцевої температури. Встановлено, що ЕКН молока призводить до суттєвого зниження

мікробного числа, хоча структурні зміни білкових фракцій потребують додаткового вивчення.

Для рідинних та в'язких продуктів застосовують проточні електроконтактні модулі, конструктивно подібні до трубчастих пастеризаторів, де пучок електродів створює однорідне електричне поле в потоці продукту. Такі системи знайшли промислове впровадження переважно в США та Західній Європі для пастеризації фруктових соків, супів та соусів.

Безпечність харчових продуктів, оброблених ЕКН, має враховувати не лише мікробіологічний критерій, а й ризик міграції речовин із матеріалів, що контактують із продуктом, у тому числі електродів. Тому під час конструювання апаратів для ЕКН рекомендовано використовувати допущені до харчового контакту матеріали (нержавіюча сталь, титан, платиновані покриття) та передбачати контроль напруги для уникнення електрохімічної корозії.

Однією з основних переваг ЕКН є його висока енергетична ефективність, яка досягає 90…95 % за умов коректного підбору параметрів, тоді як для традиційних поверхневих способів нагрівання цей показник рідко перевищує 60…70 %. Відсутність проміжного теплоносія та скорочення тривалості процесу зумовлюють зменшення викидів парникових газів і теплового забруднення довкілля, що відповідає принципам сталого розвитку харчової промисловості. Водночас економічна доцільність широкого впровадження ЕКН потребує детальнішого аналізу капітальних витрат на електротехнічне обладнання та вартості електроенергії порівняно з традиційними теплоносіями.

Попри очевидні переваги, метод ЕКН має низку обмежень, що стримують його масове промислове застосування: вимога відносно вузького діапазону електропровідності сировини, ризик перегріву в зонах із неоднорідною електропровідністю, ерозія електродів, налипання продукту на робочі поверхні, а також відсутність уніфікованих методик проєктування апаратів для конкретних харчових систем. Подолання цих обмежень пов'язане з розробкою математичних моделей, що враховують зміну електрофізичних властивостей у реальному часі; створенням інтелектуальних систем керування зі зворотним зв'язком за температурою та електропровідністю; використанням стійких до корозії електродних матеріалів; комбінуванням ЕКН з іншими методами нагрівання для гнучкого управління тепловим балансом.

Висновок. Аналіз літературних джерел свідчить, що електроконтактне нагрівання є багатофункціональним інструментом для інтенсифікації теплових процесів харчових виробництв. Його застосування дозволяє скоротити тривалість обробки, підвищити вихід готової продукції, зменшити енергоспоживання, покращити органолептичні показники та показники безпечності продукції. ЕКН успішно інтегрується в комбіновані технологічні схеми, що відкриває шлях до створення нового покоління ресурсоощадних апаратів для харчової промисловості.

Подальші дослідження доцільно спрямовувати на поглиблене вивчення впливу частотних характеристик струму на якість продуктів різного складу; удосконалення стандартних методів вимірювання електропровідності в реальному часі; масштабування лабораторних установок до рівня пілотних і промислових

ліній із верифікацією економічних показників; вивчення ефективності застосування ЕКН з іншими електрофізичними методами (електроосмос, імпульсні електричні поля та ін.); а також нормативно-технічне забезпечення безпечності оброблених продуктів, у тому числі контроль міграції речовин із контактуючих матеріалів. Вирішення зазначених завдань сприятиме перетворенню ЕКН із перспективної лабораторної технології на стандартний промисловий метод теплової обробки харчової сировини.

Список використаних джерел

1. Інноваційні технології оздоровчих харчових продуктів на основі рослинної сировини та обладнання для їх реалізації : монографія в 3 ч. Ч. 3. Технології виробництва кулінарних м'ясних виробів з додаванням рослинної сировини та їх апаратурне оформлення / О.І. Черевко [та ін.]. Харків : Вид-во Іванченка І. С., 2021. 172 с.

2. Виробництво та перспективи використання харчових порошків / О.А. Маяк та ін. // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. праць. Харків : ДБТУ, 2024. Вип. 1 (35). С. 179-187. URL : https://repo.btu.kharkov.ua//handle/123456789/58400.

3. Застосування електрофізичних методів обробки харчової рослинної сировини в сучасних технологіях, установках та пристроях / А.О. Шевченко та ін. // Вісник Уманського національного університету садівництва. Видавничий дім "Гельветика". 2024. Вип. 1. С. 82-88. URL : https://doi.org/10.32782/2310-0478-2024-1-82-88.

4. Cherevko A.I., Skrypnyk V.A., Molchanova N.Yu. Using physical and electrical methods in conductive meat frying // Technology audit and production reserves. 2015. Vol. 2 No. 4 (22) P. 75-79. URL : https://doi.org/10.15587/2312-8372.2015.40700.

5. Viacheslav Skrypnyk. The theoretical substantiation of intensification process possibilities of conductive frying meat natural products. Ukrainian Journal of Food Science. 2015. Vol. 3(2). P. 361-367. URL : https://dspace.nuft.edu.ua/server/api/core/bitstreams/5d9e06d2-e789-4743-b6a6-9061d7d2dea2/content#page=171.

6. Обґрунтування параметрів процесу двостороннього жарення м'яса в умовах електроосмосу / В.О. Скрипник, А.Г. Фарісєєв // Нові технології і обладнання харчових виробництв : Міжвуз. наук.-практ. семінар, 20 березня 2014 р.: матеріали. Полтава : ПУЕТ, 2014. С. 17–19.

7. Нові технічні рішення в проектуванні обладнання для теплової обробки харчової сировини : монографія в 3 ч. Ч. 2 Використання електроконтактного нагрівання в процесах жарення кулінарної продукції / О.І. Черевко [та ін.]. Харків : ХДУХТ, 2012. 151 с.

8. Devising a technique for manufacturing canned beans with soaking under the conditions of electrical contact heating / Шевченко А.О. та ін. // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2022. Vol. 6, No 11 (120). P. 16-23. URL : https://doi.org/10.15587/1729-4061.2022.270802.

9. Вплив параметрів електричного струму на процес електроконтактного нагріву / В.М. Михайлов та ін. // Обладнання та технології харчових виробництв : темат. зб. наук. пр. Донецьк : ДонНУЕТ, 2007. Вип. 17, т.2. С. 141-148.

10. Effects of ohmic heating on microbial counts and denaturation of proteins in milk / H. Sun et al. // Food Science and Technology Research, 2008. V. 14 (2). P. 117-123.

Секція 8

НАДІЙНІСТЬ І МІЦНІСТЬ МЕХАНІЧНИХ СИСТЕМ ТА БУДІВНИЦТВО В АПК

УДК 631.372, 631.334

СТАНЦІЇ ОЧИСТКИ СТІЧНИХ ВОД І ЕНЕРГЕТИЧНА НЕЗАЛЕЖНІСТЬ В АПК

Костенко О.Г. викладач вищої категорії,
Кравчук Д.О., студенти гр. СТ – 5.106к,
Сорокіна В.П. - викладач вищої категорії, викладач-методист,
Гонтар К.В. студенти гр. СТ – 5.106к

Харківський державний професійно-педагогічний фаховий коледж імені В.І. Вернадського

Забезпечення міцності та надійності механічних систем є критично важливим для ефективного функціонування агропромислового виробництва. Ця стаття досліджує основні фактори, що впливають на міцність і надійність обладнання, такі як вибір технологій, конструктивні особливості станцій очистки стічних вод для отримання біогазів для опалення.

В умовах глобальної енергетичної кризи та зростання тарифів на газ питання енергонезалежності стає стратегічним для України. Станції очистки стічних вод виконують не лише екологічну функцію, але й відкривають нові можливості у виробництві альтернативних джерел енергії. Одним із найбільш перспективних напрямів є отримання біогазу з відходів, який може використовуватися для опалення житлових будинків, промислових приміщень і навіть виробництва електроенергії.

Біогаз — це суміш метану (55–70%) і вуглекислого газу, що утворюється під час анаеробного (безкисневого) бродіння органічних відходів. Джерелами можуть бути:

стічні води міських та промислових систем;

харчові відходи;

гній та відходи сільського господарства;

осад після очистки стічних вод.

На спеціалізованих станціях органічна маса потрапляє в біореактори, де завдяки бактеріям відбувається процес ферментації. В результаті утворюється біогаз, який збирається у газгольдерах і далі використовується як паливо.

Основне завдання станцій очистки стічних вод — зменшення шкідливого впливу на довкілля. Завдяки сучасним технологіям можна досягати високого рівня очищення, що відповідає європейським стандартам. Це дозволяє знизити рівень забруднення річок, озер і ґрунтових вод.

На додачу до екологічного ефекту, такі станції здатні перетворювати відходи на джерело енергії. Біогаз може замінювати природний газ, що особливо актуально для громад, які прагнуть енергетичної незалежності.

Як працює процес отримання біогазу зі стічних вод?

Попередня очистка – видалення великих часток і піску зі стічних вод.

Анаеробне бродіння – органічні відходи потрапляють у герметичні ємності (метантенки), де без доступу кисню утворюється біогаз.

Збір і зберігання газу – отриманий біогаз накопичується у спеціальних резервуарах.

Очищення газу – видалення домішок (сірководню, вологи).

Використання – газ застосовується для опалення, виробництва електроенергії або подається у газові мережі.

Переваги біогазових станцій для опалення:

Зниження витрат на енергоресурси – біогаз може повністю або частково замінити природний газ.

Екологічна безпека – зменшення викидів метану в атмосферу.

Енергетична незалежність громад – можливість опалювати соціальні об'єкти та житлові будинки без прив'язки до зовнішніх постачальників.

Вторинне використання відходів – утилізація осаду та органічних залишків, які раніше вважалися проблемою.

У багатьох країнах Європи, зокрема в Німеччині, Данії та Швеції, біогазові станції активно інтегровані у систему комунального господарства. Міста отримують не лише очищені стічні води, а й теплову та електричну енергію для власних потреб.

Наприклад, у Копенгагені біогаз, отриманий зі станцій очистки стічних вод, використовується для централізованого опалення житлових районів. У Німеччині понад 9500 біогазових установок забезпечують стабільне постачання тепла та електрики.

Україна має великий потенціал у розвитку біоенергетики. З урахуванням кількості стічних вод та відходів сільського господарства, країна здатна виробляти сотні мільйонів кубометрів біогазу щороку. Це дозволило б значно зменшити залежність від імпортного газу та сприяти розвитку місцевих громад.

Основні кроки для впровадження:

- інвестування у сучасні технології очистки та біогазові установки;
- підтримка державних програм з енергоефективності;
- створення локальних енергетичних хабів на базі станцій очистки;
- навчання та підготовка спеціалістів у сфері біоенергетики.

Висновок.

Біогазові установки можуть бути не лише великими муніципальними об'єктами, але й локальними рішеннями для приватних господарств. Сучасні компактні біореактори дозволяють власникам будинків утилізувати побутові та харчові відходи, отримуючи газ для власних потреб. Це особливо вигідно для фермерських господарств, які мають доступ до великої кількості органічних залишків.

Станції очистки стічних вод — це не лише інструмент захисту довкілля, але й реальний шлях до енергетичної незалежності. Використання біогазу як альтернативного джерела тепла дозволяє економити кошти, знижувати викиди шкідливих газів і забезпечувати громади власними енергоресурсами.

Україна має всі передумови, щоб стати лідером у сфері біоенергетики, використовуючи потенціал своїх стічних вод і відходів. Майбутнє енергетики —

за відновлюваними ресурсами, і біогаз є одним із ключових інструментів на цьому шляху.

УДК 629.3.023.2

НАДІЙНІСТЬ РАМ ТРАКТОРІВ

Автухов А.К., д.т.н., професор, Петрова О.А., студент

Державний біотехнологічний університет

Розглянуто питання надійності рам тракторів. Показані особливості і слабкі місця в експлуатації рам тракторів різних виробників.

Надійність рам тракторів в Україні залежить передусім від типу техніки та її виробника. Техніка західних брендів (John Deere, Case IH) відзначається високою міцністю завдяки цільним литим або посиленим рамам. Натомість популярні вітчизняні моделі (ХТЗ) потребують правильного обслуговування через специфіку конструкції та можливі перевантаження.

Специфіка експлуатації різних моделей тракторів базується, зазвичай, на особливості конструкції рам. Конструкція рам, в свою чергу викликає проблеми, які зважаючи на досвід експлуатації, можна вважати типовими для того чи іншого виду конструкції рами.

Так в марках вітчизняних тракторів ХТЗ (ХТЗ-17221, Т-150К) використовується шарнірно-зчленована рама, яка складається з двох напіврам — передньої та задньої, з'єднаних вертикальним і горизонтальним шарнірами. Проблемними, з точки зору надійності таких рам можна назвати наступне. Через постійні динамічні навантаження, особливо при роботі з потужними широкозахватними агрегатами, металеві балки напіврам можуть отримувати втомні тріщини в зонах зварних швів або кронштейнів. Зношуються й потребують регулярного шприцювання втулки вертикального шарніра.

Іноземні виробники (John Deere, Case IH, New Holland, Massey Ferguson) в своїх моделях використовують цілісні просторові рами (рама коробчастого перерізу), зроблені з високоміцних марок сталі. В окремих важких тракторах (наприклад, John Deere серії 8R) застосовують дизайн із повнорозмірною рамою шасі. Така конструкція рами значно надійніша. В таких моделях закладено більший ресурс не тільки рами, але і двигуна, та інших агрегатів, розрахований на багато років безперебійної експлуатації. Вони рідко втрачають працездатність від статичних навантажень. Але вища надійність призводить до інших недоліків. Це збільшення ціни і використання дорогого спеціалізованого інструменту, необхідного для їх ремонту.

З метою збереження цілісності рами необхідно дотримуватись певних правил. Не перевищувати рекомендовану вантажопідйомність навіски, щоб уникнути виламування корпусу чи деформації брусів. Використовувати тільки якісні зчіпні пристрої, стежити за балансуванням навантажень на передню та задню вісі. Вчасно перевіряти стан болтових з’єднань, очищувати раму від бруду, оскільки волога та сміття сприяють корозії, що послаблює метал. Уникати

агресивного руху на високій швидкості з важким причіпним чи навісним обладнанням, оскільки це призводить до критичних ударних навантажень на несучі елементи.

УДК 693.55

ФІБРОБЕТОН – СУЧАСНИЙ БУДІВЕЛЬНИЙ МАТЕРІАЛ

Берестянська С.Ю., к.т.н., доцент

Український державний університет залізничного транспорту

Показана історія утворення фібробетону та роль фібри у поліпшенні властивостей бетону. Детальніше розглянуто деякі види фібр та області їх застосування.

Історія фібробетону починається з стародавніх египтян. Вони помітили, якщо в глину додати солому, комиш або овечої вовни, то стіни набувають поліпшену міцність, та менше тріскаються. Так з'явився далекий предок сучасного фибробетону.

Основний недолік бетону — його низька міцність на розтягання та згин. Дисперсне фіброве армування компенсує цей недолік. У фібробетоні розтягуючи напруження приймають на себе волокна фібри, і таким чином суттєво поліпшують його міцність на розтягання та стиск.

У перерізі фібробетон виглядає як суцільний матеріал, що пронизан по всій товщі тонкими волокнами, розташованими в різних напрямках.

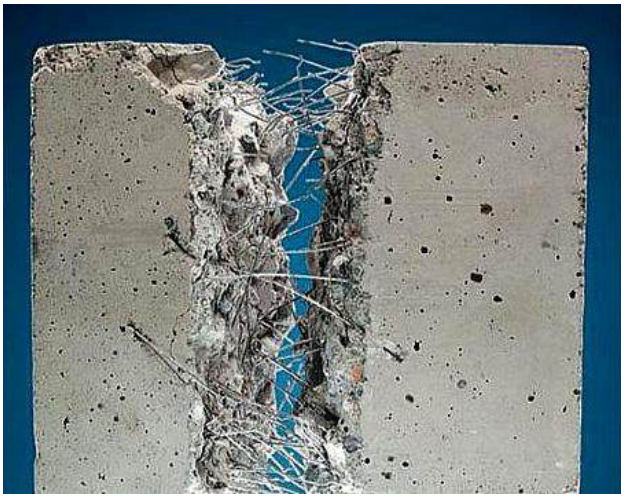


Рисунок 1 – Фібробетон в перерізі

В залежності від виду фібри змінюються і властивості фібробетону.

В якості армуючого волокна могут використовуватись такі матеріали: стальна проволока; скловолокно; поліпропіленове волокно; поліетиленове; поліамідне; базальтове; асбестове; вуглеродне; карбонове; акрилове; полиэфірне; нейлонові нити; віскозні; хлопкові.

Найбільшу популярність здобуло сталеве фіброволокно. Також широко застосовуються скляна та поліпропіленова фібри. Базальтова та вуглеродна фибри – коштують дорожче, тому використовуються не так часто.

До переваг фібробетону можна віднести його високі експлуатаційні характеристики: більш висока міцність на розтягання та розрив; поліпшений модуль пружності; стійкість к хімічним матеріалам та атмосферному впливу; морозостійкість и пожежостійкість; стійкість до тріщиноутворення; водонепроникність; стійкість до стирання; висока ударомiцність та пластичність.

Полипропиленова фібра це синтетичне волокно. Використання цієї фібри дає можливість знизити ризик розтріскування і усадки бетону. Армування поліпропіленом робить поверхню бетона більш міцною, а сам бетон стає більш еластичним, стійким до перетаду температур і пожеженебезпечнішим.



Рисунок 2 - Поліпропиленове фіброволокно

Скляна фібра це екологічний матеріал, який не містить небезпечних добавок. Вона складається з найтончайших стеклонітей



Рисунок 7 – Скляна фібра

Бетон з додаванням стекловолокна характеризується високою пластичністю, а по термостійкості, водонепроникності, вогнеміцності та износостійкості, в декілька раз перевершує звичайний бетон.

Будівельні матеріали, армовані скляною фіброю, використовуються для виготовлення декоративних скульптурних, архітектурних, інтерьерних и ландшафтних деталей.

Базальтова фібра це відрізки комплексного базальтового волокна, введення яких поліпшує міцність бетону на розтягання.



Рисунок 6 – Базальтова фибра

Унікальність базальтової фібри в тому, що вона виготовляється з природного каменю и має високі показники хімічної стійкости. Ні скляна, ні поліпропіленова фібри не здатні зрівнятися по своїм характеристикам с базальтовою. Базальтова фібра значно легше сталевої, що дозволяє вирішувати проблему зменшення ваги конструкції.

Використання базальтової фібри гарно показало себе у тротуарній плитці, бетонних заборах, газобетонах ті інших ячеістих бетонах, архітектурному и декоративному бетоні. Особливо доцільно використовувати базальтову фібру при будівництві гидробудівель – водосховища, порти, дороги, мости.

Сталева фібра найбільш частий у застосуванні вид фібри. Сталева фібра відрізняється як по способу виготовлення, так і по формі фібри и областям її використання. По способу виготовлення сталеву фібру можна розділити на фібру що отримана шляхом формовки и резкі тонкої проволоки або рубкі канатов або тонкого листа, та витяжки з расплава. Сталева фібра є найбільш розповсюдженою і використовується практично для будь яких конструкцій.



Рисунок 7 – Сталева фибра

Таким чином область застосування фібробетонів дуже різноманітна. Починаючі від полов у гаражах і підвалах і закінчуючи мостами та реакторними відділеннями атомних станцій.

УДК 539.319 : 62-272.2

АНАЛІЗ НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНОГО СТАНУ ГВИНТОВИХ ПРУЖИН З ОВАЛЬНИМ ПРОФІЛЕМ ПЕРЕРІЗУ ВИТКА

Свіргун О.А., к.т.н., доц., Савченко В.Б. к.т.н., доц., Єлдинов А.С., студент.

Державний біотехнологічний університет

Розглянуто особливості функціонування та проектування гвинтових циліндричних пружин, які працюють в умовах осьового навантаження. Проаналізовано проблему нерівномірного розподілу дотичних напружень у пружинах з традиційним круглим перерізом дроту, де пікові навантаження зосереджені на внутрішньому діаметрі витка. За допомогою методів чисельного моделювання та скінченно-елементного аналізу (FEA) досліджено альтернативний підхід – використання профільованого дроту овального перерізу.

Гвинтові пружини є поширеними елементами механізмів, що працюють на осьове навантаження (розтягування або стискання). Здатність матеріалу до пружної деформації дозволяє деталі повертатися до вихідного стану, що робить її незамінною в більшості галузей сучасної інженерії.

Циліндричні пружини є найбільш поширеними пружними елементами в машинобудуванні завдяки простоті виготовлення, надійності та лінійній (у більшості випадків) залежності між навантаженням і деформацією [1].

Сфери застосування та функції у пружин дуже різноманітні. Це Поглинання енергії удару або коливань та її розсіювання, наприклад, буфери мостових кранів, підвіски транспортних засобів. Забезпечення постійного контакту між деталями або повернення механізму у вихідний стан. Наприклад, в кулачкових механізмах, клапанах ДВЗ, гальмівних системах.

Дослідження пружин — це критично важлива галузь двигунобудування та механіки, спрямована на забезпечення надійності, наприклад, ГРМ (газорозподільного механізму) на високих обертах.

Сучасні дослідження у цій сфері зосереджені на чотирьох ключових напрямах: матеріалознавстві, динаміці (явище резонансу), імітаційному моделюванні (FEA) та методах випробувань на втому.

Сучасна розробка неможлива без чисельних методів аналізу, які дозволяють оцінити напружено-деформований стан (НДС). В пружині з круглого дроту розподіл дотичних напружень при крученні є нерівномірним. Максимальні напруження виникають на внутрішньому діаметрі витка [2]. Внутрішня сторона дроту виявляється перевантаженою, тоді як зовнішня використовується не в повну силу.

Сучасні тенденції розвитку високопродуктивного транспортного машинобудування висувають екстремальні вимоги до масо-габаритних показників, енергоємності та надійності пружних елементів. В умовах циклічних навантажень на високих частотах стандартна кругла геометрія дроту вичерпує

свій потенціал через виражену нерівномірність розподілу дотичних напружень за перерізом витка.

Оптимізація форми перерізу є логічним кроком в еволюції гвинтових пружин. Вона дозволяє штучно змінити розподіл матеріалу в перерізі, вирівняти епюру дотичних напружень та мінімізувати пікові навантаження на внутрішньому радіусі витка.

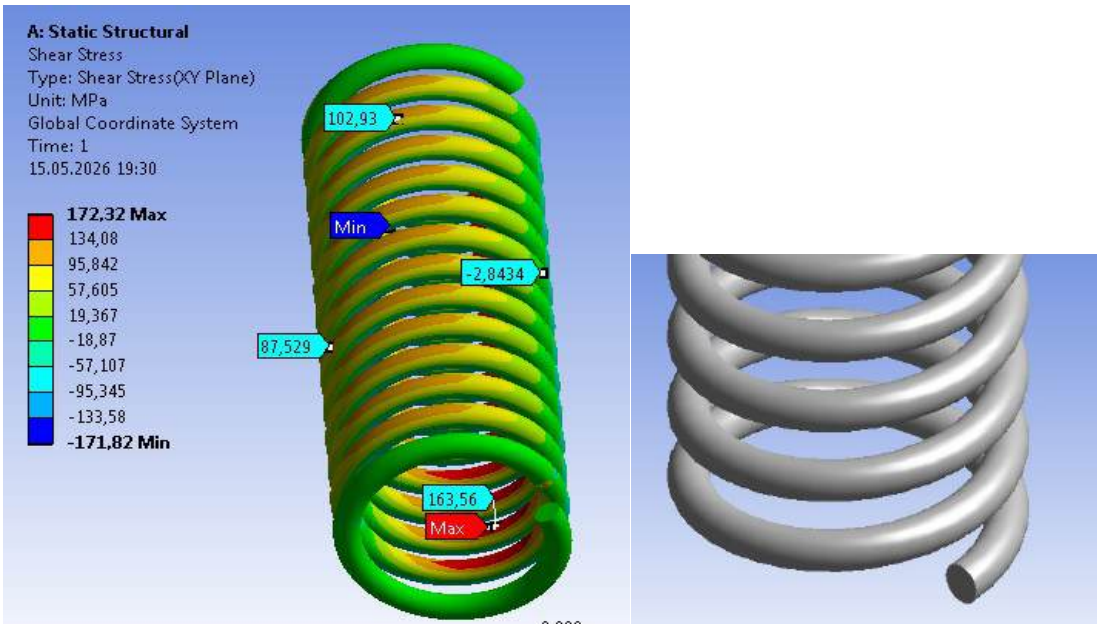


Рис. 1. Розподіл дотичних напружень в пружині з круглого дроту

Останніми роками дослідження зміщуються в бік пружин овального перерізу. Така геометрія дозволяє ефективніше розподіляти напруження по периметру дроту [3].

Оскільки, основним інструментом інженера стає чисельне моделювання.

На відміну від круглого перерізу, де аналітичні розрахунки досить точні, аналітичний розрахунок таких складних просторових тіл є математично громіздким. Основним інструментом стає чисельне моделювання та скінченно-елементний аналіз (FEA). Розглянуті два варіанти пружин з овальним профілем дроту, які працюють на стиск (рис 2,3).

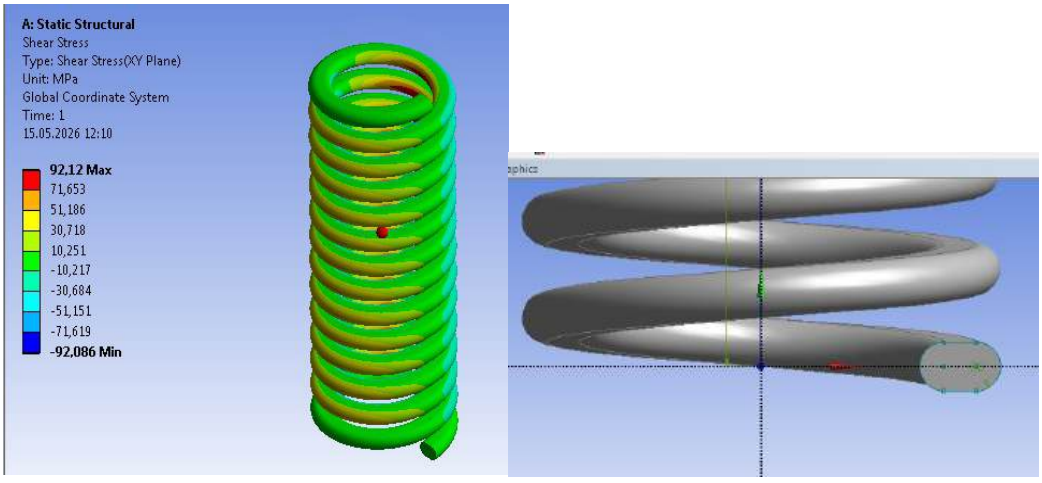


Рис.2. Розподіл напружень в пружині з овальним поперечним перерізом.

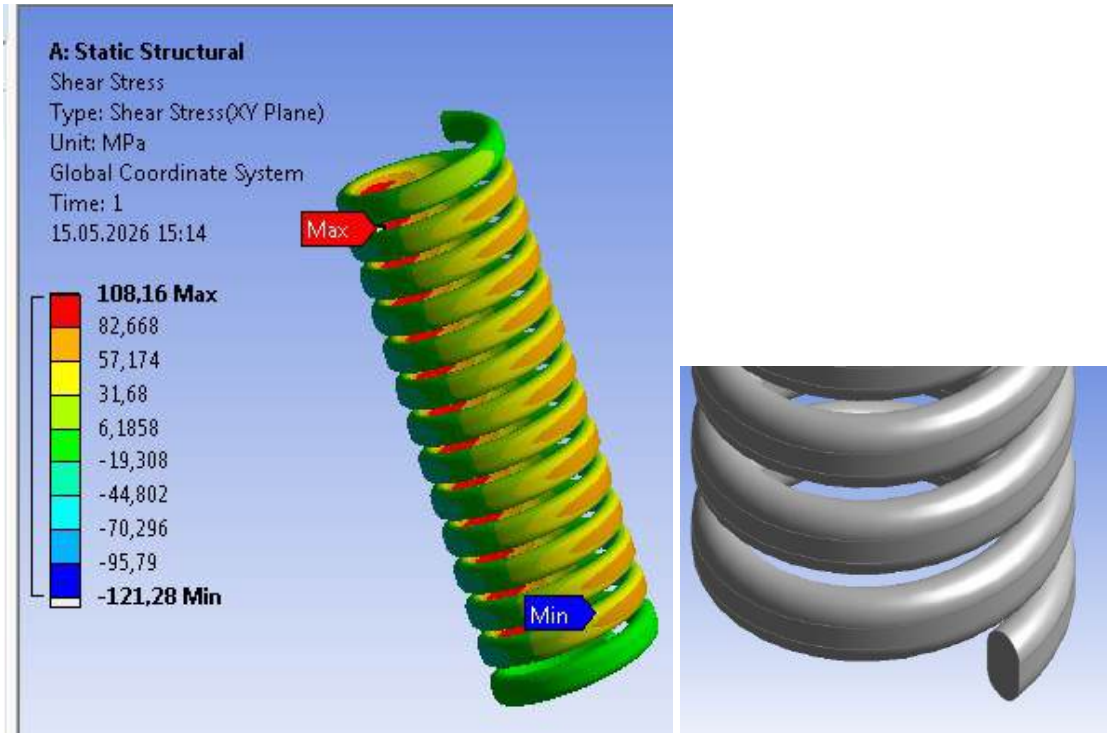


Рис.3 Розподіл напружень в пружині з овальним поперечним перерізом. Орієнтація осі овалу вздовж осі навивки.

Висновки.

- Використання профільованого дроту дозволяє проектувати пружини з меншою кількістю витків або меншим діаметром при збереженні необхідних характеристик.
- Овальний переріз орієнтується так, що велика маса металу розташовується в зонах найбільших навантажень. Це дозволяє понизити пікове напруження на 10–15% за тієї ж жорсткості пружини.
- Важливо враховувати орієнтацію осі овалу відносно осі навивки - навіть невелике відхилення при виробництві різко міняє епюру напружень.

Список використаних джерел

1. ДСТУ EN 13906-1:2020 — «Пружини циліндричні гвинтові, виготовлені з круглого дроту та прутків. Розрахунок і проектування. Частина 1. Пружини стиснення».

2. Budynas R. G., Nisbett J. K. Shigley’s mechanical engineering design. 10th ed. New York: McGraw-Hill Education, 2015. 1061 p. (Mcgraw-Hill series in mechanical engineering).

3. Norton R. L. Machine Design: An Integrated Approach / R. L. Norton. — 6th ed. — Worcester: Worcester Polytechnic Institute, Pearson, 2020. — 1056 p.

4. Грищенко, В.М., Свіргун, О.А., Калінін, Є.І., Савченко, В.Б., Основи ANSYS. Навчальний посібник. Харків: ХНТУСГ, 2020

5. Грищенко, В.М., Свіргун, О.А., Калінін, Є.І., Савченко, В.Б. Будівельна механіка. Структура ПК ANSYS WORKBENCH та порядок створення розрахункової моделі Харків: ХНТУСГ, 2019

УДК 631.2

ПРОЄКТУВАННЯ ПІДПРИЄМСТВ ДЛЯ УТРИМАННЯ ПТИЦІ: ВІД АНАЛІЗУ СВІТОВИХ НОУ-ХАУ ДО СТРАТЕГІЇ ВІДБУДОВИ УКРАЇНИ

Гречка Юрій Петрович студент 4 курсу
Марченко М.В. к.т.н., доцент

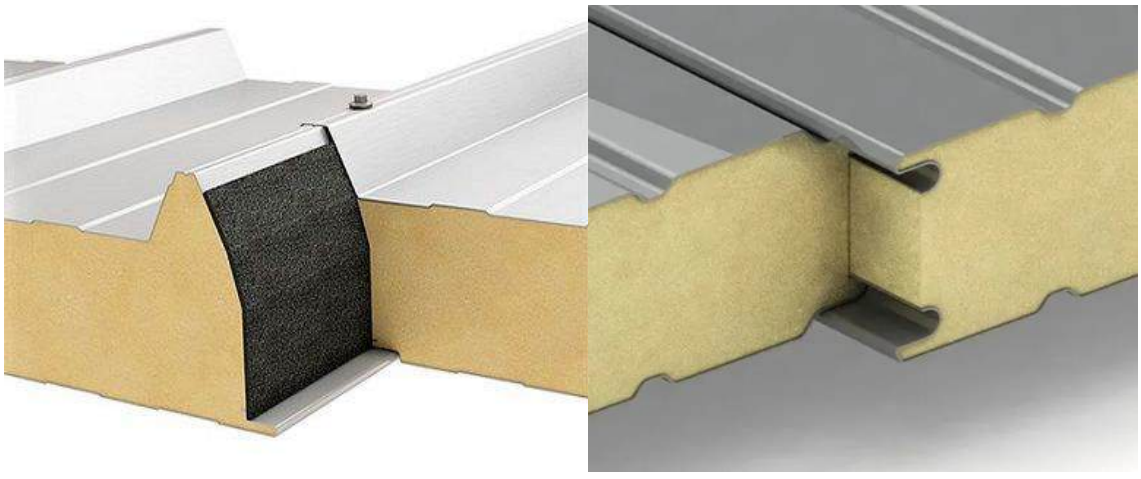
(Державний біотехнологічний університет, м. Харків , Україна)

У роботі розглянуто сучасні підходи до проєктування птахівничих комплексів із використанням інноваційних конструктивних рішень, енергоефективних матеріалів та автоматизованих систем. Проаналізовано особливості будівництва бройлерних і яєчних ферм, вимоги до вентиляції, фундаментів та внутрішніх технологічних систем.

Готуючись до виступу, я вирішив не просто переказати чинні ДБН, а провів власний аналіз досягнень у сфері птахівничих комплексів. Сьогодні я хочу ознайомити вас із новими напрямками, які ми просто зобов'язані використовувати під час відновлення нашої держави. Нам не варто просто копіювати старі рішення — ми маємо розвивати власні розробки, спираючись на найсміливіші світові технології.

1. Конструктивні рішення: Швидкість та захист

Сучасний пташник - це швидка інженерія. Я вважаю оптимальним використання металевого каркаса (ЛСТК) із вільним прольотом до 24 метрів. Це дає свободу для автоматизації. Наголошую на захисті: через високу концентрацію аміаку метал повинен мати гаряче цинкування.



Окрему увагу я приділив огороджувальним конструкціям. Моє бачення - використання виключно **PIR-панелей (пінополіізоціанурат)**. Чому вони кращі за стандартний пінополіуретан чи мінвату?

- По-перше, PIR має нульове вологопоглинання (не гниє у вологому середовищі пташника).
- По-друге, він має найнижчий коефіцієнт теплопровідності, що дозволяє суттєво економити на опаленні.
- По-третє, це вогнестійкість: PIR не підтримує горіння, утворюючи захисну кірку, що критично для пожежної безпеки таких масштабних споруд.

2. Спеціалізація: М’ясо проти Яйця

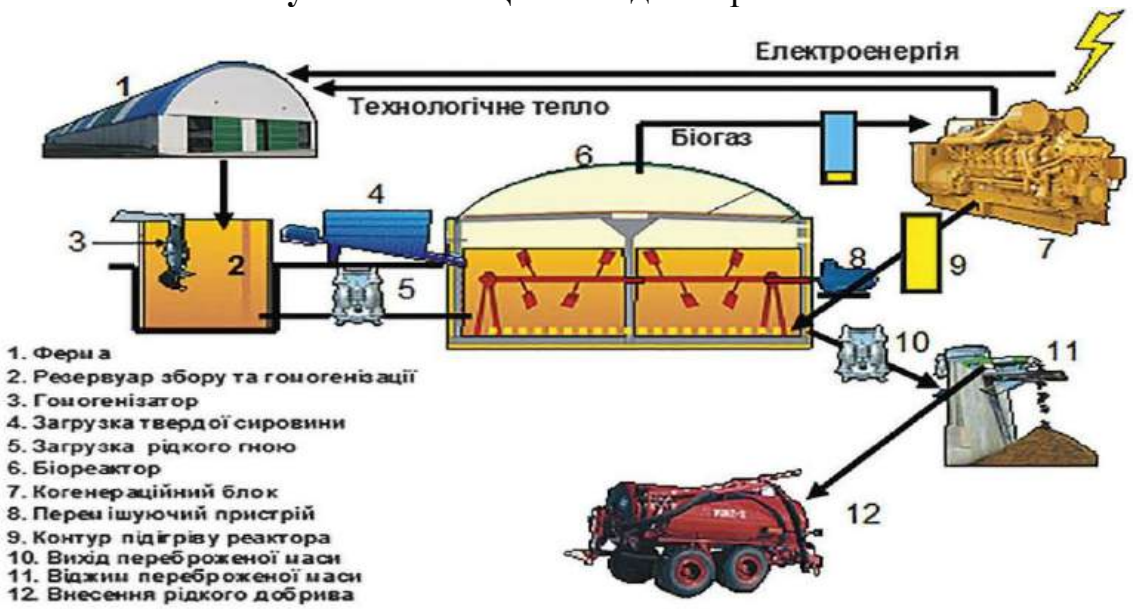
Під час аналізу я виділив, що внутрішні системи та конструктив значно відрізняються залежно від призначення:

- **Бройлерні ферми (м’ясний напрямок):** Це великі відкриті зали для підлогового утримання. Тут головне завдання інженера — проектування надпотужної тунельної вентиляції для відведення тепла від птиці.
- **Яєчні фабрики:** Це будівлі під багатоярусне обладнання. Тут ми маємо справу з колосальними вертикальними навантаженнями на підлогу. Ми повинні проектувати складні фундаменти та передбачати технологічні галереї для автоматизованого збору яєць та видалення посліду.

3. Ноу-хау та майбутнє галузі

Для повоєнної відбудови я пропоную впроваджувати дві революційні технології:

Біогазові установки: Це ключ до енергонезалежності.



Проєкт має передбачати закритий цикл: послід з будівлі автоматично потрапляє в біореактор (дигестер). Отриманий газ спалюється для обігріву пташника, а залишки стають високоякісним добривом. Це робить ферму автономною та екологічною.

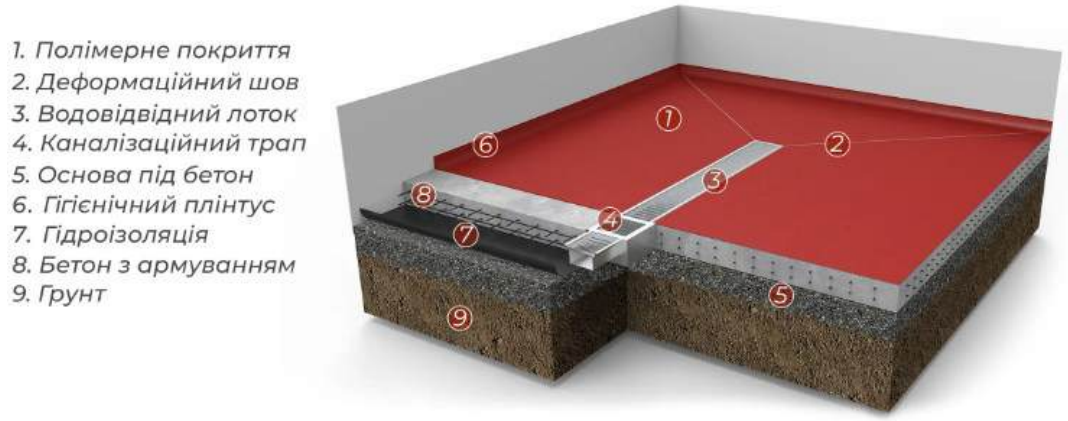
Вертикальні ферми: Це сміливе рішення (успішно реалізоване в Китаї), де пташники будуються як багатоповерхові промислові центри. Це дозволяє створювати стерильні умови, захищені від зовнішніх вірусів, та економити площу забудови. **Є виклики (мінуси):**

- **Величезні інвестиції:** Будівництво багатоповерхівки з посиленим каркасом (птахи + обладнання + послід важать багато) коштує значно дорожче за звичайний ангар.
- **Логістика всередині будівлі:** Потрібні потужні ліфти та системи підйому кормів і спуску готової продукції.
- **Ризики збоїв:** Якщо в такій «вежі» вийде з ладу вентиляція або електрика, під загрозою опиняється відразу величезне поголів'я.

Це рішення ідеальне для приміських зон мегаполісів, де дорога оренда землі, але великий попит на свіже м'ясо та яйця.

4. Екологія та цифровізація

Ми маємо проектувати «розумні» підлоги з полімерним покриттям,



Матеріали для стійких полімерних підлог (Chemical-Resistant)

Для агресивного середовища птахоферм (аміак, послід, часта дезінфекція) найкраще підходять:

- **Поліуретан-цементні покриття:** Найстійкіші до різких перепадів температур, гарячої води та сильних дезінфектантів (витримують мийку під високим тиском).
- **Епоксидні системи:** Створюють 100% безшовну, тверду, хімічно стійку поверхню, що запобігає розмноженню бактерій.
- **Модульна ПВХ-підлога (з антибактеріальними добавками):** Дозволяє легко замінити пошкоджену ділянку без зупинки роботи всього цеху.
- **"Розумні" функції та технології (Smart Flooring)**

Сенсори здоров'я та середовища: Вмонтовані в полімер IoT-датчики (DHT22, MQ135) для моніторингу рівня аміаку, CO2, температури та вологості на рівні підлоги. Це дозволить інженеру бачити стан металевих ферм та рівень корозії в реальному часі через смартфон. **Як працюють датчики моніторингу корозії:**

Метод опору (ER): Сенсор вимірює товщину металевого «зонда-свідка». Якщо метал тоншає через корозію — електричний опір зростає, і система подає сигнал.

Гальванічний метод: Датчик фіксує виникнення мікрострумів між металами при контакті з вологою та аміаком. Чим вищий струм — тим швидше руйнується конструкція.

Контроль середовища: Датчики (DHT22/MQ135) стежать за вологістю та парами аміаку. Критичні показники свідчать про руйнування захисного шару ще до появи видимої іржі.

- **Аналітика активності:** Системи, що відстежують рух птиці для виявлення ознак хвороб або стресу.
- **Автоматизоване сміттєвидалення:** Полімерне покриття має бути сумісним з автоматизованими системами прибирання (роботи, скрепери).

- **Технічні вимоги до проектування:**
- **Антиковзання:** Поверхня повинна мати текстуровану структуру (антиковзні добавки), щоб зменшити травматизм птиці.
- **Гігієнічність:** Безшовність та відсутність пор, що забезпечує легке миття та запобігає накопиченню бактерій.
- **Стійкість до дезінфекції:** Покриття має витримувати кислотні та лужні розчини, включаючи хлорвмісні засоби.
- Це дозволить інженеру бачити стан металевих ферм та рівень корозії в реальному часі через смартфон.

Висновок:

Відбудова України — це шанс перестрибнути через десятиліття в інженерному розвитку. Птахівництво майбутнього — це не просто ферми, це енергоефективні «заводи», які працюють за принципом нульових відходів. Як можливо майбутній інженер, бачу наше завдання в тому, щоб зробити ці об'єкти безпечними, довговічними та прибутковими завдяки новітнім технологіям.

Список використаних джерел

1. Сайт компанії Chore-tim [https://www.choretime.com].
2. Сайт компанії Powell & Co Construction Ltd [https://www.powellbuildings.com].
3. Сайт Агробізнес сьогодні [https://agro-business.com.ua].
4. Сайт Агроновини України та світу (аграрний бізнес) [https://agrotimes.ua].
5. Сайт компаніїї Olis-Group>>[https://olis-group.com.ua].
6. Сайт компанії Lohmann Breeders>> [https://lohmann-breeders.com].

УДК 631.2

ПРОЕКТУВАННЯ ПІДПРИЄМСТВ ДЛЯ УТРИМАННЯ КОНЕЙ

Д. Костюк студент 4 курсу
Марченко М.В. к.т.н., доцент

(Державний біотехнологічний університет, м. Харків , Україна)

У роботі розглянуто основні принципи проектування підприємств для утримання коней з урахуванням будівельних, ветеринарних, санітарних та технологічних вимог. Проаналізовано особливості різних типів кінних комплексів, зокрема спортивних, племінних, приватних та реабілітаційних.

Сучасні підприємства для утримання коней є складними інженерними об'єктами, при проектуванні яких необхідно враховувати не лише будівельні норми, а й ветеринарні, санітарні та технологічні вимоги. Правильне проектування кінних комплексів безпосередньо впливає на здоров'я тварин, безпеку персоналу, довговічність будівель та економічну ефективність підприємства.

Підприємства для утримання коней поділяються на декілька основних типів: спортивні кінні комплекси, племінні господарства, приватні стайні, кінно-

туристичні та реабілітаційні центри. Кожен із цих типів має власні особливості проектування, які залежать від кількості тварин, функціонального призначення та умов експлуатації.

Вибір земельної ділянки. Одним із найважливіших етапів проектування є вибір земельної ділянки. Для кінних підприємств рекомендуються рівні або злегка похилі території з природним ухилом приблизно 3–5 %, що забезпечує ефективне відведення дощових вод. Надмірна вологість негативно впливає як на стан фундаментів та конструкцій будівель, так і на здоров'я коней, особливо на стан копит та суглобів. Для одного коня бажано передбачати від 0,3 до 1 гектара пасовища залежно від типу утримання.

Проектування стайні та конструкцій. Основною будівлею кінного підприємства є стайня. При її проектуванні важливо забезпечити достатню площу денників, які для спортивних коней зазвичай мають розміри близько 3×4 м. Висота приміщень повинна становити не менше 3–4 м для забезпечення нормальної циркуляції повітря. Стіни сучасних стайнь виконують із цегли, газоблоку або сендвіч-панелей із утепленням. Для умов України товщина теплоізоляції зазвичай становить 100–150 мм мінеральної вати або 80–120 мм пінополістиролу.

Мікроклімат та вентиляція. Особливу увагу необхідно приділяти мікроклімату та вентиляції. Один кінь виділяє значну кількість тепла та вологи, тому без якісного повітрообміну у приміщенні накопичуються аміак, пил та конденсат. Оптимальна вологість повітря у стайнях становить приблизно 60–75 %. Практика показує, що для коней більш небезпечною є висока вологість та задуха, ніж низька температура повітря.

Манежі та тренувальні майданчики. Важливою складовою кінного комплексу є манежі та тренувальні майданчики. Професійні арени мають багатошарову конструкцію, що включає дренаж, щебеневу основу, геотекстиль та спеціальне покриття із кварцового піску та текстильних волокон. Якісне покриття значно зменшує ризик травм суглобів та сухожиль у коней.

Водопостачання та утилізація відходів. Окремої уваги потребують системи водопостачання та утилізації відходів. Один кінь споживає приблизно 30–60 л води на добу та утворює понад 8 т гною на рік. Тому при проектуванні необхідно передбачати надійні інженерні мережі, дренажні системи та майданчики для зберігання відходів.

Пожежна безпека. Важливим аспектом є пожежна безпека. Через наявність сіна, соломи та дерев'яних конструкцій стайні належать до об'єктів підвищеної пожежної небезпеки. При проектуванні необхідно передбачати евакуаційні виходи, блискавкозахист, пожежні резервуари та використання негорючих матеріалів.

Сучасні технології та автоматизація. Сучасні кінні комплекси дедалі більше автоматизуються. Використовуються системи автоматичного годування, клімат-контролю, LED-освітлення, відеоспостереження та сонячні панелі. Це дозволяє підвищити енергоефективність підприємств та зменшити експлуатаційні витрати.

Розвиток конярства в Україні. В Україні кінний спорт, агротуризм та приватні кінні клуби поступово розвиваються, що створює потребу у сучасних та енергоефективних кінних комплексах. Таким чином, проектування підприємств для утримання коней є перспективним напрямком для будівельної галузі та потребує комплексного інженерного підходу.

Список використаних джерел

1. ДБН В.2.2-ХХ: Будівлі та споруди для тваринництва.
2. Основи проектування тваринницьких підприємств : навчальний посібник.
3. Сучасні технології утримання коней та проектування кінних комплексів.
4. Норми технологічного проектування підприємств конярства.
5. Наукові публікації з питань енергоефективності тваринницьких комплексів.

ДО ПИТАННЯ ДЕМПФУВАННЯ В БУДІВНИЦТВІ

Сліпченко М.В., к.т.н., доцент, Супрунович М.М., студент

Харківський державний професійно-педагогічний фаховий коледж імені В.І. Вернадського, м. Харків, Україна

The abstracts discuss the need to use damping in construction, especially taking into account seismic, dynamic and other influences.

Протягом 2026 року в Україні Головний центр спеціального контролю зафіксував низку землетрусів. Більшість із них були слабкими, не становили загрози для населення та інфраструктури й класифікувалися як невідчутні або ледве відчутні. Їх магнітуда не перевищувала 3,1 бала за шкалою Ріхтера. Протягом ХХ сторіччя реєструвались землетруси і понад 7 балів, тож це треба враховувати при проєктування будівель та споруд.

Одним з варіантом захисту споруд є демпфування – це штучне поглинання та розсіювання енергії динамічних коливань (від вітру, сейсміки, транспорту чи обладнання) у конструкціях споруд. Демпфування є інженерним методом штучного гасіння й динамічного розсіювання енергії коливань, що виникають у будівельних конструкціях унаслідок сейсмічних, вітрових або техногенних навантажень [1]. Інтеграція демпферів дозволяє уникнути явищ резонансу – критичного збігу частот, який загрожує цілісності та стабільності споруди.

Пасивне демпфування: автономне гасіння коливань механічними пристроями (ізолятори, фрикційні та в'язкопружні демпфери), які працюють без зовнішнього живлення за рахунок власної конструкції. Активне демпфування: інтелектуальні системи з датчиками та контролерами, що в реальному часі генерують протидіючі сили для миттєвого зняття навантажень, але потребують постійного енергопостачання. Напівактивне демпфування: комбінований метод, де за мінімального енергоспоживання пристрої (наприклад, магнітореологічні

демпфери) адаптивно змінюють свої фізичні властивості під амплітуду коливань споруди.

Відтак, ключовим етапом аналізу є розрахунок вимушених коливань, зумовлених імпульсними, ударними, динамічними та вібраційними навантаженнями. Відповідні математичні моделі представлено в [2,3].

Список використаних джерел

1. Chandrasekaran, S., Serino, G., Spizzuoco, M.. Earthquake Engineering and Structural Control: Theory and Applications (1st ed.). CRC Press., 2024. – 432p. https://doi.org/10.1201/9781003542018

2. Ольшанський В.П., Сліпченко М.В., Ольшанський О.В., Бредихін В.В. Динаміка імпульсно навантажених нелінійних осциляторів. – Харків: Діса плюс, 2021. – 264 с.

3. Ольшанський В.П., Сліпченко М.В., Спольнік О.І., Бурлака В.В. Нелінійні коливання дисипативних осциляторів . – Харків : Міськдрук, 2020. – 268с.

УДК 666.972.16

СТРУКТУРОУТВОРЕННЯ ВОДИ В СИСТЕМІ «ЦЕМЕНТ–ЗАПОВНЮВАЧ–ВОДА» ПРИ ПРЕСУВАННІ

Шептун С. Ю. к.т.н., доц.

Державний біотехнологічний університет

Розглянуто особливості структурних змін води в бетонних сумішах під час пресування. Проаналізовано взаємодію води з активними центрами поверхні твердої фази та встановлено закономірності поведінки вільної, рихлозв'язаної і міцнозв'язаної води при ущільненні суміші.

Структура води добре вивчена і складається з окремих молекул H_2O. При вивченні окремих видів структур, у тому числі води, встановлено, що однойменно зарядженні частинки групуються в окремі утворення іменовані кластерами. Кластери в свою чергу можуть утворювати кластери різного рівня.

При розгляді зміни структури води в результаті ущільнення суміші пресуванням встановлено, що структура води під впливом поверхневих сил заповнювача (особливо їх знаків) може змінювати особливості своєї структури.

При пресуванні бетону (особливо з дрібнозернистими заповнювачами) з метою забезпечення необхідної рухомості суміші у ряді випадків додають надлишкову воду. Експериментально встановлено, що під час пресування під нижньою поверхнею пуансона на поверхні бетону спостерігається поява прозорої води без домішок частинок цементу. Таку воду називають «вільною водою».

Розглянемо структуру води, що знаходиться під впливом активних центрів поверхні твердої фази заповнювача і в'яжучого. Під впливом зарядів активних центрів шароподібна будова молекули води перетворюється в диполь різного ступеня видовження, в залежності від відстані до суміжних активних центрів.

В залежності від свого стану вода характеризується різними фізичними показниками. Найближчі до твердої поверхні шари рідини частково набувають властивостей твердого тіла – адсорбційна або міцнозв'язана рідина. Щільність води в такому шарі – 1,2-2,0 г/см^3, міцність при зсуві –104 МПа. Міцно зв'язана вода характерезується більш високою в'язкістю.

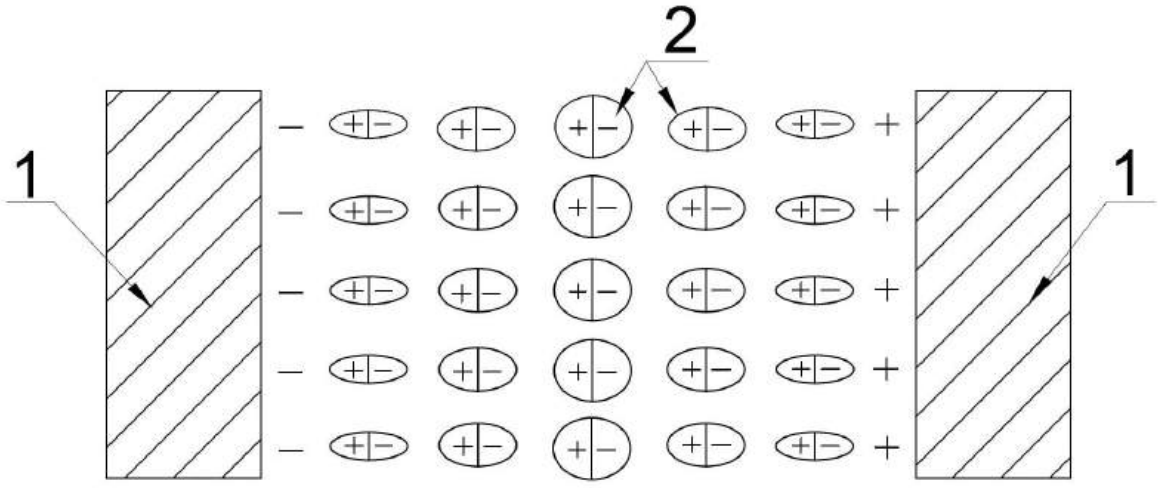


Рис. 1. Схема структури води під впливом активних центрів поверхні твердої фази: 1 – тверда фаза; 2 – молекули води.

За межами вищевказаного шару розташовується дифузійнозв'язана (рихлозв'язана) рідина. Властивості дифузійної рідини є проміжними між властивостями міцнозв'язаної і вільної води.

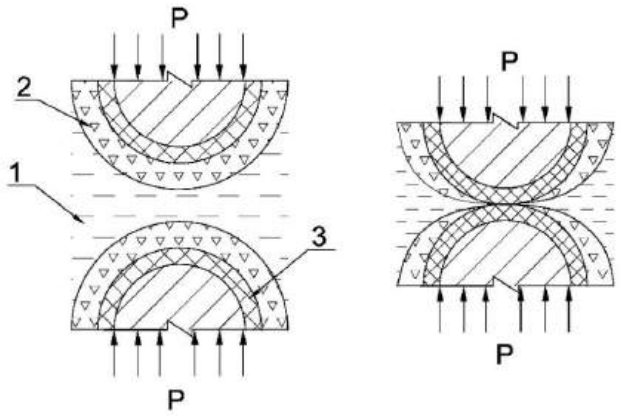


Рис. 2. Види і положення води під час ущільнення суміші: 1 – вільна; 2 – рихлозв'язана (дифузна); 3 – міцнозв'язана (адсорбційна).

У зв'язку з викладеним, воду, що знаходиться в просторі між твердими заповнювачами можна розглядати як структуровану. Зусилля пресування від пуансона передається частинкам твердої фази, які зближаються між собою і передають зусилля рідкій фазі. Під впливом цих зусиль рідка фаза деформується, в'язкість води збільшується. Під тиском в першу чергу вільна вода переміщується і виділяється на зовнішній поверхні бетону. Для того, щоб в подальшому зблизити частинки твердої фази необхідно видалити рихлозв'язану

воду, в'язкість якої більше в'язкості вільної води, і відповідно збільшити силу пресування.

В результаті проведених досліджень теоретично встановлено і експериментально підтверджено, що структурні зміни води можуть бути використані у напрямку удосконалення технологій бетону.

Список використаних джерел

1. Кривенко П. В., Пушкарьова К. К., Кочевих М. О. Фізико-хімічні основи формування структури цементного каменю. Київ : Основа, 2019. 256 с.
2. Дворкін Л. Й., Дворкін О. Л. Будівельне матеріалознавство. Рівне : НУВГП, 2017. 448 с.
3. Баженов Ю. М., Комар А. Г. Технологія бетонів і будівельних розчинів : підручник. Київ : Вища школа, 2018. 512 с.
4. Пушкарьова К. К., Гончар О. А., Бондар В. І. Вплив структури води на процеси формування цементних композицій. Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. 2021. № 75. С. 32–39.
5. Кочевих М. О., Пушкарьова К. К. Дослідження адсорбційно-зв'язаної води у цементних системах. Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. 2022. № 86. С. 97–104.

УДК 691.11:620.22

ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У ВИРОБНИЦТВІ СУЧАСНОГО ЛАМІНАТУ

Шептун С. Ю. к.т.н., доц., Борисова С. В. здобувач ВО

Державний біотехнологічний університет

У роботі розглянуто основні інноваційні напрями розвитку сучасного ламінату, зокрема технології підвищення водостійкості, застосування SPC-основ, удосконалення захисних покриттів та замкових систем. Проаналізовано сучасні рішення, спрямовані на покращення експлуатаційних характеристик, реалістичності текстури та екологічної безпечності ламінованих підлогових покриттів.

У сучасному світі, де увага до деталей інтер'єру та вимоги до функціональності постійно зростають, ламінат як підлогове покриття пройшов шлях еволюції від простого імітаційного матеріалу до високотехнологічного рішення, яке може вражати своїми можливостями. Сучасні технологічні інновації дозволили ламінату перетворитись на сучасний матеріал з рядом унікальних властивостей.

Самоочищення поверхні

Однією з найбільших інновацій в ламінаті є його здатність до самоочищення. Ця технологія, впроваджена завдяки наночастинкам, включеним у верхній шар покриття, активується під дією світла. Наночастинки сприяють розщепленню органічних речовин (таких як рідини та бруд), перетворюючи їх на нешкідливі субстанції, які легко можна видалити з поверхні без використання

агресивних чистячих засобів. До того ж, багато ламінатів тепер мають антибактеріальне покриття, що робить їх ідеальним вибором для домівок з дітьми або алергіками, гарантуючи безпечне та здорове навколишнє середовище.

Ламінат з інтегрованим опаленням

Провідні виробники йдуть шляхом інтеграція систем опалення безпосередньо в підлогове покриття. Ламінат з інтегрованим опаленням містить тонкі нагрівальні елементи, які рівномірно розподіляють тепло по поверхні підлоги, забезпечуючи комфорт та економію енергії.

Ця концепція полягає в тому, що нагрівальні елементи вбудовуються безпосередньо у підлогове покриття або розміщуються під ним, створюючи систему «тепла підлога», що може бути використана в житлових та комерційних приміщеннях.

Інтегроване опалення в ламінаті зазвичай базується на електричних нагрівальних мати або кабелях, які укладаються під покриттям. Ці системи можуть бути встановлені таким чином, щоб рівномірно розподіляти тепло по всій поверхні підлоги, забезпечуючи комфортне тепло без необхідності використання традиційних радіаторів або систем опалення. Серед переваг такої системи можна назвати:

- енергоефективність – електричні системи “тепла підлога” можуть бути більш енергоефективними порівняно з традиційними системами опалення, особливо якщо вони використовуються в добре ізольованих приміщеннях;
- рівномірне розподілення тепла – на відміну від радіаторів, що створюють місцеві «гарячі точки», система теплої підлоги забезпечує однорідне тепло по всьому простору;
- естетика і комфорт – відсутність видимих радіаторів не тільки звільняє простір в кімнаті, але й створює приємніше відчуття тепла, що піднімається знизу вгору.

Системи інтегрованого опалення для ламінату можуть бути адаптовані до різних типів приміщень, враховуючи їх розмір, призначення та індивідуальні вимоги до температури.

При цьому важливо звернути увагу на декілька аспектів перед установкою такої системи: сумісність ламінату з системами опалення, правильний вибір потужності нагрівальних елементів та наявність ефективної теплоізоляції для максимізації ефективності системи. Розумна інтеграція з системами «розумного дому» може ще більше підвищити ефективність використання, дозволяючи точно регулювати температуру і мінімізувати енергоспоживання.

Абсолютна водостійкість ламінату

Одним із головних недоліків класичного ламінату тривалий час залишалася чутливість до вологи. Звичайні HDF-плити при контакті з водою набухали, деформувалися та втрачали міцність. Саме тому сучасні виробники спрямували значні зусилля на створення водостійких моделей.

Основою таких ламінатів стали вдосконалені HDF-плити високої щільності. Завдяки більш щільному пресуванню деревних волокон значно зменшується кількість мікропор, через які може проникати вода. Додатково

плити просочуються спеціальними водовідштовхувальними смолами та восковими складами.

Особлива увага приділяється обробці замкових з'єднань. Саме стики між панелями є найбільш уразливими до проникнення вологи. Для їхнього захисту використовують гідрофобні просочення, силіконові покриття або спеціальні герметизувальні склади. У результаті сучасний ламінат може витримувати контакт із водою протягом 24–72 годин без помітної деформації.

Такі характеристики дозволили використовувати ламінат у приміщеннях із підвищеною вологістю — кухнях, передпокоях і навіть ванних кімнатах. Це суттєво розширило сферу його застосування та підвищило конкурентоспроможність порівняно з керамічною плиткою або лінолеумом.

Технологія SPC (Stone Polymer Composite)

Окремим напрямком розвитку стала поява SPC-покриттів. SPC (Stone Polymer Composite) — це композитний матеріал, який поєднує мінеральний наповнювач (найчастіше карбонат кальцію) та полімерні компоненти.

На відміну від традиційного ламінату з деревною HDF-основою, SPC-панелі практично не реагують на воду. Вони мають повну водостійкість і не набухають навіть при тривалому затопленні. Саме тому SPC-підлоги активно використовуються у ванних кімнатах, кухнях, комерційних приміщеннях та громадських будівлях.

Ще однією перевагою SPC є висока механічна міцність. Кам'яно-полімерна основа добре витримує ударні навантаження, тиск меблів та інтенсивне ходіння. Крім того, матеріал має стабільні геометричні розміри й майже не розширюється при перепадах температури.

Завдяки цьому SPC-ламінат чудово сумісний із системами «тепла підлога». Він ефективно проводить тепло та не деформується під час нагрівання. Це робить таке покриття особливо популярним у сучасному житловому будівництві.

Реалістична структура поверхні

Однією з найважливіших інновацій стала технологія синхронного тиснення — EIR (Embossed in Register).

Суть технології полягає в тому, що рельєф поверхні точно збігається із зображенням деревних волокон або кам'яної текстури. Наприклад, якщо на декоративному шарі намальовано сучок або заглиблення деревини, то в цьому ж місці створюється відповідний рельєф.

Додатково використовуються технології глибокого матування, мікрофасок та багатошарового друку високої роздільної здатності. Це дозволяє створювати дуже реалістичні декори дуба, ясена, горіха, мармуру або бетону.

Захист від подряпин та зношування

Ще одним важливим напрямком розвитку є підвищення зносостійкості покриття. Верхній захисний шар сучасного ламінату виготовляється з меламінових або акрилових смол із додаванням надтвердих мінеральних частинок.

Особливо ефективним стало використання корунду — штучного мінералу, твердість якого поступається лише алмазу. Частинки корунду значно

підвищують стійкість поверхні до стирання, подряпин та механічних пошкоджень.

Крім того, нові захисні покриття мають антистатичні властивості та краще протидіють забрудненням, що полегшує догляд за підлогою.

Список використаних джерел

1. Коваленко О. В. Сучасні підлогові покриття та особливості їх застосування // Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві. — 2021. — № 15. — С. 112–118.

2. Петрук В. Г., Мельник І. О. Інноваційні матеріали у сучасному будівництві : навч. посіб. — Львів : Львівська політехніка, 2020. — 248 с.

3. Технології виробництва сучасних ламінованих покриттів // Будівельні матеріали та вироби. — 2022. — № 3. — С. 25–31.

4. Шишкін О. О. Екологічна безпечність сучасних оздоблювальних матеріалів // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. — 2023. — № 89. — С. 97–103.

УДК 631.2

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЄКТУВАННЯ СУЧАСНИХ ОВОЧЕСХОВИЩ

Колеснік Віталій студент 4 курсу
Марченко М.В. к.т.н., доцент

(Державний біотехнологічний університет, м. Харків , Україна)

У роботі розглянуто основні принципи проєктування овочесховищ та їх значення для збереження сільськогосподарської продукції. Проаналізовано види овочесховищ, особливості їх конструктивних рішень, способи зберігання продукції та вимоги до підтримання мікроклімату. Висвітлено роль вентиляційних, холодильних та автоматизованих систем у забезпеченні якісного й тривалого зберігання овочів.

Овочесховища є важливою складовою агропромислового комплексу, оскільки забезпечують тривале зберігання сільськогосподарської продукції із мінімальними втратами якості. Основним завданням таких споруд є створення оптимального мікроклімату для овочів шляхом підтримання необхідної температури, вологості та вентиляції. Саме правильне проєктування овочесховищ значною мірою впливає на ефективність зберігання продукції та економічні показники підприємства.

Сучасні овочесховища поділяються на наземні, напівзаглиблені та заглиблені. Наземні споруди найчастіше будують із металевих конструкцій, сендвіч-панелей, цегли або бетону. Вони є найбільш технологічними та зручними для автоматизації виробничих процесів. Напівзаглиблені та заглиблені сховища забезпечують стабільний температурний режим завдяки природній теплоізоляції ґрунту, що дозволяє зменшити витрати на охолодження.

Під час проєктування овочесховищ необхідно враховувати місткість споруди, вид продукції, кліматичні умови та логістику підприємства. Важливу

роль відіграє правильне розміщення вентиляційних і холодильних систем, адже саме вони забезпечують підтримання оптимального мікроклімату. Для різних овочів передбачаються окремі температурні режими. Наприклад, картоплю рекомендується зберігати при температурі від +2 до +4 °С.

Основне обладнання сучасних овочесховищ включає холодильні установки, вентиляційні системи, зволожувачі повітря, контейнери, стелажі та датчики контролю температури й вологості. На великих підприємствах додатково використовують транспортери та сортувальні лінії, що дозволяє автоматизувати процеси приймання та обробки продукції.

Особливе значення має вентиляція, яка запобігає накопиченню вологи та розвитку процесів псування овочів. У сучасних сховищах застосовують як природну, так і примусову вентиляцію. Крім того, дедалі більшого поширення набувають автоматизовані системи контролю мікроклімату, які дозволяють дистанційно контролювати температуру, вологість та рівень вуглекислого газу.

Процес зберігання овочів складається з декількох етапів: приймання врожаю, сортування, очищення, просушування, охолодження та розміщення продукції у сховищі. Під час зберігання здійснюється постійний контроль стану продукції та параметрів мікроклімату.

Таким чином, сучасні овочесховища є складними інженерними об’єктами, які потребують комплексного підходу до проєктування. Використання новітніх технологій та автоматизованих систем дозволяє підвищити ефективність роботи підприємств, зменшити втрати врожаю та забезпечити якісне зберігання сільськогосподарської продукції.

Список використаних джерел

1. ДБН В.2.2-ХХ: Будівлі та споруди для зберігання сільськогосподарської продукції. - Київ : Мінрегіон України, 2023.

2. Бондаренко В.М. Проєктування та експлуатація овочесховищ: навчальний посібник. - Київ : Аграрна освіта, 2020. - 256 с.

3. Сучасні технології зберігання овочевої продукції / за ред. І.П. Гринчука. - Харків : Фактор, 2021. - 312 с.

4. Ковальчук О.С. Інженерні системи овочесховищ та холодильних комплексів. - Львів : Новий Світ, 2019. - 198 с.

5. FAO. Storage and Handling of Fruits and Vegetables. - Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2022.

6. ASHRAE Handbook - Refrigeration. Agricultural Storage Facilities. - Atlanta : ASHRAE, 2022.

УДК 631.2

ПРОЄКТУВАННЯ СВИНАРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ: СУЧАСНІ ПІДХОДИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

Костюк Андрій студент 4 курсу
Марченко М.В. к.т.н., доцент

(Державний біотехнологічний університет, м. Харків , Україна)

У роботі розглянуто основні принципи та особливості проєктування сучасних свинарських підприємств. Проаналізовано вимоги до вибору земельної ділянки, планування території, організації виробничих зон та забезпечення оптимального мікроклімату в приміщеннях для утримання свиней. Висвітлено сучасні системи вентиляції, водопостачання, автоматизованого годування та утилізації відходів.

Свинарство є однією з провідних галузей тваринництва, яка забезпечує населення важливими продуктами харчування та відіграє значну роль у продовольчій безпеці держави. Ефективність свинарських підприємств значною мірою залежить від правильності їх проєктування, адже сучасні свинокомплекси повинні відповідати технологічним, економічним, екологічним і ветеринарно-санітарним вимогам.

Сучасне проєктування свинарських підприємств базується на комплексному підході. Під час створення проєкту враховують виробничу потужність підприємства, тип утримання тварин, автоматизацію технологічних процесів та екологічну безпеку. Оптимальна потужність сучасних свинокомплексів становить від 3 до 24 тисяч голів одночасного утримання, що дозволяє забезпечити високу продуктивність та економічну ефективність.

Важливим етапом є вибір земельної ділянки. Територія повинна мати зручне транспортне сполучення, надійне водопостачання та можливість підключення до інженерних мереж. Особливу увагу приділяють рельєфу місцевості, санітарно-захисним зонам та розі вітрів для мінімізації негативного впливу на навколишнє середовище та житлову забудову.

Територія свинарського підприємства поділяється на виробничу, адміністративну, складську та санітарно-технічну зони. Такий поділ дозволяє забезпечити ефективну організацію виробництва та дотримання ветеринарно-санітарних норм. Основними спорудами комплексу є свинарники, кормоцехи, склади кормів, ветеринарні приміщення та системи утилізації відходів.

Під час проєктування будівель особливе значення має забезпечення оптимального мікроклімату. Температура у приміщеннях повинна підтримуватись у межах 16–22 °С, а відносна вологість — 60–75 %. Для цього використовують сучасні системи вентиляції, опалення та автоматичного контролю параметрів повітря. Вентиляція необхідна для видалення шкідливих газів, пилу та надлишкової вологи, що позитивно впливає на здоров’я тварин і продуктивність підприємства.

Сучасні свинарські комплекси активно впроваджують автоматизовані системи годування, напування та контролю мікроклімату. Автоматизація дозволяє зменшити витрати ручної праці, підвищити продуктивність та покращити умови утримання тварин. Значну роль також відіграють енергоефективні технології та використання сучасних матеріалів у будівництві.

Одним із найважливіших аспектів проєктування є екологічна безпека підприємства. Особливу увагу приділяють утилізації гною та очищенню стічних вод. У сучасних господарствах дедалі частіше використовують біогазові установки, які дозволяють переробляти органічні відходи на енергію та органічні добрива. Це сприяє зменшенню негативного впливу на довкілля та підвищує енергонезалежність підприємства.

Свинарство в Україні має значний потенціал розвитку. Незважаючи на економічні труднощі, епізоотичні ризики та наслідки воєнних дій, галузь поступово модернізується та переходить до використання сучасних технологій. Основне виробництво концентрується у центральних та західних регіонах країни, де активно впроваджуються новітні системи автоматизації та енергоефективності.

Таким чином, проєктування свинарських підприємств є складним інженерним процесом, який потребує врахування багатьох факторів. Використання сучасних технологій, автоматизованих систем та екологічних рішень дозволяє створювати ефективні, безпечні та конкурентоспроможні свинарські комплекси, здатні забезпечувати стабільний розвиток галузі в Україні.

Список використаних джерел

1. ДБН В.2.2-ХХ: Будівлі та споруди для тваринництва. - Київ : Мінрегіон України, 2023.

2. Мельник В.О. Проєктування та експлуатація свинарських підприємств : навчальний посібник. - Київ : Аграрна освіта, 2021. - 284 с.

3. Технології сучасного свинарства / за ред. П.П. Бойка. - Харків : Фактор, 2020. - 320 с.

4. FAO. Good Practices for Biosecurity in the Pig Sector. - Rome : Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2021.

5. ASABE Standards. Swine Housing and Equipment Handbook. - Michigan : American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2022.

УДК 631.372.

ВПЛИВ КОНСТРУКЦІЙНИХ ПАРАМЕТРІВ ТА РЕЖИМІВ РОБОТИ НА ДИНАМІКУ ПОСІВНОГО МАШИННО-ТРАКТОРНОГО АГРЕГАТУ

Кусков М.А., старший викладач, д.ф.

Державний біотехнологічний університет

Метоє є розроблене програмне забезпечення дозволяє досліджувати вплив конструктивних параметрів і режимів роботи на динамічні характеристики посівного МТА.

Для дослідження впливу конструкційних параметрів та режимів роботи на динаміку посівного МТА була розроблена програма для пакету Matlab. В програмі використано наступні змінні стану системи, що описується диференціальними рівняннями:

– координата x центру мас трактора;
– проекція швидкості центру мас трактора на вісь OX;
– координата y центру мас трактора;
– проекція швидкості центру мас трактора на вісь OY;
– кут повороту поздовжньої осі трактора;
– кутова швидкість трактора у горизонтальній площині;
– кут повороту поздовжньої осі сівалки;
– кутова швидкість сівалки у горизонтальній площині.

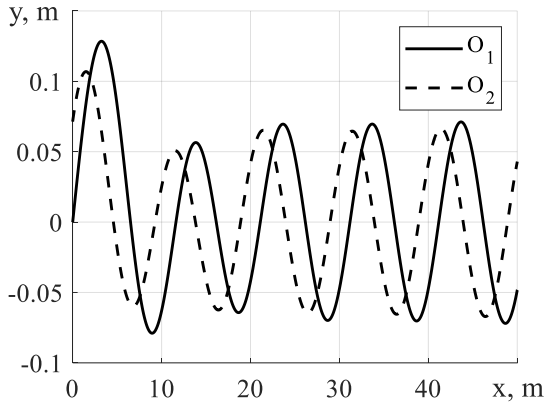
Вхідні параметри моделі:

– швидкість руху посівного МТА;
– маса трактора та сівалки;
– жорсткості коліс трактора та сівалки;
– відстань від передньої та задньої осі до центру мас трактора;
– відстань від задньої осі трактора до точки причепа;
– відстань від центру мас сівалки до точки причепа;
– відстань від осі сівалки до точки причепа;
– відстань від центру опору сівалки до точки причепа;
– ширина колії трактора та агрегату;
– величини рушійних сил та сил опору;
– моменти інерції трактора та сівалки щодо своїх центрів мас;
– головний вектор сил опору робочих органів сівалки;
– коефіцієнти бокового уводу коліс.

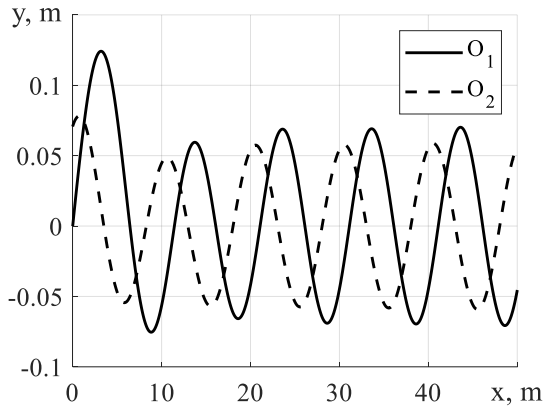
Теоретичні дослідження посівного МТА у складі трактора Б-1025.2 та сівалки Vega-8 W Profi проведено для трьох варіантів вихідних параметрів математичної моделі. В першому варіанті швидкість руху складала – υ = 2,5 м/с; відстань від точки причепу сівалки до центру мас сівалки – l_5 = 2 м; тиск в колесах трактора – P_w = 0,10 МПа. У другому варіанті швидкість руху агрегату підвищено до υ = 2,8 м/с; відстань від точки причепу сівалки до центру мас сівалки збільшено – l_5 = 3 м; тиск в колесах трактора – P_w = 0,10 МПа. В третьому варіанті підвищено тиск в колесах трактора до P_w = 0,12 МПа.

Узагальнені результати розрахунку математичної моделі посівного МТА наведені у додат. В.

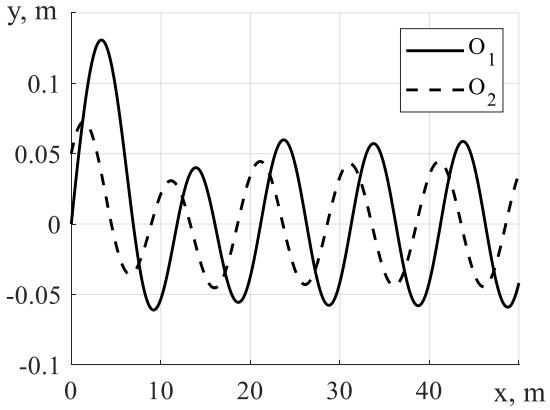
Визначено та порівняно траєкторії руху центрів мас трактора O_1 та сівалки O_2 (рис. 1.1), залежності кутів повороту центрів мас трактора γ_1 та сівалки γ_2 навколо вертикальної осі від пройденого шляху, спектральні щільності траєкторій центрів мас трактора $S(O_1)$ та сівалки $S(O_2)$.



а



б



в

Рисунок 1.1 – Траєкторії руху центрів мас трактора O_1 та сівалки O_2 (а – υ = 2,5 м/с; l_5 = 2 м; P_w = 0,10 МПа; б – υ = 2,8 м/с; l_5 = 3 м; P_w = 0,10 МПа; в – υ = 2,8 м/с; l_5 = 3 м; P_w = 0,12 МПа)

Максимальне значення відхилення центра мас трактора від прямолінійної траєкторії складає 0,125 м (рис. 1.1, а), а для інших конструктивних параметрів посівного МТА – 0,12 м. Розмах коливань центра мас трактора складає 0,12 м (при $\upsilon = 2{,}5$ м/с, $l_5 = 2$ м, $P_w = 0{,}10$ МПа). Збільшення швидкості руху до 2,8 м/с та підвищення тиску в колесах трактора до 0,12 МПа приводять до зниження розмаху коливань рами трактора до 0,11 м (рис. 1.1, в).

Розмах коливань центра мас сівалки знижується з 0,11 м (при $\upsilon = 2{,}5$ м/с, $l_5 = 2$ м, $P_w = 0{,}10$ МПа, рис. 2.3, а) до 0,08 м (при $\upsilon = 2{,}8$ м/с, $l_5 = 3$ м, $P_w = 0{,}12$ МПа, рис. 1.1, в).

Список використаних джерел

1. Антощенков Р. В., Кусков М. А. До дослідження плоско-паралельного руху посівного машинно-тракторного агрегату. *Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів*, 2024. № 25. С. 291–305. https://doi.org/10.37700/ts.2024.25.291-305.

2. Кусков М. А. Експериментальні дослідження посівного машинно-тракторного агрегату у складі трактора та сівалки Vega-8 W Profi. *Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів*, 2025. № 26. С. 222–234. https://doi.org/10.64165/ts.2025.26.222-234.

3. Череватенко Г. І., Кусков М. А. Розрахунок економічної ефективності посівного та орного машинно-тракторних агрегатів. *Український журнал прикладної економіки та техніки*, 2025. Том 10. № 1. С. 395 – 398. https://doi.org/10.36887/2415-8453-2025-1-68.

УДК 691.32:666.1-127

ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ СКЛЯНОГО БОЮ У ВИРОБНИЦТВІ ЦЕМЕНТНИХ КОМПОЗИТІВ ТА БЕТОНІВ

Шептун С. Ю. к.т.н., доц.

Державний біотехнологічний університет

Розглянуто можливості утилізації відходів скляного бою шляхом його використання у виробництві цементних композитів і бетонів. Проаналізовано вплив дисперсності склопорошку на фізико-механічні властивості матеріалів, а також особливості перебігу лужно-кремнеземної реакції. Встановлено, що тонкодисперсний скляний порошок може ефективно застосовуватись як активна мінеральна добавка для підвищення міцності та довговічності бетонів.

Проблема ресурсозбереження та повторного використання сировинних ресурсів сьогодні є надзвичайно актуальною у світовому масштабі. Унаслідок активної індустріалізації й урбанізаційних процесів щороку накопичуються мільйони тонн скляних відходів. До основних джерел такого виду відходів належать використана тара, віконне та екранне скло, люмінесцентні лампи, електролампочки, електронні прилади, медична тара, а також пляшки з-під алкогольної продукції. Значна частина склобою потрапляє на полігони твердих

побутових відходів через складність очищення від домішок, високі транспортні витрати до склозаводів та труднощі сортування змішаних потоків скла різного кольору. Оскільки скло є практично нерозчинним матеріалом, його захоронення не можна вважати екологічно обґрунтованим рішенням.

Передумовою для використання скляного бою у виробництві будівельних матеріалів стала подібність його хімічного складу до осадових і метаморфічних порід. Завдяки цьому скло може виступати компонентом у складі цементних композицій та бетонів. Саме тому будівельна галузь розглядається як один із найперспективніших напрямів утилізації скляних відходів, адже вона здатна забезпечити значні обсяги їхнього споживання.

Результати як міжнародних, так і українських досліджень свідчать про можливість застосування скляного бою в бетонних сумішах як замінника щебеню у межах 20–100 % без суттєвого погіршення фізико-механічних характеристик. Крім того, скло може частково замінювати цемент і пісок, а тонкодисперсний скляний порошок використовують як активну мінеральну добавку.

Ще у 1960-х роках проводилися дослідження щодо використання скляного порошку як заповнювача для бетонів. Однак під час робіт, спрямованих на створення архітектурного бетону, було встановлено, що матеріали з високим вмістом склобою схильні до розтріскування. Причиною цього є виникнення лужно-кремнеземної реакції (ASR), унаслідок якої формується гель, що при насиченні вологою збільшується в об’ємі, спричиняючи тріщиноутворення та зниження міцності бетону. Дослідження показали, що небезпека цієї реакції значно зменшується за умови подрібнення скла до частинок розміром не більше 300 мкм. Саме тому найбільш перспективним напрямом є часткова заміна цементу тонкодисперсним склопорошком. Завдяки високому вмісту кремнезему такий порошок проявляє пуцоланову активність, сприяє утворенню C-S-H фаз і підвищує довговічність та міцність бетонів.

Перед використанням вторинне скло проходить підготовчі етапи. Після збирання та сортування його направляють на спеціалізовані підприємства для очищення, миття та дроблення. Далі матеріал розподіляють за фракціями: частинки розміром близько 10 мм застосовують як замінник крупного заповнювача, а фракцію 5 мм — як альтернативу піску. Найдрібніші частинки додатково подрібнюють до стану тонкодисперсного порошку. Такий матеріал характеризується низьким водопоглинанням, стійкістю до високих температур і збереженням фізико-механічних властивостей. Найефективнішим вважається використання склопорошку з розміром частинок 75–150 мкм як активної мінеральної добавки до цементних композицій.

Дослідження мікроструктури цементних матеріалів підтверджують, що введення скляного порошку сприяє формуванню більш щільної структури та покращенню міцнісних показників. Наукові результати доводять, що порошок скляного бою може ефективно впливати на процеси структуроутворення та кінетику набору міцності при стиску. Встановлено, що цементні композити, які містять 40 % гранульованого доменного шлаку та 5–15 % тонкодисперсного

склопорошку, демонструють високі показники міцності — від 30 до 106 МПа у віці 2–90 діб тверднення.

Підвищення міцності пояснюється взаємодією склофази доменного шлаку та склопорошкової складової з портландитом, у результаті чого утворюються низькоосновні гідросилікати кальцію, гідрогранати та цеолітоподібні кальцієві гідроалюмосилікати.

Отже, використання відходів скляного бою у виробництві цементного каменю та бетонів є доцільним і перспективним напрямом утилізації. Встановлено, що властивості склопорошку значною мірою залежать від дисперсності частинок, а тонкодисперсний матеріал може ефективно виконувати функцію активної мінеральної добавки у в'яжучих системах. Це створює передумови для розроблення бетонів спеціального призначення, декоративних архітектурних композицій і захисних покриттів нового покоління.

Список використаних джерел

1. Бердник О., Виговський С., Ларченко О., Виговська К. Використання відходів скляного бою в бетонному виробництві. *Технічні науки та технології.* 2023. № 1(31). С. 158–162.

2. Пушкарьова К. К., Бондар В. І., Гончар О. А. Використання скляного бою як активної мінеральної добавки у цементних композиціях. *Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка*. 2021. № 67. С. 45–52.

3. Плугін А. А., Плугін О. А., Борзяк О. С. Дослідження впливу тонкодисперсного склопорошку на властивості цементного каменю. *Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту.* 2020. Вип. 191. С. 112–119.

4. Гоц В. І., Ковальчук Т. В., Павлюк В. В. Перспективи використання вторинної склосировини у виробництві будівельних матеріалів. *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури*. 2022. № 86. С. 93–101.

УДК 696.1

НОВІТНІ ТЕХНОЛОГІЇ В САНТЕХНІЦІ

Петров А.М., к.т.н., доцент, Внуков С.М. студент

Харківський державний професійно-педагогічний фаховий коледж ім. В. І.Вернадського

Показані новітні інноваційні технології в сантехніці сьогодення. Розглянуто питання концепцій сучасного розумного будинку в сфері використання сучасної сантехніки.

У світі, де технології стрімко перетворюють усі сфери нашого життя, сантехніка не залишається осторонь. Інновації в нових методиках привносять супер можливості, покращують ефективність систем водопостачання та обігріву, а також забезпечують нові стандарти комфорту. Давайте розглянемо, які рішення в даний час змінили цю важливу сферу побуту.

Смарт-концепція і автоматизація відіграють ключову роль у тому, як методи впливають на новітню сантехніку. Розумні пристрої, такі як термостати і крани сенсорні, надають користувачеві можливість керувати процесом водопостачання та обігріву віддалено через мобільний додаток. Це не тільки економить ресурси, а й забезпечує більш ефективне витрачання води та енергії.

Методики також впроваджуються у створення більш ефективних та екологічних засобів водопідготовки. Наприклад, поява інноваційних фільтрів для очищення води дає змогу поліпшити якість води, роблячи її безпечною для пиття та використання в побуті. Це сприяє зменшенню витрат одноразового пластикового пакування та сприяють турботі про довкілля.

Сучасні техніки принесли революцію в галузі душових систем і ванн. Душі з електронним управлінням, обладнані різними функціями, такими як настроювана температура води, масажні насадки, світлові ефекти і навіть вбудовані аудіосистеми. Це створює унікальний і персоналізований досвід для кожного користувача, роблячи прийняття душу справжнім задоволенням.

На сьогодні можна забути про холодну підлогу у ванній кімнаті! Теплі підлоги, оснащені підігрівом, стали стандартом нинішніх сантехнічних рішень. Ці нововведення не тільки забезпечують комфорт у холодну погоду, але також підвищують енергоефективність приміщення.

Дзеркала з підігрівом – ще один винахід, який приносить зручність у ванну кімнату. Забудьте про те, як витирати пар після душу, тепер ваше дзеркало завжди буде чистим і готовим до користування.

Концепції розумного будинку також мають значний вплив на сферу розвитку сантехніки. Від режиму автоматичного керування освітленням і вентиляцією до інтеграції розумних дзеркал із віртуальними асистентами – все це створює гармонійне та зручне середовище для повсякденного споживання.

Світові винаходи не тільки роблять наш побут зручнішим і ефективнішим, а й сприяють економії ресурсів і турботі про навколишнє середовище. Автоматизація та розумні пристрої роблять свій внесок у створення модних, енергоефективних і комфортних просторів, де санітарна техніка стає невід’ємною частиною інтелектуального способу життя.

УДК 691

МЕТАЛОЧЕРЕПИЦЯ В БУДІВНИЦТВІ

Петров А.М., к.т.н., доцент, Колеснік В.Ю., студент

Державний біотехнологічний університет

Розглянуто використання металочерепиці в будівництві як покрівельного матеріалу. Показано основні переваги і недоліки використання цього будівельного матеріалу.

Металочерепиця використовується в покрівельному будівництві вже близько 50 років, тому за такий тривалий термін виріб мав змогу

трансформуватись безліч разів і тепер це один із найкращих варіантів покриття для будь-якого даху.

Незамінним покрівельним покриттям металочерепиця стала здебільшого завдяки:

-своїм технічним можливостям,

-тривалому терміну експлуатації,

-бездоганним декоративним даним.

Металочерепиця – матеріал для покрівель з можливим терміном експлуатації від 15 до 50 років. Вражаюче довготривалою може бути служба даху за умови, що він був облаштований якісною та міцною металочерепицею. Переваги металевого хвилястого виробу доводять, що недарма її обирає кожен другий домовласник. Найбільш переконливими на думку пересічного покупця плюсами використання металочерепиці є:

1. Міцність. Вона досягається комбінацією міцного металу, його особливої геометричної форми та використаних у виробництві зміцнюючих шарів.

2. Мала вага. Легкість виробу сприяє легкому транспортуванню, роботі з листами та їх монтажу, також не виникає потреби у зміцненні дахової основи, на яку буде кріпитись покрівельне покриття.

3. Зручний монтаж. Його виконують досить швидко за зрозумілою технологією, а вдало підібрані розміри листів та їх довжини дозволяють мінімізувати залишки покриття та виконати укладку бездоганно, коли зовнішньо не буде жодного недоліку у вигляді покрівлі.

4. Тривала служба. Термін, протягом якого металочерепиця буде захищати від зовнішнього середовища та його впливів, може сягати 50 років. Вражаюча тривалість, враховуючи, що це не найдорожче покриття на ринку.

5. Захист від протічок. Захист від опадів створений за допомогою спеціального антикорозійного шару, що виконують із застосуванням цинку. Він створює бар’єр для опадів та вологи, захищаючи металеву основу.

6. Вишуканий вигляд даху. Приваблива хвиляста структура та глибока кольорова гамма дають можливість простому виробу виглядати бездоганно та сучасно. Головне, що з роками не втрачається актуальність того, як виглядає дах із металочерепиці. Адже вона давно стала класикою для будь-якої дахової споруди та будівлі.

Металочерепиця має досить просту структуру, але вона дуже продумана, тому виріб має всі якості для якісної та довготривалої експлуатації.

Обираючи технічні параметри продукції, фахівці радять зосередити всю увагу на таких характеристиках:

-товщина сталі,

-клас цинкового захисту,

-тип полімеру.

Саме в такій послідовності в структурі йдуть складові, де основою виступає тонколистова сталь товщиною в середньому 0,45 мм, захистом від корозії стає шар цинку, а зовнішню складову формує полімер, що наноситься останнім.

Загалом такі структурні особливості і створили якісний і водночас доступний покрівельний матеріал.

Але, також слід зазначити, що металочерепиця має ряд недоліків.

1. Шумність. Метал є гучним матеріалом. Під час зливи або граду без якісної шумоізоляції (шару мінеральної вати), шум у мансардному поверсі буде чутно.
2. Ризик корозії. У місцях зрізу, подряпин або неправильного кріплення метал може почати іржавіти.
3. Конденсат. Через перепади температур на внутрішній стороні металу утворюється конденсат. Це потребує обов'язкового монтажу гідроізоляційної плівки або супердифузійної мембрани.
4. Обмеження форми. Не підходить для дахів складної конфігурації (наприклад, купольних), оскільки це призводить до великої кількості відходів матеріалу.

Ці недоліки, звісно обмежують використання цього покрівельного матеріалу.

УДК 69.03

КОТЕДЖНЕ БУДІВНИЦТВО В УКРАЇНІ

Петров А.М., к.т.н., доцент, Костюк А.М., студент

Державний біотехнологічний університет

Розглянуто актуальні питання котеджного будівництва в Україні. Показано етапи будівництва та документація, яка необхідна для зведення і здачу в експлуатацію будинків котеджного типу.

Котеджне будівництво в Україні орієнтоване на енергоефективність та швидкість зведення, що, як показали дослідження, користується попитом на ринку індівідуального домобудівництва. Станом на 2026 рік середня вартість будівництва становить від $450 за 1 кв. м для модульних будинків та від $600 за 1 кв. м під ключ для капітальних котеджів.

Технології зведення досить різноманітні, що дозволяє враховувати індивідуальні вимого замовника і сприяє популярності саме такого виду індивідуального домобудівництва.

Серед технологій, які є актуальними на сьогодні можна виділити наступні.

Каркасні будинки. Такий варіант виграє в порівнянні з іншими в плані ціни, тобто є досить малобюджетним, в тому числі і за рахунок швидкості зведення.

Модульні будинки. Такі будинки повністю виготовляються на заводі та збираються на ділянці за лічені дні.

Капітальні будинки. Класичні надійні будівлі. Виготовляються з газоблоку, керамоблоку, або монолітного залізобетону з підвищеною теплоізоляцією (наприклад, мінватою від 10 см). Такий вид котеджних будинків, звісно найдорожчий, але набагато більш надійний.

Щоб розпочати зведення котеджу легально, необхідно пройти наступні кроки.

1. Геодезія: розробка і проведення топографічної зйомки ділянки та перевірка ґрунту.
2. Проєктування: замовлення ескізного проєкту (можна обрати типовий або індивідуальний варіант), який відповідає індивідуальним вимогам та побажанням замовника.
3. Будівельний паспорт: отримання документа в органах містобудування та архітектури.
4. Повідомлення: реєстрація початку будівельних робіт (можна подати онлайн через портал Дія).

Під час розпланування ділянки обов'язково необхідно враховувати відступи для пожежної безпеки та комфорту. Житловий будинок має знаходитися на відстані не ближче 3 метрів від межі ділянки. Відстань між будинками (особливо з горючих матеріалів) повинна чітко відповідати державним будівельним нормам.

УДК 69.03

МОДУЛЬНІ БУДИНКИ

Петров А.М., к.т.н., доцент, Костюк Д.М., студент

Державний біотехнологічний університет

Розглянуто актуальні питання зведення будинків модульного типу в Україні. Показані недоліки і переваги виробництва, технології зведення і експлуатації таких будинків.

Модульні будинки в Україні — це будівлі заводського виробництва, які збираються на ділянці за кілька днів та коштують у середньому від 20 000 до 45 000 грн за м².

Така технологія стала дуже популярною завдяки швидкості монтажу, енергоефективності та мобільності (дім можна перевезети на інше місце).

Популярні стилі та інтер'єри

Найчастіше в Україні замовляють будинки у стилі барнхаус (Barnhouse), хай-тек, скандинавському чи мінімалістичному стилі. Вони мають панорамні вікна, лаконічне внутрішнє оздоблення деревом або плитами та раціональне планування.



Рис.1 Види модульних будинків

Ціна залежить від комплектації («каркас», «під чистове оздоблення» або «під ключ» з ремонтом та сантехнікою).

- Маленькі (до 30-40 м²): від $15 000 до $25 000. Чудово підходять для дачі, гостьового будиночка або глемпінгу.
- Середні (50-80 м²): від $25 000 до $45 000. Оптимальний варіант для постійного проживання невеликої родини.
- Великі (від 100 м²): від $50 000 і більше. Складаються з 3-5 блоків (модулів), що з'єднуються на місці.

Переваги технології. Швидкість. Будується на заводі за 4–6 тижнів, монтаж на ділянці — 1–3 дні. Фундамент. Достатньо легкого свайно-гвинтового або стовпчастого фундаменту.

Недоліки Обмеження за габаритами кімнат через вимоги до транспортування. Потрібен якісний під'їзд для важкої техніки (крана, довгоміра).

УДК 624.072.4

АНАЛІЗ ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ КОМПОЗИТНОЇ АРМАТУРИ В БУДІВНИЦТВІ

Синьковська О.В. к.т.н., доцент, Сидоренко А.О., магістрант, Слободянюк Д.Ю., магістрант

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Представлено альтернативу сталевому армуванню бетонних конструкцій у вигляді композитного армування, з аналізом переваг та недоліків. Наведено перспективи застосування композитного армування в транспортному будівництві.

При проєктуванні інженерних споруд перед розробниками виникають проблеми, коли використання сталевої арматури в залізобетонних виробах небажано або неможливо. Альтернативою металевій арматурі в такому випадку може служити арматура, виконана зі скляних, базальтових, вуглецевих або арамідних волокон, просочених термореактивним або термопластичним полімерним в'яжучим і отверджених, тобто так звана композитна арматура.

Під терміном «композитна арматура» (англ. fibre-reinforced plastic rebar, FRPrebar) зазвичай розуміються неметалеві стрижні із скляних, базальтових, вуглецевих або арамідних волокон з виконаними на поверхні поперечними або спіральними ребрами, просочених термореактивною або термопластичним полімерним матеріалом.

Композитна арматура - це будівельна арматура на основі неметалевих волокон, пов'язаних композитним складом. Для виготовлення даної арматури зазвичай використовується скловолокно, базальтоволокно, вуглеволокно і т.д. Композитна арматура, на відміну від металу, не піддається корозії, та являється екологічним та безпечним для життєдіяльності людини матеріалом.

Переваги склопластикової арматури над металевою:

- склопластикова арматура не корозійна, вона стійка до агресивних середовищ;
- в 5 разів легше сталевої арматури при тому ж діаметрі;
- висока стійкість до стресових навантажень;
- коефіцієнт теплового розширення композитної арматури відповідає коефіцієнту теплового розширення бетону, що виключає пориви армування і утворення тріщин в захисному шарі бетону під впливом температурних циклів;
- композитна арматура має низьку теплопровідність і не має містка холоду.
- будучи діелектриком, склопластикова арматура радіопрозора та магнітоінертна;
- не втрачає міцність під впливом низьких температур. Діапазон температур експлуатації від -70°С до +100°С.

До недоліків склопластикової арматури можна віднести:

- модуль пружності композитної арматури в 3,5 рази нижче металевої. З цієї причини її можна застосовувати в фундаментах, дорожніх плитах і т.д., але її застосування в перекриттях вимагає додаткових розрахунків;

- низька вогнестійкість матеріалу. При нагріванні до температури вище 200°С відбувається деструкція матеріалу, в результаті чого він втрачає свої фізико-механічні характеристики. Однак нагрів арматури до 200°С можливий, або при прямому впливі вогню, що виключено, або при нагріванні і утриманні температури бетонної конструкції до температури понад 600°С, що теж не є штатним випадком;

- композитну арматуру неможливо зварювати - тільки в'язати дротом або за допомогою стяжок.

- з композитної арматури неможливо виготовити гнуті вироби на місці монтажу. Виготовлення нестандартних гнутих елементів можливо тільки в заводських умовах.

Найбільш раціональною і доцільною областю застосування композитної арматури є конструкції, призначені для роботи в агресивних середовищах відповідно до [1].

Склопластикову арматуру доцільно застосовувати в бетонних конструкціях з нейтральним і слабокислим середовищем, як найменш агресивним по відношенню до цієї арматурі.

Композитна арматура в складі бетонних конструкцій може бути використана без дорогих і трудомістких заходів щодо антикорозійного захисту.

Проєктування збірних бетонних конструкцій із застосуванням композитної арматури має виконуватися відповідно до вимог [2].

Слід передбачати максимальне використання міцності і фізико-механічних властивостей армуючого матеріалу, обраного на основі варіантів порівняння техніко-економічних показників.

У типових проєктних рішеннях збірних бетонних конструкцій масового застосування допускається заміна сталевої арматури на рівноміцну композитну арматуру.

Застосування композитної арматури є найбільш ефективним для армування таких збірних конструкцій, як дорожні плити, які працюють на пружній основі (на витривалість) і відчувають багаторазово повторні навантаження, які викликають вигин плит і розтягувальні напруження в арматурі.

Конструкції дорожніх плит із застосуванням композитної арматури розраховуються на максимальний термін служби при відсутності поточного ремонту та експлуатаційних витрат, в тому числі, в агресивних грунтових середовищах.

Композитна арматура може застосовуватися в слабоармованих конструкціях з крупнопористого бетону (стінові блоки) і легкого конструкційно-теплоізоляційного бетону на пористих заповнювачах.

Техніко-економічна доцільність застосування композитної арматури для геотехнічних конструкцій обумовлена високою корозійною стійкістю до агресивного середовища і високою міцністю на розтяг.

Тимчасові геотехнічні конструкції із застосуванням склопластикової арматури під впливом механізованого тунелепрохідницького і землерийного устаткування, в порівнянні зі сталевими арматурами, можуть легко руйнуватися, за рахунок низької міцності на сприйняття поперечних навантажень при зрізі і сколюванні

Базальтопластикова арматура в складі постійних геотехнічних конструкцій може бути використана без дорогих і трудомістких заходів з антикорозійного захисту.

Застосування композитної арматури в відповідальних геотехнічних спорудах (мости, тунелі, фундаменти, підпірні стіни, кріплення і т.п.) вимагає виконання спеціальних розрахунків і обґрунтування.

Список використаних джерел

1. ДСТУ Б В.2.6-145. Захист бетонних і залізобетонних конструкцій від корозії. Загальні технічні вимоги. [Чинний з 2011-07-01]. К.: Мінрегіонбуд України, 2010. 52с.

2. ДСТУ-Н Б В.2.6-185:2012. Настанова з проектування та виготовлення бетонних конструкцій з неметалевою композитною арматурою на основі базальто- і склоровінгу. Технічні умови. [Чинний з 2013-04-01]. К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2012. 28с.

УДК 697.9:631

СУЧАСНІ СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ В АПК ТА ОБҐРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНИХ ПІДХОДІВ ДО ЇХ ОПТИМІЗАЦІЇ

Шашко І.Є. викладач вищої категорії,

Харківський державний професійно-педагогічний фаховий коледж імені В.І.Вернадського

У статті здійснено системний аналіз сучасних вентиляційних систем агропромислового комплексу (АПК) з урахуванням міжнародного наукового досвіду. Розглянуто особливості функціонування вентиляції у тваринницьких приміщеннях, зерносховищах та тепличних комплексах. Узагальнено результати сучасних досліджень щодо енергоефективності вентиляційного обладнання, автоматизації та інтелектуальних систем управління мікрокліматом.

Вентиляційні системи є ключовим елементом інженерного забезпечення об’єктів АПК, оскільки вони визначають якість мікроклімату, що безпосередньо впливає на продуктивність тварин, збереження зерна та ефективність рослинництва. Сучасні дослідження показують, що вентиляція може становити значну частку енергоспоживання аграрних об’єктів, особливо у тваринницьких

комплексах і теплицях . При цьому неефективні системи призводять до перевитрат енергії та погіршення технологічних показників виробництва.

1. Вентиляція у тваринництві згідно з сучасними дослідженнями, ефективна вентиляція забезпечує контроль температури, вологості та концентрації шкідливих газів, таких як аміак і CO_2 . Дослідження конфігурацій вентиляційних систем показали, що правильне розташування припливних і витяжних каналів суттєво впливає на рівномірність повітрообміну та комфорт тварин . Крім того, використання комбінованих систем вентиляції дозволяє знизити енергоспоживання при збереженні необхідних параметрів мікроклімату.

2. Вентиляція зерносховищ у зерносховищах вентиляція є ключовим фактором збереження якості продукції. Біохімічні процеси у зерні продовжуються навіть після збирання, що потребує постійного контролю температури та вологості. Дослідження показують, що застосування активної вентиляції дозволяє стабілізувати вологість зерна до безпечного рівня (≈13,7–14,8 %) без додаткового сушіння. Водночас нерівномірний розподіл повітря в зерновій масі може значно знижувати ефективність вентиляції, що підтверджується експериментальними дослідженнями повітряного потоку.

3. Енергоефективність вентиляційних систем сучасні дослідження ефективності вентиляторів показують, що їх продуктивність може варіюватися в широких межах залежно від конструкції та режиму роботи .

Зокрема:

- коефіцієнт ефективності вентиляції (VER) може змінюватися від 2 до 50 м³/год·Вт;
- вентилятори змінної швидкості є більш ефективними при роботі на частковому навантаженні;
- правильний вибір обладнання впливає на строк окупності інвестицій .

Використання частотного регулювання дозволяє досягти економії енергії до 20–80 % .

4. Інтелектуальні та автоматизовані системи сучасні підходи передбачають інтеграцію вентиляції з цифровими системами управління. Дослідження показують, що використання автоматизованих систем і сенсорних технологій дозволяє:

- підтримувати стабільний мікроклімат;
- адаптувати режими вентиляції до змінних умов;
- підвищити енергоефективність .

Аналіз сучасних систем вентиляції в АПК на основі аналізу встановлено, що сучасні вентиляційні системи можна поділити на:

- традиційні (природні) — енергоощадні, але малокеровані;
- механічні — забезпечують стабільні параметри, але потребують енергії;
- комбіновані — оптимальне поєднання ефективності та енергозбереження;
- інтелектуальні — використовують автоматизацію та сенсорні технології.

Основні проблеми сучасних систем

1. Низька енергоефективність застарілих систем
2. Відсутність автоматичного регулювання

3. Нерівномірний розподіл повітря
4. Значні тепловтрати у холодний період

Недостатня інтеграція з іншими інженерними системами

Обґрунтування ефективних підходів до оптимізації

1. Використання високоефективних вентиляторів вибір обладнання з високим коефіцієнтом ефективності дозволяє суттєво знизити енергоспоживання.

2. Частотне регулювання дає змогу адаптувати продуктивність вентиляції до реальних потреб.

3. Рекуперація тепла забезпечує повторне використання теплової енергії.

4. Інтелектуальне управління використання IoT та автоматизації дозволяє оптимізувати роботу систем у реальному часі.

5. Оптимізація конструкції системи включає:

- правильне розміщення повітроводів;
- зменшення аеродинамічного опору;
- рівномірний розподіл повітря.

Наукова новизна:

- систематизовано сучасні підходи до вентиляції в АПК;
- узагальнено результати міжнародних досліджень;
- запропоновано інтегровану модель оптимізації вентиляційних систем;
- проєктуванні вентиляційних систем;
- модернізації існуючих об’єктів;
- навчанні студентів будівельних та енергетичних спеціальностей.

Сучасні системи вентиляції в АПК повинні базуватися на принципах енергоефективності, автоматизації та адаптивності. Комплексне впровадження інноваційних технологій дозволяє:

- знизити енергоспоживання;
- підвищити ефективність виробництва;
- забезпечити стабільний мікроклімат.

Список використаних джерел

1. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. – Київ: Мінрегіон України, 2013.

2. ISO 50001:2018. Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанови щодо використання. – Женева: ISO, 2018.

3. Павков І., Радойчин М. Активна вентиляція зерна під час зберігання. – 2024.

4. Лі Н., Акденіз Н. Ефективність вентиляторів у сільському господарстві. – 2026.

5. Немченко М.В. Вентиляція зерносховищ. – 2025.

6. Кращі практики вентиляції в сільському господарстві. – 2024.

УДК 62-192

ПРИСКОРЕНІ ТА СКОРОЧЕНІ ВИПРОБУВАННЯ МАШИН НА НАДІЙНІСТЬ

Савченко В.Б. к.т.н., доц.[1)], Свіргун О.А., к.т.н., доц.[1)], Алфьоров О.І. д.т.н., проф. [2)] Демиденко І.Л., студент. [1)]

[1)] Державний біотехнологічний університет

[2)] Інститут овочівництва і баштанництва НААН України

Розглянуто методи прискорених випробувань машин на надійність, зокрема стендові та експлуатаційні. Показано підходи до визначення коефіцієнтів переходу від прискорених режимів до умов реальної експлуатації та приклади моделей зношування й втомних відмов. Застосування таких методів дозволяє отримати достовірні оцінки ресурсу виробів у короткі строки, що є важливим для сучасного машинобудування.

Сучасне машинобудування характеризується постійним скороченням термінів створення та доведення нових виробів. У цих умовах особливої актуальності набуває швидке отримання достовірної інформації про їхню надійність [1]. Традиційні методи експлуатаційних випробувань потребують значних витрат часу та ресурсів, що ускладнює своєчасне внесення змін у конструкцію чи технологію виготовлення. Вирішенням цієї проблеми є застосування прискорених випробувань, які дозволяють у стислий термін визначити основні тенденції та кількісні показники надійності, довговічності виробів [4-6].

Середній ресурс виробу в експлуатації T_e визначається через ресурс у прискорених випробуваннях T_n:

$$K_n = \frac{T_e}{T_n}. \tag{1}$$

У випадку збільшення навантаження:

$$K_n = \left(\frac{Q_n}{Q_e}\right)^m, \tag{2}$$

де Q_n и Q_e – навантаження у прискореному та експлуатаційному режимах,

m – показник ступеня, що характеризує вид пошкодження [2].

Знос описується степеневою функцією (рис.1):

$$U = a \cdot t^{\nu}, \tag{3}$$

а втомні відмови характеризуються мірою пошкодження:

$$D(t) = \int_0^t \delta(\tau)\, d\tau \tag{4}$$

Відмова настає при $D = 1$.

Для різних вузлів машин показник ν має характерні значення [1] (табл.1):

Таблиця 1 – Показники ступеня ν для різних типів з'єднань

Деталь	ν
Плунжерні пари паливного насоса	1,1
Кривошипно-шатунний механізм	1,2–1,6
Підшипники кочення	1,5
Зуби шестерень	1,5
Втулково-роликовий ланцюг	1,0

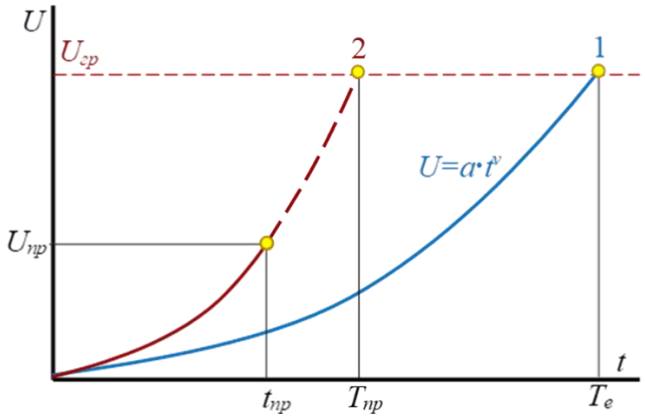


Рис.1. Графік деградаційного процесу при експлуатаційних (1) та прискорених (2) випробуваннях.

Втомні випробування можуть проводяться в одному з двох режимів [2]:

- граничні випробування – при максимальній амплітуді циклу;
- посилені випробування – при амплітуді, яка перевищує межу витривалості матеріалу.

Експлуатаційні випробування забезпечують найбільш достовірну інформацію про рівень надійності, однак потребують значних витрат часу. Тому застосовують скорочені методи, які дозволяють контролювати відповідність показників нормативним вимогам на ранніх етапах. Основна увага приділяється контролю гамма-відсоткового ресурсу та гамма-відсоткового напрацювання до відмови [6–8]. Для їх перевірки застосовують методику послідовного контролю, що дозволяє після кожної серії випробувань прийняти рішення: показник відповідає нормативу, не відповідає або потрібне продовження [3].

Висновки

Використання прискорених випробувань дозволяє отримати достовірні оцінки надійності та довговічності виробів у значно коротші строки.

Моделі зносу та втоми є базовими інструментами для опису деградаційних процесів і враховують вплив конструктивних та виробничих факторів.

Скорочені експлуатаційні випробування забезпечують ефективний контроль відповідності нормативним вимогам на ранніх етапах створення техніки.

Комплексне застосування прискорених і скорочених методів є важливим інструментом сучасного машинобудування, що сприяє підвищенню надійності та конкурентоспроможності виробів.

Список використаних джерел

1. Надежность машин в задачах и примерах : учеб. пособ. / В. Я. Анилович, А. С. Гринченко, В. Литвиненко ; под ред. В. Я. Аниловича. Харьков : Око, 2001. 320 с.

2. Бабак В.П. Надійність технічних систем. Київ: Наукова думка, 2002. 356 с.

3. Левінсон М. Методи прискорених випробувань. Харків: ХНАДУ, 2015. 212 с.

4. Алфьоров О. І., Савченко В. Б., Свіргун О. А. Шляхи прискорення оцінювання надійності машин в умовах обмеженого обсягу інформації. Технічний прогрес в АПВ : матеріали міжнарод. наук.-практ. конф. (м. Харків, 21 травня 2024 р.). Харків : ДБТУ, 2024. С. 381-382.

5. Савченко В. Б., Свіргун О. А., Іванов В. І., Концевич О. А., Шевченко І. В. Використання методів статистичного моделювання при прогнозуванні надійності ведучих мостів. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. 2018. № 13. С. 248–252.

6. Алфьоров О. І., Савченко В. Б., Свіргун О. А. Оцінювання показників надійності на основі результатів випробувань на стендах та в експлуатації. Науковий вісник ТДАТУ. Запоріжжя: ТДАТУ, 2023. Вип. 13, том 2.

7. Indmeskine F., Saintis L., Kobi A. Review on accelerated life testing plan. Quality and Reliability Engineering International. 2023. DOI: 10.1002/qre.

8. Accelerated Reliability Testing: From Practice to Theory. Springer, 2022. 284 p.

ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ПОПЕРЕЧНОГО НАСУВАННЯ ВИСОТНИХ ОПОР ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ ВІАДУКА РАЙНСДОРФ (МАГІСТРАЛЬ А45, НІМЕЧЧИНА)

Гречка Ю.П. студент. Петров А .М. к.т.н ,д.т.н

Державний біотехнологічний університет

Технологічні аспекти поперечного насування висотних опор при реконструкції віадука Райнсдорф (магістраль А45, Німеччина)



Конструктивні параметри та складність завдання

Віадук Райнсдорф — це нерозрізна сталезалізобетонна споруда довжиною **485,5 метрів**. Основним викликом проєкту була необхідність повної заміни об'єкта висотою **72 метри** без припинення руху по магістралі A45. Загальна маса конструкції, що підлягала насуванню, склала **40 000 тонн**.

2. Ресурсні показники та матеріаломісткість (за даними STRABAG) Згідно з технічною документацією генерального підрядника **STRABAG**, для зведення об'єкта було використано:

Бетон: понад **15 500 м³** високоміцних марок (переважно для пальових фундаментів та монолітних опор).

Конструкційна сталь: близько **6 000 тонн** (**основа** прогінної будови).

Арматурна сталь: понад **3 500 тонн** (для армування залізобетонних елементів).

Фундаменти: споруда спирається на глибокі пальові фундаменти, що **забезпечують** стійкість висотних опор під час динамічного насування.

Технологія поперечного насування (Querverschub)Технічне рішення фази насування (червень 2025 р.) включало:



Антифрикційні вузли: Використання сталевих рейок та листів **PTFE (тефлону)** під підошвами опор.



Гідравлічний комплекс: Система синхронізованих домкратів забезпечувала швидкість **3 метри на годину**.

Прецизійність: При дистанції переміщення у **20,59 метра** фінальна похибка склала лише **5 міліметрів**.

Роль BIM-технологій та інженерна новизна

Концерн **STRABAG** реалізував цей проєкт із широким застосуванням BIM-моделювання (Building Information Modeling). Це дозволило ще на стадії проєктування змоделювати всі критичні напруження, що виникають в опорах висотою 72 метри під час їх переміщення, та забезпечити ідеальну синхронізацію гідравлічного обладнання.

Висновки

У березні 2026 року міст було введено в експлуатацію. Досвід використання сталезалізобетонних конструкцій та методу насування, продемонстрований на цьому об'єкті, є ключовим для сучасної цивільної інженерії. Це дозволяє здійснювати масштабну реконструкцію інфраструктури з мінімальним впливом на логістику та довкілля.

Список використаних джерел

1. https://www.autobahn.de.
2. https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000407251100004
3. https://www.strabag.com
4. https://www.facebook.com/reel/1771777450424135
5. https://www.youtube.com/watch?v=foBHJetcWEM

УДК 631.2

ОСОБЛИВОСТІ ПРОЄКТУВАННЯ ТЕПЛИЧНОГО КОМПЛЕКСУ В УКРАЇНІ

Цимбаленко Сергій Олександрович студент 4 курсу
Марченко М.В. к.т.н., доц.

(Державний біотехнологічний університет)

У роботі розглянуто основні принципи та етапи проєктування сучасних тепличних комплексів в Україні. Проаналізовано вимоги до конструктивних рішень, інженерних систем, водопостачання, вентиляції, автоматизації та енергоефективності теплиць. Висвітлено особливості вибору земельної ділянки, орієнтації теплиць, рельєфу місцевості та організації виробничої інфраструктури.

Тепличний комплекс – це складний виробничий об'єкт, який включає в себе:

-теплиці для вирощування розсади та виробництва;

-адміністративні будівлі;

-місця для переробки продукції;

-зберігання продукції (холодильники, склади);

-зберігання витратних матеріалів (добрива, ґрунтову суміш, контейнери тощо);

-транспортну розв’язку, місце для паркування і т.д.

Інженери-проектувальники спільно з партнерами здійснюють проектування тепличних комплексів як стадії «П», так і робочої документації. Виробництво конструкцій для теплиць має відповідати світовим стандартам якості. При проектуванні треба використовувати переважно алюмінієві та сталеві конструкції. Застосування алюмінієвих конструкцій при будівництві теплиць вважається найсучаснішим та екологічнішим. Застосування металевих конструкцій, захищених методом - гаряче цинкування , також знайшло своє застосування. Антикорозійний захист сталевих конструкцій виконується гарячим цинкуванням, роблячи їх надійними на багато років.

Надійність теплиць досягається шляхом точного розрахунку металевих конструкцій та оптимального підбору перерізів профілів, що визначає не тільки металоємність теплиці, а й кількість проникаючого світла. Більше світла, більше врожаю!

Тепличні комплекси мають оснащуватися всіма необхідними системами вентиляції, зашторювання (як вертикального, так і горизонтального), опалення та рециркуляції повітря, водопостачання та каналізації, поливального водопроводу, господарсько-питного водопроводу, крапельного поливу, резервного поливу, випарного охолодження та дозволоження повітря, внутрішніх електродосвітлення та електроосвітлення, підживлення рослин вуглекислим газом, підвісного вирощування. Від того якими системами буде оснащена теплиця залежатиме якість, урожайність, продуктивність праці, а отже собівартість виробленої продукції.

В якісних тепличних комплексах можна поєднувати одночасно вирощування кількох культур. Шляхом використання системи вертикального зашторювання можна створити особливий мікроклімат для різних культур. Також вона перешкоджає поширенню інфекції та шкідників з однієї зони в іншу. Все це дозволяє поєднувати вирощування різних культур та оперативно реагувати на поточні ринкові запити.

Монтаж теплиць. Сучасний монтаж теплиць виняткова прерогатива професійних досвідчених бригад, які використовують новітнє підйомне та монтажне обладнання. Сучасні тепличні комплекси це, насамперед, промислове підприємство зі своєю інфраструктурою: під'їзні шляхи, приміщення для сортування та зберігання продукції, побутові та адміністративні корпуси тощо. Таким чином дуже важливо правильно визначити етапність підготовчих, проектних, будівельних робіт. Очевидно, що першим етапом будуть підготовчі роботи, отримання технічних умов та розробка проекту.

При створені тепличних комплексів необхідно враховувати багато факторів, що напряму впливають на його продуктивність та економічну ефективність, а саме:

1) Земля. Розмір ділянки для тепличного комплексу повинен бути достатнім для розміщення всіх необхідних об’єктів та мати відповідний правовий статус. Крім, того необхідно передбачити наявність додаткової вільної

землі, для розширення в міру зростання бізнесу. Тип ґрунту повинен забезпечувати хороший дренаж.

2) Водопостачання. Запас водних ресурсів на ділянці повинен бути достатнім для задоволення потреб комплексу у піковому навантаженні. Тому при проектуванні зрошення тепличного комплексу необхідно враховувати багато факторів, що впливають на обсяги споживання: клімат, систему поливу, культури, що планують вирощувати.

3) Орієнтація. Правильне розміщення теплиць дозволяє не тільки отримати хороший сонячний доступ протягом дня та року для фотосинтезу рослин, але і забезпечить енергозбереження.

4) Рельєф. Проектування тепличного комплексу треба здійснювати з урахуванням рельєфу, що дозволяє збільшити кількість сонячної енергії, необхідної для рослин, забезпечучи кращий дренаж після дощу, зменшучи витрати на підготовку ділянки.

Етапи проектування теплиць та тепличних комплексів:

- Створення технічного завдання на проектування.
- Створення концепції тепличного комплексу відповідно до вимог та побажань
- Проведення інженерних та геофізичних досліджень земельної ділянки тепличного комплексу.
- Створення попереднього генплану: розміщення тепличних блоків та допоміжних споруд з урахуванням рельєфу, кліматичної зони, оптимізації виробничого процесу, нормативних обмежень та санітарно-захисних зон.
- Підготовка креслень та схем згідно з ДБН.
- Розробка технічних та технологічних рішень з урахуванням оптимізації процесів .
- Надання специфікації з поясненнями.
- Узгодження проекту.
- Реалізація проекту.

Якісний і професійний проект дозволить значно зменшити витрати на експлуатацію комплексу, зробить його експлуатацію зручною для персоналу та дозволить зберігати якість продукції. Для його створення треба долучати архітекторів, проектувальників, агрономів, спеціалістів із переробки та зберігання ягідної та плодоовочевої продукції.

Що в себе включає тепличний комплекс?

Тепличні блоки

Внутрішньомайданчикової мережі

Допоміжні споруди (став-накопичувач, буферні баки, артезіанська свердловина, пост охорони тощо)

Об’єкти підсобного та обслуговуючого призначення (енергоцентр, прохідна, склади);

Благоустрій території (влаштування проїздів, паркування, огородження, озеленення території).

Підготовка до проектування тепличних комплексів має починатися з роботи над технічним завданням (ТЗ). Документи, які для цього потрібні:

-Установчі документи;

-Документи на право власності, або оренди земельної ділянки;

-Геодезична зйомка в масштабі 1:500;

-Геодезичні вишукування;

-Документи на свердловину;

-Дозвіл на спеціальне водовикористання.

Проект тепличного комплексу має включати:

-Вид та тип теплиці;

-Структурні елементи;

-Матеріали що використовуються;

- Автоматичні системи вентиляції, зрошення, провітрювання і т.п.;

-Система вирощування;

-Системи контролю клімату;

-Проектні плани;

-Кошторис проекту.

Отже, виходячи з вищенаведеного, можна зробити висновки, що автоматизація процесів вирощування мінімізує ризики в виробничому процесі. В якісно побудованих і енергоефективних теплицях є можливість збирати на 30-50 % більше врожаю ніж в традиційних. Обираючи технологію будівництва, необхідно орієнтуватися на сучасні та перевірені технології з урахуванням кліматичних умов.

Список використаних джерел

1. (https://www.perspekta.ua/uk/pages/teplicy/promyslennye-teplicy)
2. (https://uacc.com.ua/proektuvannya-teplic/)
3. (https://prbuilding.com.ua/proektuvannya-teplichnih-kompleksiv/)
4. (https://polygonal.com.ua/proektuvannya_teplits.php)
5. (https://diia.gov.ua/img/diia-october-)
6. (https://econstruction.gov.ua/laws_detail/34894493193569581 23?doc_type=2)

Секція 9

АРХІТЕКТУРА СУЧАСНОГО УКРАЇНСЬКОГО СЕЛА

УДК 711

АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ РОЗРОБКИ КОМПЛЕКСНИХ ПЛАНІВ ПРОСТОРОВОГО РОЗВИТКУ ТЕРИТОРІЙ ТЕРИТОРІАЛЬНИХ ГРОМАД

Гопцій О. Б. к. е. н., доцент,
Анопрієнко Т.В. к.е . н., доцент,
Анопрієнко О.О., здобувач 3 курсу

Державний біотехнологічний університет

Метою дослідження є доведення актуальності розробки комплексних планів просторового розвитку територій територіальних громад, як дієвого механізму прийняття зважених управлінських рішень на місцях, що забезпечує формування системи розвитку країни в цілому.

Останні зміни нормативно-правової бази [1-4] удосконалили питання планування територій на місцевому рівні, яке здійснюється шляхом розроблення, затвердження, оновлення та внесення змін до:

- ✓ комплексних планів просторового розвитку територій територіальних громад (КППРТТГ);
- ✓ генеральних планів населених пунктів;
- ✓ детальних планів території.

Містобудівна документація на місцевому рівні розробляється з урахуванням відомостей Державного земельного кадастру на актуалізованій картографічній основі у цифровій формі в державній системі координат у формі електронних документів, що містять базові і тематичні геопросторові дані.

Чинним законодавством передбачено, що комплексний план просторового розвитку території територіальної громади – є одночасно містобудівною документацією на місцевому рівні та документацією із землеустрою, що визначає:

- ✓ планувальну організацію;
- ✓ функціональне призначення території;
- ✓ основні принципи та напрями формування єдиної системи:
  - ➢ громадського обслуговування населення;
  - ➢ дорожньої мережі;
  - ➢ інженерно-транспортної інфраструктури;
  - ➢ інженерної підготовки і благоустрою;
  - ➢ цивільного захисту;
  - ➢ охорони земель та інших компонентів навколишнього природного середовища;
- ✓ формування екомережі;
- ✓ охорони і збереження культурної спадщини та традиційного характеру середовища населених пунктів;
- ✓ послідовність реалізації рішень, у тому числі етапність освоєння території.

Комплексний план передбачає узгоджене прийняття рішень щодо комплексного (цілісного) просторового розвитку населених пунктів як єдиної системи розселення і території за їх межами.

Комплексний план просторового розвитку території територіальної громади:

✓ розробляється на всю територію територіальної громади;

✓ не розробляється, якщо територія громади включає лише територію населеного пункту;

✓ передбачає узгоджене прийняття рішень щодо цілісного (комплексного) просторового розвитку населених пунктів як єдиної системи розселення і території за їх межами;

✓ розробляється та затверджується з метою забезпечення сталого розвитку територіальної громади з додержанням принципу збалансованості державних, громадських та приватних інтересів та з урахуванням концепції інтегрованого розвитку території територіальної громади (за наявності).

При реалізації комплексного плану суб'єкти містобудування та землеустрою зобов'язані дотримуватися його положень. До складу КППРТТГ обов'язково включаються планувальні рішення детальних планів територій, у тому числі формування земельних ділянок, існуючи та чинні генеральні плани населених пунктів.

Строк дії комплексного плану не обмежується, а зміни до нього можуть вноситися за результатами містобудівного моніторингу, але не частіше одного разу на рік. Дана норма забезпечує підтримання актуальності документації увесь період її існування. Норма щодо «замовник та розробник комплексного плану мають право на їх безоплатне отримання від органів виконавчої влади, органів місцевого самоврядування, підприємств, установ, організацій у наявній (цифровій, текстовій, графічній та іншій) формі» [1] надає можливість максимально повно та вірно враховувати усі фактори, що у свою чергу підвищує якість виконаних робіт.

Проте основною перешкодою для масової розробки комплексних планів є фінансування цих робіт. КППРТТГ розробляється на достатньо велику територію, іноді це території, які утворені шляхом об'єднання рад цілого району, і відповідно, потребує дуже великої кількості фінансових витрат.

Станом на 2025–2026 роки в Україні комплексні плани просторового розвитку територій територіальних громад розроблені або перебувають на стадії затвердження лише для невеликої частини громад. Єдиного повного офіційного загальнодержавного переліку у відкритому доступі немає, але публічно (на сайтах громад) підтверджені такі громади:

✓ Роганська селищна територіальна громада Харківського району Харківської області – одна з перших громад, для якої відомості за КППРТТГ внесено до Державного земельного кадастру;

✓ Пісочинська селищна територіальна громада Харківського району Харківської області – КППРТТГ розроблено та внесено функціональні зони до ДЗК.;

✓ Солоницівська селищна територіальна громада Харківського району Харківської області – КППРТТГ розроблено та внесено функціональні зони до ДЗК;

✓ Меджибізька селищна територіальна громада Хмельницького району Хмельницької області – КППРТТГ розроблено, тривала процедура затвердження;

✓ Сатанівська селищна територіальна громада Хмельницького району Хмельницької області – КППРТТГ розроблено, тривала процедура затвердження.

У процесі розроблення перебувають:

✓ Стрийська міська територіальна громада Стрийському районі Львівської області;

✓ Луцька міська територіальна громада Луцького району Волинської області;

✓ Житомирська міська територіальна громада Житомирського району Житомирської області.

Слід відмітити, що комплексні плани просторового розвитку Роганської та Пісочинської селищних територій територіальних громад були розроблені як пілотні проєкти. Першим затвердженим КППРТТГ став план Роганської селищної територіальної громади. На державному рівні реалізуються проєкти фінансової підтримки громад для розробки КППРТТГ із залученням іноземних інвестицій, які отримують найбільш активні громади на території всієї України. Проте ситуація на зараз кардинально не змінилася. Однією з перепон є військові дії, які відбуваються в країні, і унеможливлюють проведення певних робіт та надання гарантій дотримання термінів і своєчасного цільового використання коштів.

Держгеокадастр України підтверджує внесення функціональних зон за КППРТТГ до ДЗК для окремих громад Харківщини.

Комплексні плани просторового розвитку територій територіальних громад є важливим інструментом прийняття зважених рішень щодо розвитку громад, створення належних умов проживання у всіх населених пунктах, забезпечення гарантованих державою умов для всебічного розвитку громадян, і направлені на розвиток і процвітання всієї країни. Залучення фахівців різних галузей забезпечує знаходження найкращих рішень для кожної громади, та неупереджений підхід фахівців, дозволяє збалансовано врахувати державні, громадські та приватні інтереси.

Список використаних джерел

1. Про регулювання містобудівної діяльності: Закон України від 17.02.2011 р. № 3038-VI. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3038-17#Text.

2. Про землеустрій: Закон України від 22.05.2003 р. № 858-IV. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/858-15#Text.

3. Про Державний земельний кадастр: Закон України від 07.07.2011 р. № 3613-V. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3613-17#Text.

4. Про архітектурну діяльність: Закон України від 20.05.1999 р. № 687-XIV .URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/687-14#Text.

УДК 725.1

ДО ПИТАННЯ СТВОРЕННЯ МОДЕЛІ ВИКОРИСТАННЯ ВЕРНАКУЛЯРУ В УКРАЇНСЬКІЙ АРХІТЕКТУРНІЙ ПРАКТИЦІ

Гончарова І. В., д-р філ. (PhD, архітектура та містобудування)

Інститут архітектури та будівництва "ІФНТУНГ-ДонНАБА"

Метою дослідження є обґрунтування необхідності створення системної моделі українського вернакуляру як інструменту архітектурної практики. В українській академічній літературі досі відсутня цілісна теоретична модель вернакулярної архітектури з чіткими структурними складовими, принципами формування та критеріями ідентифікації. Натомість, на рівні практики сформувалися спрощені стереотипи, що підмінюють складне поняття вернакулярності декоративними кліше.

Вернакулярна архітектура є результатом тривалого природного формування середовища під впливом локальних умов, матеріалів, клімату, способу життя та культурних традицій громади. На відміну від професійної стилістичної архітектури, вернакуляр виникає як практична й адаптивна система, сформована безпосередньо потребами мешканців та їхнім повсякденним досвідом.

Таб. 1. Визначення поняття «вернакуляр» в архітектурі

Paul Oliver	“Encyclopedia of Vernacular Architecture of the World” (1997)	Архітектура, що виникає з локальних потреб і будується місцевими засобами без участі фахових архітекторів Також: вернакулярна архітектура є відповіддю на локальні потреби, ресурси, економіку та культуру. [1]
Amos Rapoport	“House Form and Culture” (1969)	Вернакулярна архітектура — це «пряма й неусвідомлена трансляція культури у фізичні форми». Вона формується не стилем, а способом життя, кліматом, соціальною структурою та поведінкою. [2]
Bernard Rudofsky	*Architecture Without Architects* (1964)	Вернакуляр — це «architecture without architects» («архітектура без архітекторів»), тобто непрофесійна, анонімна, спонтанна архітура, сформована традицією та практикою. [3]
Sakkarin Sapu	The Vernacular City as Ordinary Cultural Heritage	Вернакулярне місто - ordinary cultural heritage, тобто повсякденна спадщина, створена мешканцями. [4]
Євгенія Буцикіна	«Вернакулярний ландшафт і його роль у розвитку креативних міських практик»	Вернакулярний ландшафт — це ландшафт, що виникає поза професійним проєктуванням і формується повсякденними практиками користувачів. [5]

Однак, при цьому термін “вернакуляр” в архітектурному дискурсі не має єдиного визначення. При цьому, спільним для різних підходів є розуміння вернакуляру як системи, а не набору декоративних форм.

Відповідно до проведеного аналізу можна виділити кілька головних підходів до трактування терміну:

Етнографічний (народна традиційна архітектура);

Антропологічний(просторове відображення культури та способу життя);

Морфологічний (система локальних типологій, конструкцій, матеріалів);

Соціальний(архітектура, створена її користувачами без архітекторів);

Середовищний (відповідний клімату, ландшафту і місцевим ресурсам).

Таким чином, вернакуляр – це система матеріально-просторових, соціокультурних, і природничих взаємозв’язків, що сформовані низкою елементів (Таб. 2):

Таб. 2.



Поняття «вернакуляр» в архітектурній теорії досі не отримало в Україні цілісного системного осмислення. Наявні українські публікації здебільшого обмежуються фрагментарними етнографічними дослідженнями та описами окремих елементів традиційної забудови і локальних будівельних прийомів, тоді як західна теорія оперує розвиненими просторово-аналітичними моделями.

Відсутність моделі породжує практику підміни вернакулярності стилізацією. Сучасне «українське» в архітектурі спирається переважно на пізні музейні реконструкції, а не на реальне середовище проживання: білі стіни, тин і солом'яна стріха стають декоративним кліше замість системного розуміння просторової та соціальної логіки традиційного будівництва.

Вернакуляр в українській архітектурі формувався як система локальних просторових моделей. Проте територія сучасної України століттями перебувала

під впливом різних держав, що поступово руйнували цілісність локальної архітектурної традиції (рис. 1).

У період Київської Русі та литовсько-руської держави сформувалися базові архетипи українського житла: зрубні та глинобитні конструкції, дерев'яне будівництво, традиційна структура садиби та адаптація до ландшафту. Архітектура розвивалася еволюційно та відповідала реальним потребам громади.

У добу Речі Посполитої та Австро-Угорщини відбувалося нашарування європейських технік без повного витіснення місцевих традицій. Поширювалися мулярство, нові типи дахів, регулярне планування, однак локальні матеріали та регіональні особливості зберігалися.

Натомість у Російській імперії починається активна централізація та впровадження імперських типологій – земських шкіл, адміністративних будівель, класичних композицій. Локальні будівельні традиції поступово витіснялися фабричними матеріалами та уніфікованими підходами.

Найбільш руйнівним став радянський період. Масова типізація, колгоспні «нові села», стандартизовані проєкти та трактування народної архітектури як «відсталої» практично знищили регіональні особливості українського села. Архітектура втратила зв'язок із побутом, ландшафтом та локальною культурою.

Після здобуття незалежності уніфікація змінилася хаотичною забудовою та підвищенням рівня життя: поширилось використання пластику, металочерепиці, випадкові стилізації. Відбулось змішування радянських, польських, австрійських і глобалізованих образів.

У результаті сучасне українське село часто втрачає просторову цілісність та ідентичність, а вернакуляр зводиться до декоративних стилізацій замість цілісної системи організації середовища.



Архітектурно-етнографічне районування України XIX– поч. XX ст. на основі формування сталих архітектурно-планувальних та конструктивних рішень церков. Карту-схему розробив Я.Тарас



Архітектурно-етнографічне районування України. Кін. XIX. поч. XX ст. За В.П. Самойловичем. I. Полісся. II. Карпати і Прикарпаття. III. Поділля. VI. Слобожанщина і Полтавщина. V. Середня Наддніпрянщина. VI. Південь України. 1. Волинська обл. 2. Рівненська обл. 3. Житомирська обл. 4. Сумська обл. 5. Київська обл. 6. Чернігівська обл. 7. Львівська обл. 8. Івано-Франківська обл. 9. Тернопільська обл. 10. Закарпатська обл. 11. Чернівецька обл. 12. Хмельницька обл. 13. Вінницька обл. 14. Полтавська обл. 15. Харківська обл. 16. Луганська обл. 17. Донецька обл. 18. Дніпропетровська обл. 19. Черкаська обл. 20. Кіровоградська обл. 21. Запорізька обл. 22. Херсонська обл. 23. Миколаївська обл. 24. Одеська обл. 25. Кримська обл.

Рис. 1. Архітектурно-етнографічне районування України XIX-поч. XX ст.

Зверху – карта-схема Я. Тарас

Праворуч – за В.П. Самойловичем

Розрив між проєктованим середовищем і реальними практиками користування є симптомом відсутності вернакулярної моделі. Архітектори проєктують «українське» без урахування України; мешканці адаптують або

перебудовують простір одразу після заселення; результатом стає візуально хаотичне середовище без ідентичності.

Приватне сільське будівництво часто компенсує уніфікацію та відчуженість типового проєктування, відображаючи функцію, клімат і спосіб життя більше, ніж стилізована «українська хата», і заслуговують на аналіз як мимовільний вернакулярний прояв.

Промовистим прикладом такого стихійного вернакуляру, наприклад, є будинки з характерним п’ятикутним ламаним дахом, що виникли на основі переосмислення горищного об’єму (рис. 2).



Рис. 2. Приклади використання вернакуляру в архітектурі (м. Київ) [6, 7]

Таким чином, модель українського вернакуляру має формуватися від практик користування, а не від форм; її структура повинна охоплювати чотири складові: просторово-планувальну, конструктивно-матеріальну, соціально-побутову та символічну; з урахуванням кліматичних умов і регіональної варіативності. Формування такої моделі є актуальним як для поточних завдань архітектурної практики, так і для контексту відбудови. Вернакулярний підхід дозволяє повернути поселенням регіональну ідентичність і зробити середовище «читабельним» для його мешканців.

Висновок.

Українська архітектурна практика функціонує без системної моделі вернакуляру, наслідком чого є декоративна стилізація замість змістовного діалогу з традицією, втрата регіональної ідентичності поселень і відчуження між проєктованим середовищем і його мешканцями. Подолання цієї ситуації вимагає переходу від етнографічного опису до створення просторово-аналітичної моделі, побудованої на логіці реального використання середовища, а не на відтворенні зовнішніх форм. Формування такої моделі із чіткими структурними складовими, принципами ідентифікації та урахуванням регіональної специфіки є одним із пріоритетних завдань для подальших досліджень.

Список використаних джерел

1. Oliver P. (ed.) *Encyclopedia of Vernacular Architecture of the World*. Cambridge: Cambridge University Press, 1997. 2496 p.

2. Rapoport A. *House Form and Culture*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1969. 146 p.

3. Rudofsky, B. (1964). Architecture without Architects: An Introduction to Nonpedigreed Architecture. New York: Museum of Modern Art..

4. Sapu Sakkarin. The Vernacular City as Ordinary Cultural Heritage [Електронний ресурс] / Sakkarin Sapu // Journal of Mekong Societies. – 2018. – Vol. 14. – № 2, – P. 63–90. – Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/327234932_The_Vernacular_City_as_Ordinary_Cultural_Heritage_1

5. Є. О. Буцикіна. 2021. «Вернакулярні культура, місто, архітектура: аналіз та співвідношення понять». Українські культурологічні студії 2 (9): 56-59. https://doi.org/10.17721/UCS.2021.2(9).10.

6. Київський вернакуляр. [Електронний ресурс] // Facebook-група «story.kiev.ua». – Режим доступу: https://www.facebook.com/groups/story.kiev.ua/posts/2870998459763603/?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 17.05.2026).

7. Матеріал Google Share [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://share.google/PPkXbBZH2klotu2wr (дата звернення: 17.05.2026).

УДК 711.3 (492)

РОЛЬ АРХІТЕКТОРІВ У РОЗВИТКУ СІЛЬСЬКИХ МІСЦИН У НІДЕРЛАНДАХМЯК ПАРАДИГМА ДЛЯ УКРАЇНИ

Буряк О. П., д. арх. (ScD), доцент,

професор Державного біотехнологічного університету (Харків)

***Анотація**. Структура та функціонування архітектурно-проєктної сфери у королівстві Нідерландах є одним с кращих прикладів серед розвинутих країн [1]. Стаття має за мету узагальнити зміст і механізми роботи голландських архітекторів у сільській місцевості та в системі агропромислового виробництва, з перспективою використання їх досвіду в удосконаленні відповідних практик в Україні.*

Нідерланди, попри свою невелику територію, стабільно утримують позицію другого у світі експортера сільськогосподарської продукції (за вартістю), поступаючись лише США. При цьому ключову, трансформаційну роль у розвитку сільських районів країн відіграють архітектори, переходячи від традиційного проєктування будівель до ролі організаторів ландшафтного, екологічного та соціального переходу. Зіткнувшись з тиском урбанізації, індустріалізації сільського господарства та зміни клімату, голландські архітектори зосереджуються на тому, що вони називають «регіональною

диференціацією», не створюючи однорідні, типові простори, а забезпечуючи поєднання нової забудови з місцевою ідентичністю.

Участь архітекторів у процесах розвитку голландських сільських районів включає такі основні напрями:

1. Інтеграція ландшафту та збереження спадщини [3]. Архітектори працюють над перетворенням історичної ідентичності в просторові форми. Подолання розриву між історичною сільською спадщиною та сучасними вимогами передбачає, зокрема:

- адаптивне повторне використання, тобто перетворення старих ферм та сільськогосподарських будівель на житло або творчі робочі місця, зберігаючи при цьому сільську естетику;

- ландшафтний підхід, наприклад проєктування «пісочних міст» у піщаних регіонах для управління інтеграцією води та природи, а не просто зведенням будівель і споруд.

2. Підтримка сталого та регенеративного розвитку. Голландські архітектори є лідерами в галузі сталого розвитку, просуваючи перехід до біоматеріалів та дизайну, що враховує природні механізми відтворення довкілля. На цьому шляху треба виділити використання відновлюваних матеріали, таких як деревина, льон і конопля, створюючи стійкі альтернативи бетону, а також екосприятливі поселення (ReGen Villages), тобто ініціювання самодостатніх, автономних громад, інфраструктура яких поєднує енергопозитивні будинки з вертикальним землеробством, аквакультурою та циклічним регулюванням водних ресурсів [2].

3. Управління периферією міст. З розширенням території міст архітектори й урбаністи мають долати виклики, що походять від складного, гібридного ландшафту перехідної зони між містом та сільською місцевістю – «сільсько-міської кайми». Пріоритет тут віддається запобіганню розростанню міст, увага зосереджується на інтенсифікації існуючих забудованих територій, щоб запобігти споживанню нових сільськогосподарських угідь. Провідним критерієм при цьому стає просторова якість, тобто турбота, щоб навіть невеликі сільські забудови сприяли загальній якості ландшафту та добробуту мешканців.

4. Сприяння переходу сільських районів до моделі «голландської сільської місцевості» ("Nederlands platteland"-model) передбачає перетворення сільськогосподарських зон на багатофункціональні ландшафти. Інтенсивне землеробство замінюється на поєднання сталого сільського господарства, охорони природи, екотуризму та децентралізованої чистої енергії. Архітектори активно беруть участь у переході, маючи справу із занепадом інтенсивного сільського господарства та попитом на нові сільські функції. При цьому застосовуються, у т.ч.:

- проєктування багатофункціональних зон, тобто просторів, що служать кільком цілям, – напр. поєднання захисту від повеней з відпочинком та сільським господарством;

- партисипативне проєктування: використання семінарів, управлінських ігор та 3D-рендерів для залучення місцевих громад до процесу планування, з метою гарантування, що забудови відповідатимуть місцевим потребам.

5. Інновації в житловому будівництві: архітектори вирішують житлову кризу, розробляючи адаптивні, невеликі житлові об'єкти, що підходять для сільської місцевості, зокрема такі, як проєкт будинку 18x18, розроблений для розміщення на існуючих сімейних маєтках. Оновлення житлового фонду входить у систему інтегрованого просторового планування в рамах міжсекторальної політики, спрямованої на запобігання конфліктам між сільськогосподарськими, екологічними та житловими інтересами, балансування цих потреб шляхом скоординованого регіонального планування. Житлове середовище включає рекреаційну інфраструктуру зі щільними, високоякісними велосипедними та пішохідними мережами, що пролягають через сільськогосподарські угіддя, з'єднуючи міських жителів із сільською місцевістю для туризму та відпочинку.

Серед організацій, які найбільш ефективно залучені до екологічного переходу, на особливу увагу заслуговують Вагенінгенський дослідницький університет (WUR), діяльність якого зосереджено на дослідженнях ландшафтної архітектури та просторового планування; Фонд стимулювання креативних індустрій (Stimuleringsfonds Creatieve Industrie) що підтримує інноваційні архітектурні проєкти, такі як інтеграція житла у функціональні фермерські двори, а також Професійна асоціація нідерландських містобудівників та планувальників (BNSP), яка в цілому промує сталий розвитку в сільській місцевості.

Провідну роль у координації професійних зусиль, спрямованих на перехід сільських регіонів до моделі «голландської сільської місцевості», відіграє Королівський інститут голландських архітекторів (BNA), нідерландський аналог НСАУ, керуючи цим переходом через поєднання просторових, соціальних та політично орієнтованих ініціатив. BNA співпрацює з радниками уряду Нідерландів з питань інфраструктури та сільської місцевості. Використовуючи конкурси дизайну та круглі столи з питань політики, спілка гарантує архітекторам право голосу в урядових зусиллях, зокрема у боротьбі з азотною кризою та адаптацією до зміни клімату.

BNA замовляє та підтримує міські та регіональні дослідження для визначення нових типологій для голландської сільської місцевості. Ці дослідження зосереджені на створенні градієнта, а не жорстких меж між міськими та сільськими просторами, що дозволяє зберегти ландшафти, одночасно задовольняючи потреби в житлі. Королівський інститут заохочує сталу модернізацію, перепрофілювання та адаптивне повторне використання застарілих або покинутих сільськогосподарських будівель.

Регіональні відділення BNA сприяють перебудові традиційних комор та фермерських будинків на сучасні, енергоефективні житлові та багатофункціональні простори, допомагають збереженню культурної спадщини

ландшафтів. Інформація про регіональні ініціативи презентується та обговорюється на інтернет-платформі Королівського інституту.

Ландшафтний дизайн під проводом BNA не покладається виключно на складні інженерні рішення, але спирається на природні сильні сторони ландшафту, управління водними ресурсами, стан природних ґрунтів та місцевої флори. Зусилля архітекторів та ландшафтних дизайнерів спрямовуються на дотримання балансу між інтенсивною сільськогосподарською продуктивністю та екологічним відновленням.

Найбільш ефективним шляхом освоєння та використання даного голландського досвіду в Україні бачиться встановлення співпраці між BNA та НСАУ з питань розвитку сільських місцин. Цей напрям мав би стати одним з ключових у реформуванні Національної спілки [4]. Сприяючи відродженню українського села, така співпраця могла би позитивно позначитися на активізації самої, вже досить давно декларованої, реформи НСАУ.

Список використаних джерел

1. Буряк О.П. 1999. Організація архітектурної професії в Нідерландах як парадигма для України. // Традиції та новації у вищій архітектурно-художній освіті. — Харків: ХХПІ. — № 2-3. – С. 66-73.

2. Jackson, H. and Svensson, K. 2002. Ecovillage Living: Restoring the Earth and Her People. Dartington: Green Books. ISBN 1-903998-16-6

3. Hauser L.T., Van Der Sluis T, Giezen M. 2016. The Role of Farm Management Characteristics in Understanding the Spatial Distribution of Landscape Elements: A Case Study in the Netherlands. Stockholm: Stockholm University Press. E-ISSN: 2002-0104

4. Стратегія реформування Національної спілки архітекторів України на 2015–2017 рр.: [тези]. – Київ: НСАУ, 2015. – 10 с.

УДК 747:728.6

МОДЕЛЮВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ТА ОБ'ЄМНО-ПРОСТОРОВОЇ СТРУКТУР ГРОМАДСЬКОГО ЦЕНТРУ СЕЛА

Гончарова М. В., асистент

Архітектурно-художній інститут
Одеської державної академії будівництва та архітектури

Метою дослідження є утворення функціонально-композиційної моделі громадського центру села. Особлива увага приділяється формуванню цілісного середовища, яке забезпечує комфортні сценарії життя з ідентичністю села.

Функціонально-просторова композиція центру села складається з урахуванням факторів: забезпечення основних функцій центру: адміністративної, культурно-просвітницької, торговельної, рекреаційної, комунікативної, меморіальної та ін. Дослідники виокремлюють такі типи моделей центру, як центрична, лінійна, дисперсна, комбінована тощо [1,2]. Але це виключно геометричні підходи. Соціокультурні, ландшафтно-природні та

інші обставини можуть внести значні зміни до моделювання центру. Наприклад, врахування історико-культурної спадщини та традицій або демографічної ситуації, або відсутність виразного природного компоненту, або руйнування внаслідок війни та ін. Модель, яка вміщує в себе умови, принципи, засоби, структуру та результат, повинна осмислювати всі ці аспекти через призму художнього образу, через поняття краси. Так, географічні умови можуть розглядатися з точки зору утворення просторових видів, вихідних пейзажів; культурно-демографічні фактори — акцентувати увагу на візуальних носіях етнічної традиції, а принцип доступності та безбар'єрності передбачати, зокрема, систему вражень під час руху тощо. Композиційні засоби не обмежуються системою домінант і акцентів, а утворюють просторовий образ об'єкта, що запам'ятовується та ін.

Висновки

Таким чином, модель функціонально-просторової композиції має вміщувати всі структурні елементи та передбачати переведення утилітарних функцій та стандартних зв'язків у системі художніх образів та переживань.

Список використаних джерел

1. Колоша М. С. Інтегрований метод формування та оцінки якості простору населених пунктів. *Містобудування та територіальне планування*. 2023. Вип. 82. С. 142–151.

2. Cattaneo T., Bowen J., Macchi M. Sustainable Development and Public Spaces in Rural Areas: A Multifunctional Model. *Sustainability*. 2022. Vol. 14, no. 9. Art. 5312. URL: https://www.mdpi.com/2071-1050/14/9/5312 (дата звернення: 16.05.2024).

УДК 747:728.6

УТВОРЕННЯ СИСТЕМИ ОЗЕЛЕНЕННЯ СІЛЬСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА

Краєвська О.О., асистент

Архітектурно-художній інститут
Одеської державної академії будівництва та архітектури.

Метою дослідження є виявлення особливостей системи озеленення сільського середовища та формування проєктного алгоритму цієї діяльності. Роль озеленення середовища розглядається як один з інструментів формування емоційно-образної структури простору.

Сучасна профільна література [1-3] з проблеми націлює увагу на реалізації концепцій сталого розвитку, екосистемних послуг та ландшафтній архітектурі. Переосмислюються екологічні проблеми та виклики. За межами інтересів залишаються аспекти, які несуть емоційну насиченість, що знаходить відбиття в поняттях: впізнаваність, рідний край, батьківська хата, бабусине подвір'я тощо. Сільський побут поновлює свою привабливість та романтичність за рахунок співів соловейка, тих самих літературно-поетичних верб та рябин, інших природних образів-символів. Поняття комфорту та сучасних технологій не

повинне затьмарювати зв'язок поколінь та середовищні метафори села. Екологічна безпека, комфортний мікроклімат, поєднання забудови з ландшафтом, підбір асортименту практичних рослин та ін. аспекти дуже важливі та впливові, але не сприяють виникненню любові до Батьківщини.

Висновки

Таким чином, система озеленення сільського середовища повинна будуватися на зараженні традицій та образів символів, впровадженні таких образів у нову модель життя, пошуку того, від чого щемить серце й що виникає бажання захищати.

Список використаних джерел

1. Попович В. В. та ін. Оцінка економічних та екологічних переваг застосування елементів синьо-зеленої інфраструктури // *Екологічна безпека та збалансоване природокористування*. 2025. № 2.

2. Лавров В. В., Савчук Л. А. Трансформація систем озеленення антропогенних ландшафтів та адаптаційний потенціал стійких інтродуцентів // *Розвиток інноваційних систем: тенденції, виклики, перспективи*: матеріали конференції. 2025. С. 112–115.

3. Дем’янюк О. С. Ландшафтна архітектура у створенні екологічно безпечного сільського простору на принципах сталого розвитку // *Інноваційні підходи в сучасній науці та технологіях*: збірник матеріалів. 2025. Т. 3. С. 45–49.

УДК 72.012.26:502.1

ЕКОЛОГІЧНА ПАРАДИГМА ТА ВЕРТИКАЛЬНА ІНТЕГРАЦІЯ ПРИРОДНИХ КОМПОНЕНТІВ У СУЧАСНІЙ АРХІТЕКТУРІ

Масленнікова В.В., канд. екон. наук, доцент

Державний біотехнологічний університет

Анотація:у статті розглянуто ключові принципи «зеленої» архітектури як інструменту сталого розвитку міського середовища. Автор аналізує вплив вертикального озеленення на енергоефективність будівель та психоемоційний стан мешканців мегаполісів. Визначено перспективи впровадження біофільних стратегій у сучасну будівельну практику.

В умовах глобальної кліматичної кризи архітектура перестає бути лише мистецтвом формування простору. Вона перетворюється на складну інженерно-біологічну систему. «Зелена» архітектура сьогодні базується на принципі «net zero», що передбачає нульовий рівень викидів та максимальну автономність будівлі.

Сучасна урбанізація супроводжується значним техногенним навантаженням на довкілля, що спричиняє деградацію екосистем та погіршення міського мікроклімату. У відповідь на ці виклики «зелена» архітектура (Sustainable Architecture) стає не просто естетичним трендом, а необхідною стратегією виживання та адаптації міст до кліматичних змін.

Основним принципом проектування в межах даної парадигми є мінімізація негативного впливу на навколишнє середовище протягом усього життєвого циклу об'єкта. Це досягається шляхом інтеграції відновлюваних джерел енергії, використання екологічно чистих матеріалів та, що найважливіше, активного впровадження живих рослинних систем у конструктивні елементи будівель.

Вертикальні сади (фітостіни) та експлуатовані покрівлі виконують низку критично важливих функцій:

1. Терморегуляція: рослинний шар діє як природний ізолятор, зменшуючи витрати на кондиціювання влітку та опалення взимку.
2. Очищення повітря: абсорбція вуглекислого газу та фільтрація дрібнодисперсного пилу.
3. Управління дощовими водами: затримка опадів субстратом зменшує навантаження на міську зливну каналізацію.
4. Психологічний комфорт: концепція біофілії стверджує, що візуальний та фізичний контакт із природою знижує рівень стресу у мешканців міст.

Проте впровадження «зелених» технологій потребує комплексного підходу ще на етапі ескізного проектування. Необхідно враховувати специфіку автоматизованих систем поливу, навантаження на несучі конструкції та підбір асортименту рослин відповідно до кліматичної зони.

Перспективи подальших досліджень полягають у розробці адаптивних фасадних систем, здатних змінювати свою конфігурацію залежно від сонячної активності, та інтеграції елементів міського фермерства у структуру житлової забудови. Таким чином, «зелена» архітектура трансформує будівлю з пасивного споживача ресурсів у активний компонент міської екосистеми.

Інноваційні технології вертикального озеленення Одним із найефективніших методів інтеграції природи в архітектуру є створення багаторівневих фасадів. На відміну від класичного декорування, сучасні «живі стіни» (Living Walls) базуються на гідропонних методах вирощування.

- Конструктивні особливості: Використання модульних касет або повстяних матів дозволяє рослинам розвиватися без традиційного ґрунту, що значно знижує вагу конструкції.
- Системи автоматизації: Інтеграція датчиків вологості та автоматичного крапельного поливу, керованих штучним інтелектом, мінімізує людський фактор та забезпечує виживання рослин у складних висотних умовах.

Енергоефективність та мікроклімат «зелена» оболонка будівлі виконує роль «буферної зони». Влітку листя затінює поверхню стін, запобігаючи їх перегріву, а процес транспірації (випаровування вологи рослинами) природним чином знижує температуру навколишнього повітря на 3–5°C. Взимку ж щільний шар рослинності створює додатковий повітряний прошарок, що зменшує тепловтрати. Це дозволяє скоротити витрати на експлуатацію систем кліматконтролю на 20–30%.

Біофільний дизайн та соціальний аспект Архітектура майбутнього має враховувати психологію людини. Термін «біофілія» пояснює вроджену потребу

людини в контакті з живою природою. Впровадження рослинних фрагментів у внутрішні атріуми офісних центрів та житлових комплексів сприяє:

- підвищенню продуктивності праці на 15%;
- зниженню рівня кортизолу (гормону стресу) у мешканців;
- швидшій реабілітації пацієнтів у медичних закладах.

Впровадження «зелених» компонентів вимагає перегляду традиційних інженерних підходів. У сучасній практиці виділяють дві основні системи вертикальної інтеграції:

1. Гідропонні панелі: Рослини висаджуються у спеціальне синтетичне полотно (поліамідний повсть), яке кріпиться до жорсткого каркаса з повітряним зазором від стіни. Живлення відбувається через автоматизовану систему подачі розчину.

2. Контейнерне озеленення: Використання модульних блоків, заповнених легким субстратом (цеоліт, перліт, керамзит). Цей метод є більш надійним для кліматичних зон з різкими перепадами температур, оскільки коренева система краще захищена від промерзання.

Особливу роль відіграє вибір матеріалів. Використання переробленого пластику для модулів та екологічних мембран для гідроізоляції дозволяє ще більше знизити «вуглецевий слід» будівлі.

Екологічна парадигма передбачає трансформацію архітектури з декоративної у продуктивну. Сучасні проекти дедалі частіше включають зони для вирощування сільськогосподарських культур безпосередньо на дахах або фасадах житлових будинків.

- Соціальний ефект: Створення громадських городів на дахах сприяє соціалізації мешканців та відновленню сусідських зв’язків.
- Логістична перевага: Вирощування продуктів у місцях їхнього споживання (концепція «0 кілометрів») радикально зменшує витрати палива на транспортування та обсяги пакувальних відходів.

У великих містах температура в центрі зазвичай на 5–10°C вища, ніж на околицях, через нагрівання асфальту та бетону. Це явище називається «ефектом теплового острова». Вертикальна інтеграція природних компонентів дозволяє розірвати цей цикл. Листя рослин не тільки відбиває сонячне проміння, але й перетворює сонячну енергію на хімічну в процесі фотосинтезу, замість того, щоб перетворювати її на тепло. Масове впровадження зелених дахів у межах одного району здатне знизити середню температуру забудови, що суттєво полегшує екологічну ситуацію в літній період.

Для підкріплення теоретичних тез варто згадати знаковий об'єкт — «Вертикальний ліс» (Bosco Verticale) у Мілані. Проект складається з двох веж, на терасах яких висаджено понад 800 дерев та 15 000 каскадних рослин. Це еквівалентно 20 000 квадратним метрам лісу на площі забудови лише 1 500 квадратних метрів. Досвід експлуатації цього об’єкта довів, що рослинність ефективно поглинає шум від міського транспорту та створює унікальну екосистему, де оселяються рідкісні види птахів та комах.

Економічні та юридичні виклики Попри очевидні переваги, широке впровадження «зелених» технологій стримується високою вартістю встановлення та необхідністю постійного сервісного обслуговування. Проте світовий досвід свідчить, що капіталізація «зелених» об'єктів є на 10–15% вищою, ніж у традиційних будівель, завдяки міжнародним сертифікаціям (LEED, BREEAM).

Висновок Трансформація міст у «ліси з бетону та скла» є єдиним шляхом до гармонійного співіснування цивілізації та природи. «Зелена» архітектура — це інвестиція у здоров'я майбутніх поколінь та стійкість міських екосистем.

Список використаних джерел

1. Кузнецов О. В. Екологічні стандарти в сучасному будівництві: монографія. Київ : Фенікс, 2022. 184 с.
2. Мельник Л. Г. Основи «зеленої» економіки : навч. посіб. Суми : ВТД «Університетська книга», 2019. 448 с.
3. Проектування екологічно безпечних будівель : навч. посіб. / І. В. Коваль та ін. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2020. 212 с.
4. ДСТУ 8302:2015. Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання. [Чинний від 2016-07-01]. Київ : Держспоживстандарт України, 2016. 17 с.
5. Бондаренко О. С. Ландшафтна архітектура та дизайн середовища. Київ : Ліра-К, 2021. 256 с.
6. Крижанівська Н. Я. Основи ландшафтного дизайну. Київ : Кондор, 2018. 204 с.
7. Шебек Н. М. Архітектурне проектування енергоефективних будівель. Харків : ХНУБА, 2020. 192 с.

УДК 747:728.6

ІНТЕР'ЄРИ СУЧАСНИХ ІНДИВІДУАЛЬНИХ ДОМІВОК У СІЛЬСЬКІЙ МІСЦЕВОСТІ

Приступлюк Б. О., доктор філософії (PhD), асистент, Осадча Т.В., асистентка

Кафедра дизайну архітектурного середовища
Одеська державна академія будівництва та архітектури

Анотація. *У тезах розглядаються особливості формування інтер'єрів сучасних індивідуальних житлових будинків у сільській місцевості. Проаналізовано основні тенденції сучасного проєктування житлового простору, принципи інтеграції природного середовища в інтер'єр, використання екологічних матеріалів та сучасних технологій. Визначено основні фактори, що впливають на формування комфортного та функціонального житлового середовища.*

Сучасні тенденції розвитку житлової архітектури демонструють зростання інтересу до індивідуального житла у сільській місцевості. Після тривалого

періоду урбанізації все більше людей прагнуть створити комфортний житловий простір поза межами великих міст [1]. Це пов'язано не лише з екологічними факторами, а й зі зміною уявлення про якість життя, приватність та психологічний комфорт [2]. Інтер'єр сучасного індивідуального будинку сьогодні формується як цілісна система, у якій поєднуються функціональність, естетика та зв'язок із навколишнім середовищем. На відміну від традиційних підходів, де приміщення мали чітке функціональне зонування, сучасні інтер'єри тяжіють до відкритих просторів та гнучкого використання площі. Найбільш поширеним рішенням є об'єднання кухні, їдальні та вітальні у спільний громадський простір. Одним із ключових напрямів сучасного проєктування є інтеграція природного середовища в інтер'єр житла [3]. Архітектори активно використовують панорамне скління з прямим виходом на терасу чи сад, що в умовах відкритого планування візуально і психологічно зв'язує внутрішні та зовнішні простори. Такий підхід дозволяє покращити якість житлового середовища, забезпечити природне освітлення протягом цілого світового дня, а також створити комфортну атмосферу і додати простору функціональної варіативності.

Ще одним прийомом інтеграції природи у житловий простір для сучасних сільських інтер'єрів є екологічність. Використання місцевих матеріалів: натурального дерева, каменю, глини, текстилю природного походження — стає не лише естетичним рішенням, а й відповіддю на сучасні екологічні та соціальні виклики. У сучасному світі, де панує глобалізація та стандартизація, вкрай важливо підтримувати регіональних майстрів та підприємства. Такий підхід є важливим для збереження культурної ідентичності регіону. І може створити унікальні рішення: зв'язати сучасну архітектуру з місцевими традиціями [4]. Також слід відзначити використання енергоефективних технологій. У сільській місцевості це питання є особливо актуальним, оскільки житлове середовище безпосередньо взаємодіє з природним ландшафтом, що формує певні інтер'єрні та інженерні рішення. Наприклад, згадані вище екоматеріали, такі як глина, можуть використовуватись як природні регулятори мікроклімату, створюючи додатковий тепловий бар'єр.

Слід відзначити поступову зміну профілю споживача сільського будинку. Ті люди, які переїхали за місто, зберігають трудову діяльність, але у дистанційному форматі. Сучасний індивідуальний будинок має відповідати різним сценаріям використання приміщень. І закладання у функціональну схему робочої зони стає не опціональною, а базовою вимогою. При цьому житловий простір має залишатися комфортним для відпочинку та повсякденного життя. Це досягається двома шляхами: проєктування адаптивного простору з різними функціональними сценаріями протягом дня. Чи створення ізольованої робочої зони. В цих двох варіантах принципово важливо передбачити ергономіку та автономність як ключові фактори комфортного робочого процесу [5] .

Висновки. Сучасні інтер'єри індивідуальних житлових будинків у сільській місцевості є результатом переосмислення традиційного житлового простору відповідно до сучасних потреб людини. Основними тенденціями є

відкритість та гнучкість планування, використання природних матеріалів, інтеграція навколишнього середовища в інтер'єр та створення психологічно комфортного житлового простору. Поєднання сучасних технологій із локальними архітектурними традиціями дозволяє формувати якісне та гармонійне житлове середовище.

Список використаних джерел

1. Трансформація сільського розселення в Україні : кол. моногр. / за ред. Т. А. Заяць ; Ін-т демографії та соц. дослідж. ім. М. В. Птухи НАН України. Київ, 2017. 298 с.

2. Rivera M. J. Unravelling stories of pro-rural migration: From the pre-migration context to the post-migration experience. Habitat International. 2025. Vol. 157. 103328. DOI: https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2025.103328.

3. Bradecki T., Uherek-Bradecka B. Open Living Concept in Barn-House Architecture: Single-Family House Case Studies. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2019. Vol. 471. 082055. DOI: https://doi.org/10.1088/1757-899X/471/8/082055.

4. Mao H., Liu S. Research on the Mix-and-Match Aesthetics of Rural Self-built Houses. 2022. DOI: https://doi.org/10.2991/978-94-6463-046-6_57.

https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2025.103328.

5. Atmodiwirjo P., Yatmo Y. Responsive Interior: Tactics for Adaptation and Resilience. Interiority. 2022. Vol. 5, no. 2. DOI: https://doi.org/10.7454/in.v5i2.238.

УДК 728.61

АРХІТЕКТУРНИЙ БЕТОН: СИНТЕЗ КОНСТРУКЦІЇ ТА ЕСТЕТИКИ

Гасанов Аліяр Баларза Оглі, канд. техн. наук.; Зеленіна А. Д., студентка III курсу

ДБТУ, м. Харків, Україна

У тезах розглянуто еволюцію бетону від суто утилітарного матеріалу до архітектурного засобу виразності. Проаналізовано принципові відмінності між декоративним та конструкційним архітектурним бетоном, а також висвітлено інноваційні технології його модернізації. На основі світового досвіду провідних зодчих підкреслено перспективність поєднання несучої функції матеріалу з технологічною естетикою

Актуальність.

Завдяки розвитку будівельних технологій та модернізації розчинів, сучасна будівля отримала більше можливостей у застосуванні форм та забезпеченні довговічності. Для сталого прогресу необхідне глибоке розуміння «суті бетону». Звичайний будівельний бетон традиційно сприймається лише як «скелет» будівлі. Для бетону, який є основою сучасного будівництва, головним завдання залишається нести навантаження. За рахунок цього він має низькі вимоги до естетики: каверни, неоднорідний колір та сліди від арматури є нормою, адже ці дефекти зазвичай приховуються за шаром утеплювача чи

фасадного оздоблення. Розробка архітектурного бетону стає рішенням питання поєднання естетики та міцності. Він стає «обличчям» споруди, де конструкція та декор зливаються в єдине ціле.

Виклад матеріалу.

У XXI ст. бетон увійшов як основний будівельний матеріал, що значною мірою визначає рівень сучасної цивілізації [1]. Архітектурний бетон це – різновид бетону, який одночасно виконує і конструктивну, і естетичну функції. На відміну від звичайного конструктивного бетону, його класифікують не за базовою хімічною природою, а як окремий вид – за призначенням, естетичними вимогами та культурою виробництва. До нього висувають підвищені вимоги: ідеальну геометрію, однорідність кольору, гладкість (або задану текстуру) та мінімальну кількість пор чи раковин.

Як самостійний матеріал архітектурний бетон відкрили на початку XX ст. Його розвитку сприяли два видатні архітектори: Огюст Перре та Ле Корбюзьє. Згодом активна популяризація, яку проводив Ле Корбюзьє, перетворила цей матеріал на світовий тренд. Саме він запровадив термін *béton brut* (необроблений, «голий» бетон), що дав назву стилю бруталізм.

За своєю структурою архітектурний бетон – це важкий щільний конструкційно-оздоблювальний матеріал. Для його створення використовують високоякісні цементи, зокрема білий портландцемент (перші патенти на який з'явилися на початку XX століття [1]), добірні заповнювачі (мармурова крихта, кварцовий пісок) та суперпластифікатори для ідеальної плинності суміші. Універсальність матеріалу дозволяє працювати в будь-яких масштабах: від хмарочосів до садових фігур. Термін експлуатації архітектурного бетону вимірюється десятиліттями без втрати зовнішнього вигляду, проте матеріал вимагає обов'язкової обробки гідрофобізаторами для захисту від вологи та висолів. Найбільшим ризиком залишається людський фактор: будь-яка помилка при заливці — каверна або колірна пляма — практично не підлягає виправленню без втрати автентичності поверхні.

Оскільки архітектурний бетон одночасно є і основою конструкції, і її декором, його підвиди чітко розмежовані під конкретні архітектурні завдання. Перша категорія ділиться за способом обробки поверхні (гладкий (лицьовий) бетон, текстурований (матричний) бетон, шліфований та полірований бетон, миючий (текстурований) бетон). Друга категорія за складом та інноваційними технологіями (кольоровий (пігментований) бетон, склофібробетон (СФБ / GFRC), світлопрозорий бетон). Третя категорія за способом виробництва та монтажу (монолітний архітектурний бетон, збірний бетон (Прекаст / Precast), малі архітектурні форми (МАФ)).

В професійному середовищі архітектурний бетон часто плутають або ототожнюють із декоративним бетоном, хоча, згідно з термінологічними стандартами [2], вони мають принципово різні функції. Образно кажучи, декоративний бетон – це «косметика», тоді як архітектурний –«природна краса». Декоративний бетон поділяють на два типи: напилювальний – який створюється шляхом нанесення тонкого оздоблювального шару на готові поверхні;

штампований (друкований) – найчастіше використовується для доріжок, імітуючи камінь, дерево чи плиитку. Декоративне покриття лише повторює обриси наявної споруди й не несе конструктивного навантаження. Натомість архітектурний бетон працює як повноцінний тримальний елемент будівлі. Він не потребує додаткового облицювання, що дозволяє повною мірою реалізувати концепцію «чесної архітектури», де естетика закладена в саму структуру споруди.

Світова архітектурна практика наочно демонструє колосальні можливості цього матеріалу в проєктах світових майстрів та провідних компаніях (таких як *Dragages Singapore)*. Яскравим прикладом майстерного застосування матеріалу є Церква Світла в Осаці та Музей сучасного мистецтва у Форт-Ворті. Їхній автор, Тадао Андо, перетворює бетон на полотно для витонченої гри світла й тіні. Його фірмовий знак — ідеально гладкі блоки з рівномірно розташованими отворами від конусів опалубки. Це наочно демонструє, як суто технічні деталі можуть ставати головним декоративним ритмом будівлі. Якщо Андо — це строга геометрія, то Заха Хадід — це абсолютна плинність. У її проєкті — Національному музеї мистецтв XXI століття (MAXXI) у Римі — архітектурний бетон постає в ролі «рідкого каменю». Величезні вигнуті стіни без жодного шва демонструють колосальні можливості самоущільнювального бетону (SCC). Це бездоганний приклад того, як матеріал дозволяє повністю відійти від традиційних прямих кутів і створювати динамічні, майже космічні простори. Сучасні комплекси The Clement Canopy у Сінгапурі та Ten Degrees у Лондоні ілюструють зовсім інший підхід — префабрикацію. Усі будівельні модулі виготовляються на заводі вже з готовим фасадним шаром бетону. Це втілює концепцію швидкого та надточного зведення споруд, де кожен елемент є частиною гігантського 3D-конструктора з ідеальною фінішною поверхнею. Своєю чергою, Лувр в Абу-Дабі демонструє інший вимір цього матеріалу. Хоча монументальний купол музею виконаний з металу, його підлога та внутрішні галереї створені з масивних плит архітектурного бетону. Тут він за текстурою та колірною гамою нагадує благородний світлий камінь, що вишукано контрастує з гладдю води та складними геометричними орнаментами.

Висновок.

Архітектурний бетон сьогодні — це не просто будівельний матеріал, а потужний засіб виразності, що остаточно стирає межу між суворою інженерією та високим мистецтвом. Приклади робіт Тадао Андо, Захи Хадід та Жана Нувеля доводять, що цей матеріал є справді універсальним: він здатний бути як статичним полотном для гри світла й тіні, так і пластичним «рідким каменем» для створення футуристичних форм. Здатність бетону бездоганно поєднувати несучу функцію з технологічною естетикою (від світлопрозорих конструкцій до інноваційних самоочисних фасадів з добавками TiO_2) робить його фундаментом сучасної архітектурної думки. Попри високу технологічну складність та безкомпромісність до виконавчих помилок, кінцевий результат — автентична, «чесна» та довговічна споруда — повністю виправдовує складність процесу, перетворюючи кожну будівлю на унікальний маніфест сучасності.

Список використаних джерел

1. Дворкін Л. Й., Дворкін О. Л. Будівельні матеріали з техногенних відходів : підручник. Рівне: НУВГП, 2013. 384 с.
2. Ушеров-Маршак О. В., Латорець К. В. Бетони та сухі будівельні суміші. Тлумачний словник : навч. посіб. Харків: Колорит, 2010. 103 с.

УДК 76.071.1(477)Ждаха Амвросій:7.036.3:39

«DECADENT» АМВРОСІЯ ЖДАХИ

Рябушина І.О., к. арх., доцент,
Кириченко Д.Р., студ.

(Державний біотехнологічний університет, м. Харків)

На сьогодні ще існує великий пласт митців різних напрямків, імена яких навмисно викреслені з історії чи незаслужено забуті. Зараз саме час для активного пошуку цих втрачених імен, їхньої творчої спадщини – поповнення національно-культурної скарбниці України. Одним з таких практично «забутих» вітчизняних митців є художник-графік Амвросій Ждаха, який натхненно творив в Одесі на зламі XIX–XX сторічь.

Лінія м’яка, спокійна, трохи хвиляста, раптом стає енергійною, гнучкою, здимається доверху, падає додолу, стає неймовірно пружною і зривається в безодню. Ця лінія розмовляє, розповідає про щось бентежне, мінливе, але прекрасне. Поряд – дуже звичне: статичні осьові композиції, побудовані по класичним геометричним правилам. Ніби стикається минуле і майбутнє, що дуже символічно, бо ці зіткнення з’явилися в творчості Амвросія Ждахи саме на зламі століть.

Це був час, коли в Європі вже були відпрацьовані основні ознаки нового стилю ар-нуво, спершу в мистецтві, а потім і в архітектурі. Модерн ніколи не був офіційним та масовим, це був стиль протестний, можна сказати, революційний – проти одноманітності комбінаційного «стилю вибору», безкрайніх романтизму та історизму. Модерн ніколи не був однорідним, про що кажуть його різні назви в різних країнах. Цьому сприяла відсутність догм та канонів, базових композиційних схем та пропорційних систем. Єдине для всіх спільне – плавна лінія, відсутність прямого кута, асиметрія та обов’язковий фірмовий елемент – «удар біча».

Тому й відпрацьовувався, розвивався модерн блискавично швидко, але так же швидко і припинив своє існування – з одного боку почалася Перша світова війна 1814 р., з іншого – стиль вже виконав свою функцію, перевернув сприйняття реальності та відкрив дорогу новим, сучасним видам мистецтв, а потім і модернізму. Всього за п’ятнадцять років було створено велику кількість дивних будівель та полотен неймовірної краси.

До 1900 р. в професійній періодичній літературі вже масово друкувалися напрацювання в новому стилі, були відомі, бентежили уяву та душу художні образи О. Бердслея, Г. Клімта, К. Мозера; містичні, гнуті фігури та орнаменти М.

Макдональд і Ш.Р Макінтоша; знаменита і неповторна лінія В. Орта, від якої дух захоплює; теоретичні роботи про новий символізм художньої творчості, силу лінії, яка відражає дію життєвих сил А. ван де Вельде та багато іншого. Вже був організований Віденський Сецесіон як художня організація, яка вбирала в себе всіх талановитих митців, новітня творчість яких не приймалася в їх рідних країнах; відбудована виставкова будівля та заснований власний журнал «Ver Sacrum»; працювали Віденські художні майстерні, унікальні, виняткові вироби яких розліталися по всьому світові завдяки частим виставкам-продажам.

Модерн був діаметрально протилежним тому, що коїлося «до». В той час у Європі користувались популярністю ксилографії з Далекого Сходу, їх безтурботність та пастельна кольорова гама на фоні бурхливої та мінливої дійсності дуже приваблювали, більш за те, вони радикально відрізнялися від греко-романської матриці. Водночас, ця безтурботність бентежила, народжувалось відчуття, що там всередині вирує протиборство глибинних життєвих проявів, емоційних, чуттєвих, еротичних – життя та смерті, любові та ненависті. І вже зовсім глобальних – природи та людства. Вплив цих ксилографій був великим, митці готові, відкриті до сприйняття всього нового, а в символічному осмисленні, відкритості цих та інших проблем буття бачилася воля. В витворах мистецтва вирували пристрасті; заборонене, закрите, завуальоване раніше без будь-яких морально-етичних заборон та сором'язливості вирвалось на волю.

Всі види мистецтв з'єдналися, переплелися – графіка, живопис, література, поезія, музика, танець доповнювали одне одного. Мислилося, що середовище для людини має бути тотальним витвором мистецтва, де відсутнє будь що чужорідне, тому все – від будинку до останнього цвяха, створювалося в одному ключі. Мріялось, що саме таке «чесне» середовище, яке має виховувати і диктувати правила взаємоіснування, і є запорукою щастя та процвітання для всього людства. Нова міфологема набирала обертів.

І, звичайно ж, природа. Мотиви саме флори, досить рідко і фауни, спліталися в узори та орнаменти вільні чи геометричні, але завжди оригінальні та прекрасні. Вони були всюди – на полотнах генерували той же природний фон, вбрання та зачіски персонажів, які самі по собі були схожі на якісь неймовірні природні форми. Обплітали інтер'єри та екстер'єри, акцентуючи важливіші елементи та конструктивні вузли, формували розкоші металевих решіток та огороджень. Навіть вікна набували дивну форму, що споріднена з природою. Все оточення людини оплітав орнамент, перетворюючи середовище в буяючу рукотворну сельву.

Панування людини над природою викликало заперечення – людина є її частинкою, яка має взаємодіяти з цілим, розчинятися в ньому. Природа різноманітна: тендітна, ранима, але водночас міцна, брутальна. Вона примхлива: зараз лагідна та безтурботна як дитина, через хвилину – бурхлива, безжалісна, небезпечна. Вона прекрасна своїми неймовірними формами та пахощами, але така ж й оманлива – за пахучою вишуканою формою можуть ховатися гострі шипи чи навіть смертельна отрута. Ці красоти та протиріччя вабили набагато

більше, ніж каталоги застоялих канонів, і митці модерну інтуїтивно шукали, виліплювали нову форму, складали її графічно, живописно чи скульптурно, але завжди емоційно, спираючись на спостереження, відчуття та почуття.

Одеса – місто портове, торгове, багатонаціональне та космополітичне. Сюди стікалося багато іноземців різного роду занять, бурхливо розвивалася економіка, в основному місце було орієнтовано на торгівлю, бізнес. На межі сторічь переживало становлення і художньо-артистичне життя: в 1887 р. вже був збудований знаменитий оперний театр, що значно підвищило цікавість до театрального мистецтва та музики. В 1890 р. було створене Товариство південноруських художників (ТЮРХ), яке активно займалося організацією стаціонарних та пересувних художніх виставок, в яких могли одночасно прийняти участь вже відомі митці і дебютанти. Наприклад, в 1896 р. серед інших художників, в тому числі і починаючих, на виставці ТЮРХ представляв свої роботи вже іменитий І. Левітан, а в 1898-му дебютував і потім на протязі чотирнадцяти років регулярно приймав в них участь В. Кандинський. ТЮРХ сприяло заснуванню ще декількох товариств мистецько-художнього напряму, а у 1899 р. Одеська художня школа була перетворена на Одеське художнє училище, саме на його базі стали проводити стаціонарні виставки ТЮРХ.

В Одесу часто приїздили іменити вітчизняні художники, хоча і не всім подобалася торгівельно-комерційна атмосфера міста. Доречи, саме тут у М. Врубеля народилися і сформувалися ідея, бачення та перші ескізи знаменитого «Демона сидячого», вражаючого і навіть лячного. В цьому вирі провінційного мистецького життя приймав активну участь і художник А. Ждаха. Саме тоді був сформований «Альбом рисунків №1», в якому – пристрасно-бентежні та погрозливо-спокійні ескізи та начерки майбутніх полотен з відверто відчутним впливом модних ксилографій Далекого сходу.

В 1893 р. за пропозицією композитора М. Лисенка майстер починає роботу над серією поштових листівок в акварельній техніці на теми українських народних пісень з включенням ілюстрацій, нот та текстів – в бурхливій течії модерну зливаються разом класична музика, народні спів та віршування, живопис. Таке саме пісенно-нотно-ілюстративне оздоблення Ждаха приміряв і для оформлення тарілок, що представлене в «Альбомі рисунків №2» куди увійшли роботи 1900-1903 рр. Тут вже зовсім відверто поряд з ще традиційними з’являються аркуші якісно нові, абсолютно сучасні, з тою самою напруженою лінією, що з надією злітає вгору та трагічно падає вниз. Decadent, як називав новий стиль сам Ждаха.

В цьому альбомі чого тільки нема – багато різноманітних тем: орнаментальні нариси різних країн та народів, візерунки для парчі та паперових тканин, мереживо, освітлювальні прилади, дверні ручки різної форми, нариси ілюстрацій, хоругві, надгробки, шифоньєрка та багато іншого. Але найбільшу цікавість у зв’язку з темою модерну викликають листи з рослинами і, як похідні з них, ювелірними прикрасами.

Ці листи з – суцільний гербарій, здається, що десь поряд має бути альбом з рослинками, що засушені. Але це на перший погляд. В нарисах різноманітних

по статусу, розміру, характеру рослин Ждаха відпрацьовував ту саму нову лінію. Треба відмітити, що екзотичні, садові чи кімнатні «благородні» рослини його не цікавили. Польові квіти, будяки та інші трави, тобто те, що породила місцева фауна, і є предметом його напрацювань.

Таємничі іриси з вибагливо вигнутими пелюстками; колючий чортополох з заманливими квітами; ковила з жадаючими квіточками-шпажками; шукаючий любові повзучий щитолисник звичайний; ніжна зваблива кислиця; агресивний гордовитий терен; гостролисте, небезпечне пряме жито поряд з кучерявим зеленим горошком; приваблива гнучка дерябка; ніжний заячий щавель та ніжніші, самозакохані маки; неймовірний гнутий вітром очерет; «люби-мене-не-покинь» (незабудки) що з очікуванням зазирають в очі та саму душу. Велике багатство простіших рослин, вроду яких майже ніколи не помітно – Ждаха цю самобутню красу бачив, відчував їхню поезію, знав всі назви навіть латиною.

Стебла вибагливо гнуться, переплітаються, боязко намагаються обійняти – потрошку, чи вже жарко, міцно. Інші стоять струнко, гордливо, як войовничі козаки, попереджують шипами, гострими листями – стережися, не зачіпай! Квіти-квіточки горді та ніжні, пелюстки чи вибагливі, зніжені у томі, очікуванні, чи грайливі як діти, безпосередні, чи залицяються, зазиваючи посміхаються, обіцяють. Листя заточені, колючі, неприступні чи мережеві, звабливі та манливі… І все це буяння форм, змістів, натяків переплітається, лінія стрімко то вгору то вниз, то напружена як змійка, то зовсім розслаблена в знемозі. Майстер відпрацьовував неймовірну лінію модерну на «гербарії» самих природних, наших степових, українських рослин.

Наступні декілька листів присвячені ювелірним прикрасам. Ті самі квіти, листя, стебла, та сама відпрацьована на рослинках лінія, але їхнє смислове навантаження, призначення зовсім інше – констатація факту перетворюється на витвір мистецтва з конкретною функцією. Але це вже тема наступної частини дослідження.

Використані джерела:

1. Бабунич Ю. Національно-романтичні прояви стилю модерн (сецесії) в українському малярстві модернізму. Вісник Львівської національної академії мистецтв, 2020. Вип. 43. С. 20–25.

2. Біляшівський М. Про український орнамент. Записки Українського наукового товариства в Києві. Київ, 1908. Т. 3. С.40–54.

3. Деякі замітки до етнографічної карти Руси-України. Діло. Львів, 1893. 18 березня.

4. ДНАББ. Альбом рисунків № 2. Інв. № 21503, рис. 10–61.

5. ДНАББ. Альбом рисунків № 4. Інв. № 21505, рис. 37 (зв.), 29

6. Недрукована монографія М. Забоченя «Амвросій Андрійович Ждаха».

7. Одесскі художники кінця XIX – початку XX ст. Одеський художник, 2016. № 1. С. 11–15.

8. Український артист-маляр Амвросій Ждаха : каталог виставки / упоряд. й передм. В. Яцюк; Державний музей Тараса Шевченка. Очаків, 1996. 27 с.

УДК 711.4.01, 711.3.01

КОНЦЕПЦІЯ «ЗЕЛЕНОГО ПОЯСУ» (GREEN BELT): БРИТАНСЬКИЙ ДОСВІД РЕГУЛЮВАННЯ СІЛЬСЬКО-МІСЬКОГО КОНТИНУУМУ ТА СТРИМУВАННЯ УРБАНІСТИЧНОГО РОЗРОСТАННЯ

Тимченко Д.Д., аспірант

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова

У роботі розглядається концепція «Зеленого поясу» (Green Belt) як один із ключових інструментів британського містобудівного планування, спрямований на стримування урбаністичного розростання та збереження відкритих ландшафтів і сільських територій. Простежено історичні передумови формування концепції, її зв'язок з ідеями міста-саду та регіонального планування, а також особливості сучасної політики Великої Британії щодо трансформації та збереження територій зеленого поясу в умовах житлової кризи, екологічних викликів і зростання міських агломерацій.

Промислове зростання британських міст у XIX – 1-й пол. XX ст. супроводжувалося стрімким поширенням хаотичної приміської забудови, деградацією природних ландшафтів і поступовим стиранням меж між містом та сільською місцевістю. Особливо гостро ці процеси проявилися у Лондонській агломерації, де урбанізаційний тиск спричинив необхідність пошуку нових підходів до регулювання територіального розвитку.

Однією з найвпливовіших відповідей британського містобудування на проблему безконтрольного розростання міст стала концепція «Зеленого поясу» (Green Belt), яка передбачала створення системи відкритих регулятивних ландшафтних територій навколо великих урбанізованих центрів. Її метою було не лише фізичне обмеження міської експансії, але й збереження сільськогосподарських земель, природного середовища та рекреаційних просторів. Ідейні витоки концепції «Зеленого поясу» значною мірою пов'язані з теорією міста-саду Ебенізера Говарда *(Ebenezer Howard)*. У його моделі зелені пояси виконували роль постійної межі між містом і сільською місцевістю, забезпечуючи баланс між урбанізованими та природними територіями. Надалі ці принципи були переосмислені в рамках британського регіонального планування міжвоєнного періоду, зокрема у працях Реймонда Анвіна *(Raymond Unwin)* та Патріка Аберкромбі *(Patrick Abercrombie)*.

Особливу роль у формуванні концепції відіграв розвиток планування Великого Лондона. У 1930-х рр. Р. Анвін запропонував використовувати систему зелених просторів як інструмент просторової організації агломерації та стримування неконтрольованої субурбанізації. Подальший розвиток ці ідеї отримали у Плані Великого Лондона 1944 р. *(Greater London Plan)*, розробленому під керівництвом П. Аберкромбі, де зелений пояс став центральним елементом регіональної структури.

На відміну від звичайних паркових або природоохоронних територій, британський «Зелений пояс» був насамперед механізмом регулювання просторового розвитку. Його функція полягала у збереженні відкритості територій, недопущенні злиття окремих поселень та підтриманні чіткої межі між міським і сільським середовищем. Водночас зелений пояс виконував важливу соціальну й екологічну роль, забезпечуючи доступ населення до природних ландшафтів та рекреаційних зон.

Після Другої світової війни концепцію «Зеленого поясу» було інституційно закріплено у британській системі планування, і вона стала одним із базових принципів державної політики просторового розвитку. Важливу роль при цьому відіграв Закон про міське та сільське планування 1947 р. *(Town and Country Planning Act)*, який надав місцевим органам влади повноваження включати території зелених поясів до офіційних планів розвитку. Подальше закріплення концепції відбулося після урядового циркуляру 1955 р. *(Circular 42/55)*, який рекомендував створення зелених поясів навколо великих міст з метою стримування безконтрольного урбаністичного розростання та збереження відкритих ландшафтів. Надалі модель зелених поясів отримала поширення і в інших країнах, перетворившись на один із найвідоміших інструментів контролю урбаністичного розростання у світовій містобудівній практиці.

У сучасній Великій Британії політика щодо зеленого поясу залишається одним із ключових елементів системи просторового планування, хоча водночас є предметом активних суспільних та професійних дискусій. Основні принципи функціонування зелених поясів закріплено у Національній рамці політики планування (*National Planning Policy Framework, NPPF*), яка визначає головною метою зеленого поясу запобігання безконтрольному розростанню міст шляхом постійного збереження відкритого характеру земель. Серед базових функцій зелених поясів виділяються стримування злиття населених пунктів, охорона сільських ландшафтів від урбанізації, підтримка історичного характеру міст та стимулювання повторного використання вже освоєних територій *(brownfield land)*.

Водночас у XXI ст. британська модель зеленого поясу дедалі частіше стикається з критикою через загострення житлової кризи та дефіцит земель для нового будівництва, особливо у районах Лондона та Південного Сходу Англії. Частина урбаністів, економістів та девелоперів вважає, що надмірна жорсткість режиму поясу сприяє зростанню вартості житла, стимулює маятникову міграцію та переносить забудову на ще віддаленіші території. У цьому контексті останніми роками у британському професійному дискурсі активно обговорюється можливість часткового перегляду меж зелених поясів, насамперед поблизу транспортних вузлів та приміських залізничних станцій.

Сучасна політика британського уряду демонструє прагнення поєднати збереження зеленого поясу з потребами житлового розвитку та екологічної трансформації міст. У новітніх підходах усе більшого значення набувають поняття «якісного зеленого поясу» *(high-quality Green Belt)* та

багатофункціонального ландшафту, який має виконувати не лише стримувальну, але й екологічну, рекреаційну та кліматичну функції. У зв'язку з цим дедалі більше уваги приділяється створенню природоорієнтованої інфраструктури, розвитку приміських лісопарків, велосипедних маршрутів та екологічних коридорів у межах територій зелених поясів.

Попри дискусійність сучасних трансформацій, концепція «Зеленого поясу» досьогодні залишається одним із символів британської планувальної традиції та важливим інструментом регулювання взаємодії міських і сільських територій. Її еволюція відображає зміну уявлень про роль відкритих ландшафтів у структурі великої агломерації – від просторового бар'єра для міського розростання до складного елементу екологічної та соціальної інфраструктури сучасного міста.

Таким чином, концепція «Зеленого поясу» у Великій Британії стала результатом еволюції ідей міста-саду, регіонального планування та гуманістичних підходів до організації міського середовища. Її значення полягає не лише у стримуванні територіального зростання міст, але й у формуванні моделі збалансованої взаємодії між урбанізованими та сільськими територіями.

Список використаних джерел

1. Hall P. Cities of tomorrow: An intellectual history of urban planning and design since 1880. Fourth Edition. Hoboken, NJ: Wiley-Blackwell, 2014. 640 p.

2. Elson M. J. Green Belts: Conflict meditation in the urban fringe. First Edition. London: Heinemann, 1986. 304 p.

3. Goode C.E. The Relationship Between the Green Belt, England's Housing Crisis and the Planning System: thesis … PhD: Urban and Regional Studies. University of Birmingham, 2021. 411 p.

УДК 747:728.6

ПРИНЦИПИ ОРГАНІЗАЦІЇ ПРОСТОРОВОЇ КОМПОЗИЦІЇ СІЛЬСЬКОЇ ЗАБУДОВИ

Тюрікова О.М. , к.п.н., доцент

Архітектурно-художній інститут
Одеська державна академія будівництва та архітектури

Метою дослідження є встановлення та опис особливих принципів просторової композиції сільської забудови. Особлива увага спрямована на пошук взаємозв'язку природного середовища та художнього образу.

Композиція сільської забудови складається не тільки з композиції генерального плану села [1], а й з пофакторних композицій, які складають з генпланом єдину цілісність, та серії уточнюючих локальних композицій, що висвітлюють певні аспекти деталювання та розставляють бажані акценти [2]. Окрім того, композиція вміщує позаархітектурні теми, які впливають на загальні проєктні рішення. Якщо розібрати результат композиційної діяльності, то побачимо, що може скластися система, яка підпорядкована художнім

закономірностям, має художню самоцінність, й може виступати як самостійний арт-об'єкт. Така композиція базується на принципах, які відбивають пріоритет образно-художніх засобів над іншими, а точніше, наголошують на художньому переосмисленні утилітарних завдань та природних умов.

Наприклад, принцип пріоритетності вихідних природних умов над функціональними вимогами реалізується за рахунок усвідомлення ландшафтного «каркасу» композиції, який виступає як імператив.

Принцип сценарного моделювання специфічного образу життя. Переклад щоденного побуту на мову «мистецтва жити» на селі. Реалізується за рахунок формування та узгодження естетики базових просторових сценаріїв.

Принцип врахування вимог та розвитку адресата проєктування реалізується за умов вивчення та прогнозування розвитку особистості та суспільства в сільській місцевості.

Висновки

Таким чином, формування просторової композиції сільської забудови виходить за межі вписування в ландшафт функціональних зон та транспортних зв'язків, а постає системою смислів та художніх образів. Наведені принципи переводять функціональні завдання в естетичні переживання.

Список використаних джерел

1. Мироненко Т. А. Ландшафтно-композиційний каркас як основа сталого розвитку сучасного українського села. *Містобудування та територіальне планування*. 2025. № 84. С. 112–121.

2. Шевченко Т. О. Ландшафтно-генетичний підхід до формування просторової композиції малих поселень. *Досвід та перспективи розвитку міст України*. 2024. № 42. С. 78–89.

УДК **728:711.3**

ФУНКЦІОНАЛЬНА ТРАНСФОРМАЦІЯ СІЛЬСЬКОЇ САДИБИ В СУЧАСНОМУ ЖИТЛОВОМУ СЕРЕДОВИЩІ УКРАЇНИ

Хороян Н. П., канд. арх. (PhD), доцент,

Одеська державна академія будівництва та архітектури

Анотація. *Метою дослідження є визначення основних напрямів функціональної трансформації сільської садиби в сучасному житловому середовищі України. Увагу зосереджено на переосмисленні садиби як цілісної просторово-функціональної системи, зміні ролі подвір'я, адаптації господарських споруд, поєднанні житлових і робочих функцій, формуванні багатопоколінного комфорту та ресурсній адаптації середовища.*

Сільська садиба є одним із базових типів житлового середовища України, у якому традиційно поєднувалися житлова, господарська, виробнича, рекреаційна та родинно-комунікативна функції. Її просторова структура формувалася під впливом природних умов, господарського укладу, родинної організації побуту та локальних будівельних традицій. Водночас сучасні

соціально-економічні, технологічні й безпекові виклики зумовлюють необхідність переосмислення цієї моделі. Сьогодні сільська садиба має відповідати не лише традиційним побутовим і господарським потребам, а й новим сценаріям життя, пов'язаним із дистанційною роботою, багатофункціональністю простору, енергоефективністю, рекреацією, тимчасовим проживанням та підвищенням автономності домогосподарства.

Актуальність теми зумовлена необхідністю переосмислення сільського житла в умовах зміни способу життя мешканців українського села. Сучасна сільська родина може поєднувати традиційні господарські практики з дистанційною роботою, малим підприємництвом, рекреаційними функціями, доглядом за дітьми й літніми людьми, тимчасовим проживанням родичів або внутрішньо переміщених осіб. Унаслідок цього сільська садиба потребує нової просторової логіки, в якій функціональні зони не просто співіснують, а взаємодіють як частини єдиного житлового середовища.

Об'єктом дослідження є сільська садиба як елемент житлового середовища України. **Предмет дослідження – ф**ункціональні зміни у структурі сільської садиби та архітектурно-дизайнерські засоби її адаптації до сучасних потреб мешканців.

Ключова проблема полягає в тому, що традиційна структура сільської садиби часто не відповідає сучасним сценаріям життя. Частина господарських споруд втрачає первинне призначення, подвір'я нерідко використовується фрагментарно, житловий будинок не завжди має достатню гнучкість для роботи, навчання або багатопоколінного проживання. Водночас потенціал садиби як цілісного середовища залишається дуже високим, оскільки саме вона дозволяє поєднати житло, працю, відпочинок, природу й самозабезпечення.

Напрям 1: переосмислення просторово-функціональної організації садиби. У традиційному розумінні сільська садиба часто сприймається як сукупність окремих елементів: житлового будинку, подвір'я, господарських споруд, саду, городу, літньої кухні, місць зберігання та допоміжних зон. Однак сучасні умови потребують розгляду садиби як єдиної середовищної структури, у якій ці елементи формують взаємопов'язану систему. Важливим є не лише призначення кожної зони, а й характер зв'язків між ними: зручність пересування, логіка маршрутів, відкритість або відокремленість просторів, сезонність використання, можливість трансформації та поєднання різних життєвих сценаріїв [1].

Такий підхід дозволяє перейти від традиційної схеми «будинок — подвір'я — господарські споруди» до гнучкішої моделі житлового середовища, у якій кожна зона може мати кілька функцій. Йдеться не про руйнування традиційної структури, а про її оновлення через інтеграцію житлових, господарських, рекреаційних і робочих функцій. Це дає змогу розглядати садибу як середовище, що поєднує культурну тяглість українського села з актуальними вимогами до комфорту, ефективності та адаптивності простору.

Напрям 2: зміна ролі подвір'я. У традиційній моделі подвір'я переважно виконувало транзитну, господарську та комунікативну функції, забезпечуючи

зв’язок між будинком, господарськими спорудами, садом і городом. У сучасних умовах воно дедалі частіше набуває значення відкритого житлового простору, що доповнює інтер’єр будинку й розширює можливості повсякденного життя родини.

Сучасне подвір’я може поєднувати сезонний відпочинок, сімейне спілкування, дитячу активність, приготування їжі на відкритому повітрі, дрібну господарську роботу, ремесло або мале домашнє виробництво. У цьому контексті воно набуває ознак «відкритої вітальні» — проміжного простору між будинком і природним середовищем. Тому важливими стають гнучке зонування, захист від сонця й вітру, озеленення, зручні покриття, місця для сидіння та безпечні маршрути [1].

Отже, подвір’я в сучасній сільській садибі слід розглядати не як залишковий простір між будівлями, а як активний елемент житлового середовища. Його оновлення сприяє підвищенню комфорту, розширенню функціональних можливостей садиби та посиленню зв’язків між будинком, родиною, господарством і природним оточенням.

Напрям 3: адаптація господарських споруд до нових сценаріїв використання. У традиційній структурі сільської садиби господарські споруди мали переважно утилітарне призначення: зберігання інвентарю, утримання тварин, переробка або складування сільськогосподарської продукції. Проте зміни в характері сільського побуту й господарювання зумовлюють часткову втрату цих функцій або неповне використання наявних об’єктів.

У сучасних умовах такі споруди можуть бути переобладнані під майстерні, робочі кабінети, гостьові кімнати, літні кухні, простори для зберігання, творчої діяльності, локального підприємництва або малого виробництва [1; 3]. Це дає змогу ефективніше використовувати існуючу забудову, зменшити потребу в новому будівництві та водночас зберегти масштаб, матеріальну пам’ять і просторову цілісність садиби.

Переобладнання має здійснюватися з урахуванням конструктивного стану споруд, доступності, освітлення, вентиляції, теплового комфорту та зручних зв’язків із будинком і подвір’ям. За таких умов колишні допоміжні об’єкти можуть стати активними елементами сучасного житлового середовища, розширюючи функціональні можливості садиби без втрати її традиційної логіки.

Напрям 4: поєднання житлової та робочої функцій у межах сільської садиби. Для сучасного села дедалі актуальнішими стають дистанційна робота, ремісниче діяльність, аграрний мікробізнес, зелений туризм, освітні, консультаційні або творчі практики. Тому садиба має розглядатися не лише як простір проживання, а й як середовище продуктивної діяльності, здатне підтримувати додаткові економічні можливості родини [3].

Таке поєднання потребує продуманого зонування: робочі зони мають бути достатньо відокремленими від приватного побутового простору, але зручно пов’язаними з будинком, подвір’ям, господарськими спорудами або вхідною групою. Майстерня, невеликий офіс, простір для прийому відвідувачів, кімната для дистанційної роботи чи зона переробки локальної продукції можуть

розміщуватися в існуючих спорудах або формуватися як частина оновленої структури садиби.

Отже, інтеграція робочих функцій посилює адаптивність і життєздатність сільської садиби. Вона дозволяє поєднати традиційний потенціал домогосподарства з новими формами зайнятості, не руйнуючи житлового характеру середовища. За умови грамотної архітектурно-дизайнерської організації садиба може функціонувати як гнучка система, у якій побут, праця, відпочинок і самозабезпечення взаємодіють між собою.

Напрям 5: формування комфортного багатопоколінного середовища. Українська сільська садиба часто залишається простором спільного або періодичного проживання кількох поколінь родини, тому її організація має враховувати потреби дітей, дорослих і людей старшого віку. Це стосується не лише площі житла, а й зонування, доступності маршрутів, рівня приватності та можливості одночасного використання простору різними членами родини [2].

Важливим є баланс між спільними й відокремленими зонами. Подвір'я, літня кухня, тераса, сад або простір сімейної комунікації можуть виконувати об'єднавчу роль, тоді як частина житла чи окремі ділянки подвір'я забезпечують приватність і автономність. Особливого значення набувають безпечні маршрути між будинком, господарськими спорудами, зонами відпочинку та садом, а для людей старшого віку — мінімізація перепадів висот, достатнє освітлення, зручні входи й доступність основних побутових функцій.

Отже, багатопоколінна модель сільської садиби потребує не простого збільшення кількості приміщень, а продуманого просторового сценарію. Його завданням є створення середовища, у якому різні покоління можуть комфортно співіснувати, зберігаючи родинну взаємодію та необхідний рівень особистого простору.

Напрям 6: екологічна та ресурсна адаптація сільської садиби. Екологічну та ресурсну адаптацію доцільно розглядати не як окрему технологічну мету, а як засіб підтримки функціонального оновлення садиби, підвищення її стійкості, економічності та комфорту. Йдеться про рішення, що органічно інтегруються у повсякденне життя: локальне озеленення, природне затінення, водозбереження, збір дощової води, компостування, використання сонячної енергії, раціональне розміщення господарських і рекреаційних зон.

Важливо, щоб ці елементи працювали не ізольовано, а в межах загальної просторової логіки садиби. Дерева й навіси можуть одночасно формувати тінь, покращувати мікроклімат і позначати місця відпочинку; город і компостування — підтримувати господарську функцію; система водозбору — забезпечувати догляд за садом і технічні потреби подвір'я. Таким чином, екологічна та ресурсна адаптація не замінює архітектурно-дизайнерську організацію простору, а посилює її, забезпечуючи зв'язок між житлом, природним середовищем, господарськими процесами та повсякденним комфортом мешканців [1].

Висновок.

Отже, функціональна трансформація сільської садиби має розглядатися не як відмова від традиційної моделі, а як її адаптація до сучасних умов життя.

Садиба зберігає значення цілісної просторово-функціональної системи, однак її складові — житловий будинок, подвір'я, господарські споруди, сад, город, рекреаційні та робочі зони — потребують більш гнучкої організації, здатної поєднувати побутові, господарські, комунікативні, продуктивні й рекреаційні сценарії.

Таким чином, оновлення сільської садиби має спиратися на системний архітектурно-дизайнерський підхід, що передбачає раціональне використання наявної забудови, зміну ролі подвір'я, адаптацію допоміжних споруд, формування багатопоколінного комфорту та ресурсну ощадність. Такий підхід дозволяє зберегти культурну тяглість українського сільського житла й водночас сформувати сучасне, адаптивне та життєздатне житлове середовище.

Список використаних джерел

1. Wang X., Wu S., Wang D., Wei Y. Multifunctional Identification and Transition Path of Rural Homesteads: A Case Study of Jilin Province. *Land*. 2024. Vol. 13, № 10. Article 1590. DOI: https://doi.org/10.3390/land13101590.

2. Stenbacka S., Heldt Cassel S. Planning for Socially Sustainable Rural Housing in Sweden. *Journal of Rural Studies*. 2024. Vol. 110. Article 103377. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2024.103377.

3. Ohorodnyk V., Finger R. Envisioning the Future of Agri-tourism in Ukraine: From Minor Role to Viable Farm Households and Sustainable Regional Economies. *Journal of Rural Studies*. 2024. Vol. 108. Article 103283. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jrurstud.2024.103283.

УДК 727(1-22)(477.54)

КОНЦЕПЦІЯ ХУДОЖНЬОЇ ОСВІТИ У КУНЬЄВСЬКІЙ СІЛЬСЬКІЙ ТЕРИТОРІАЛЬНІЙ ГРОМАДІ

Чорноног А.Ю., здобувачка 4 курсу

Державний біотехнологічний університет (Харків)

***Анотація**: Розглядається проєктна концепція дитячої художньої школи (ДХШ) в Куньєвській сільській територіальній громаді Харківської області; підставами створення концепції є соціально-демографічний стан громади, архітектурні принципи, зокрема багатофункціональність, гнучкість структури та поетапність реалізації, а також зарубіжний досвід.*

Децентралізація в Україні підвищила ефективність використання ресурсів, позитивно позначилась на економічному розвитку та відкрила перед сільськими громадами нові можливості для формування та розвитку соціально-культурної інфраструктури. Водночас на селі відчутні втрати громадських просторів, культурних осередків, загострення дефіциту мистецьких закладів та можливостей для позашкільної освіти. За даними МОН України художніх школи здебільшого доступні переважно для мешканців міст, а у сільських громадах мистецька освіта школярів занепадає [1].

Станом на квітень 2025 року чисельність населення Куньєвської громади становить близько 2720 людей (з яких 401 внутрішньо переміщена особа). 2024 –2025 навчального року освітні послуги отримували 374 школярі та 84 дитини дошкільного віку [2]. На території громади функціонують наразі три ліцеї, але немає жодного закладу мистецької освіти. Найближча художня школа на 270 учнів знаходиться у м. Ізюм. Треба додати, що минулого року у с. Куньє було знесено будинок культури. Якість освітньо-культурного середовище важлива для молодих сімей, особливо сімей молодих спеціалістів, тож художня школа потенційно є суттєвим фактором для закріплення спеціалістів на селі..

За кордоном практика створення невеликих мистецьких шкіл у сільській місцевості є доволі поширеною, зокрема у Європі. «Basic Art school» у Сміжанах (Словаччина) як вдала модель інтеграції художньої освіти у структуру села демонструє ефективне поєднання навчальних і громадських функцій. Її багатофункціональна зала-аула, яка функціонує і як шкільний зал, і важливий громадський простір [3]. Така функціональна гнучкість особливо важлива за умов обмежених ресурсів, тому в нашому контексті як теоретичний орієнтир може бути прийнято концепцію «відкритої структури» нідерландського архітектора Альдо ван Ейка — будівлі, здатної до поетапного розширення разом із зростанням потреб громади.

У межах дипломного проєкту пропонується створення ДХШ у с. Куньє як багатофункціонального освітнього та громадського середовища з переважанням мистецької спрямованості. Це конкретно означає, що школа має використовуватися, крім навчання дітей, також для проведення виставок, майстер-класів та інших культурних заходів із ширшим залученням мешканців громади. Функціональна структура школи включає навчальні блоки (класи та майстерні), а також клубно-виставкову, методико-педагогічну, адміністративну та технічно-побутову складові. Не менш важливу роль відіграє зовнішній простір з виставковим двором, пленерною зоною та простором для ігор.

Концепція передбачає розташування ДХШ у мальовничій місцевості поблизу сільського ставка, що створило би умови для організації пленерних занять, інтегруючи у навчальний процес школи природне середовище. Не менш важливим є створення гостинного простору для функціонування школи як одного з важливих осередків життя громади.

Висновок. Таким чином, дитяча художня школа у Куньєвській СТГ має стати одночасно закладом позашкільної мистецької освіти та місцем для різних ньє, так і для всієї територіальної громади. Поєднання навчальних, культурних та громадських функцій в одному об’єкті та їх поетапний розвиток є, на думку авторів концепції, вельми практичною стратегією для громади, що об’єктивно діє за умов фінансових та організаційних обмежень. Наявність дитячої художньої школи має підвищити соціокультурну привабливість Куньєвської сільської громади та піднести її престиж серед сільських поселень Харківщини.

Список використаних джерел

1. Базова мережа закладів культури загальнодержавного/місцевого рівня : електронний реєстр / Міністерство культури та стратегічних комунікацій України. URL: https://culture-info.mcsc.gov.ua/ (дата звернення: 15.05.2026).
2. Стратегія розвитку Куньєвської сільської територіальної громади на період до 2027 року : проєкт документа / Куньєвська сільська військова адміністрація Ізюмського району Харківської області. 2025. URL: https://kunevska-gromada.gov.ua/strategiya-rozvitku-kunevskoi-silskoi-teritorialnoi-gromadi-na-period-do-2027-roku-13-53-45-14-11-2025/ (дата звернення: 15.05.2026).
3. Art school Smizany : architectural project / Atrium Architekti. Košice, 2021. URL: https://www.atriumarchitekti.sk/en/architecture/new-buildings/art-school-smizany (дата звернення: 15.05.2026).

УДК 711.168+711.58(569.3)

ОРГАНІЗАЦІЯ ПІСЛЯВОЄННОЇ ВІДБУДОВИ У СІЛЬСЬКИХ РАЙОНАХ ЛІВАНА ТА У ПЕРЕДМІСТЯХ БЕЙРУТА

Шамун К. М., доктор філософії (PhD, Архітектура та містобудування),

Головне управління містобудування Муніципалітету Бейрута (Ліван)

Анотація. *Метою публікації є аналіз послідовності та складу процедур підчас здійснення післявоєнної реконструкції поза межами міської території, – зокрема, визначення стану поселень, опрацювання та процес реалізації проєкту, залучення спеціальних служб (землевпорядкування, освіти, опіки, фінансів, права тощо), підпорядкованих їм соціальних і технічних мереж життєзабезпечення. Особливе значення приділено включенню самих місцевих спільнот – і як самоврядих громад, і як «опорних точок» міського життя, у т.ч. професійних, етнонаціональних, конфесійних, формувань «третього сектора», сусідських та клубних об'єднань і т. д.*

Громадянська війна в Лівані (1975–1990) та наступні конфлікти глибоко змінили сільські райони та передмістя Лівану. На початку війна спричинила масове переміщення населення та втрату інфраструктури. трансформацію передмість і розпад їх на густонаселені, політично поділені опорні пункти.

Довгострокові наслідки включали серйозне занедбання сільського господарства разом із обезлюдненням сільських поселень, у т.ч. внаслідок швидкої незапланованої урбанізації, Масове внутрішнє переміщення змусило тисячі людей з півдня та сільських районів переселитися на безпосередні периферії великих міст, зокрема Бейрута. Цей масовий приплив призвів до створення розлогих, недостатньо обслуговуваних приміських нетрів, т.зв. «Поясу страждань». Означені райони швидко стали локалізованими центрами соціально-економічної маргіналізації.

Тим часом, спричинившись до спустошення сільських районів, війна викликала сільськогосподарський колапс. Бойові дії в поєднанні з втечею

сільської робочої сили призвели до масштабної деградації сільськогосподарських угідь, руйнації іригаційних мережі та різкого скорочення поголів'я худоби. Ці ситуації були практично знехтувані державою, також внаслідок недорозвиненості її управлінських механізмів.

У Лівані немає єдиного національного органу відповідального за відбудову. Натомість, оскільки державні інституції часто не мають достатньо ресурсів або перебувають у політичному глухому куті, дії з відновлення та реконструкції мають здебільшого фрагментарний і дуже локалізований характер.

Післявоєнна відбудова в Лівані спиралася на високо децентралізовану багатосуб'єктну модель. Хоча держава часто опікувалася структурною політикою та приділяла компенсації, та все ж специфіка ліванської відбудови полягає в домінуванні неоліберальної/приватної моделі. Центральний діловий район Бейрута після громадянської війни було відбудовано Solidere, потужною приватною корпорацією з нерухомості [1]. Ця модель зосереджувалася на економічному відновленні та елітному розвитку, залишаючи передмістя на призволяще.

Частковою альтернативою є локалізована/патронатна відбудова. Місцеву відбудову у передмістях Бейрута та у сільській місцевості зазвичай будо організовано неурядовими організаціями (НУО), міжнародними агенціями, політичними або парадержавними організаціями.. У районах, де певні політичні фракції мають сильне територіальне або громадське домінування (наприклад, південні передмістя Бейрута, Дахія), відбудова часто організовується та фінансується безпосередньо цими політичними партіями. Реконструкція передмість Бейрута значною мірою також здійснювалася конкретними політичними групами або приватним капіталом у сфері нерухомості, вкладеним діаспорою.

Після конфлікту 2006 р. для відбудови південного передмістя Гарет Грейк Хезболла створила агентство Ваад, яке успішно надало компенсацію на місці та швидко відбудувало сотні домівок, минаючи офіційні державні рамки для переселення тисяч переміщених мешканців [2]. Агенція керувала всім, від оцінки збитків до укладання контрактів, видалення завалів і реконструкції житла. У південно-західних передмістях Бейрута (наприклад, в Узай) в рамках проєкту Elyssar [3], робилися спроби реорганізувати неформальне житло та комерційні райони у взаємодії між державними установами та такими політичними суб'єктами як Амаль та Хезболла. Реконструкція часто стикалася з адміністративними труднощами, такими як відсутність офіційних реєстрів власності, складні закони про оренду, виключення мешканців неформальних поселень тощо.

У сільській місцевості відсутність економічних можливостей сприяла масовій міграції з сільської місцевості до міст. Тривале збройне насильство та забруднення території (включаючи боєприпаси, що не розірвалися) зробили великі площі родючих земель, особливо в Південному Лівані та долині Бекаа, небезпечними для сільського господарства.

На селі, як і в південних передмістях столиці, низові та міжнародні неурядові організації виступають у ролі технічних і юридичних посередників між місцевими жителями, державними установами та приватними донорами. Вони консультують мешканців в бюрократичних процесах та у питаннях компенсацій і зосереджуються на дрібномасштабному ремонті або відновленні житла.

У сільських районах Лівану, на півдні або в долині Бекаа, реконструкція значною мірою залежить від місцевих соціальних мереж, сімейних зв'язків та збереження наявного сільського контексту. Оскільки дії уряду значною мірою обмежуються розчищенням завалів та розподілом основної компенсації, волонтери-архітектори та неурядові організації часто працюють на рівні села, консультуючись безпосередньо з мешканцями. Таке мікрорівневе планування гарантує, що відбудовники поважатимуть традиційний характер села, а не нав'язуватимуть навмисно урбанізовані схеми модернізації.

Компенсаційні кошти, незалежно від того, надходять вони від центрального уряду Лівану чи від міжнародних донорів, зазвичай розподіляються пропорційно, залежно від ступеня завданих збитків. Відповідальність за організацію власної відбудови з використанням цих коштів потім несуть окремі власники майна та місцеві кооперативи. Після значних пошкоджень мешканці та місцеві зацікавлені сторони часто формують колективні комітети для управління масовим припливом капіталу, ведення переговорів з підрядниками та проведення більш масштабної реконструкції.

Наслідки періоду громадянської війни так і не було подолано повністю [4]. Вони посилилися подальшою ескалацією, включаючи важку економічну кризу 2019 року. Довготривала політична й економічна криза зробила країну глибоко залежною від міжнародної допомоги, у т.ч. в плані стабілізації продовольчої безпеки та основних цивільних послуг.

Такі організації, як ООН-Хабітат координують свої дії з місцевими муніципалітетами для мобілізації ранньої допомоги, відновлення критично важливої забудови та соціальної інфраструктури, а також забезпечення відновлювальних робіт [5]. Аналогічно, ПРООН (Програма розвитку ООН, UNDP) проводить оцінки впливу та надають якісні дані для керівництва відбудовою, орієнтованою на людину. Звіти таких установ окреслюють соціально-економічний вплив та потреби місцевого відновлення в постраждалих муніципалітетах Лівану.

Першими, хто реагує на координацію притулків для переміщених осіб та картографування пошкоджень інфраструктури є муніципалітети та місцева влада. Важливий стратегічний ресурс планування на місцях являють численні академічні та професійні організації. Бейрутська міська лабораторія Американського університету Бейрута (AUB), регулярно організовує спільні дизайнерські обговорення та просторові аналізи, які пропонують альтернативні моделі відбудови, які орієнтовані на громаду та враховують пам'ять та спадщину. Такі організації, як Студія громадських робіт, проводять спеціалізовані дослідження житлових прав, законів про власність та соціально-економічних

наслідків відбудови в Лівані. Вони забезпечують у післявоєнній ситуації адвокативну підтримку справедливих житлових прав та справедливої енергетичної політики.

Список використаних джерел

1. Makarem, H. (2015). The Bottom-Up Mobilization of Lebanese Society Against Neoliberal Institutions: the Case of Opposition Against Solidere's Reconstruction of Downtown Beirut. In Gerges, F.A.(Eds) Contentious Politics in the Middle East Middle East Today, 501–521. New York: Palgrave Macmillan. https://doi.org/10.1057/9781137530868_21.

2. Hilal, N. (2008). Governance and Public Participation in Post-war Reconstruction Projects: Haret Hreik, Beirut as a Case Study. Beirut: American University of Beirut, Department of Architecture and Design. Retrieved from http://hdl.handle.net/10938/7798.

3. Amaya-Akkermans, A. (2012). Beirut's Elyssar Project: Spatiality and Hegemony. NY: Hannah Arendt Centre for Politics and Humanities. Retrieved from https://hac.bard.edu/amor-mundi/beiruts-elyssar-project-spatiality-and-hegemony-2012-06-19.

4. Al-Harithy, H. (Ed.). (2024). Lessons in Post-War Reconstruction: Case Studies from Lebanon in the Aftermath of the 2006 War. L.: Routlege.

5. Habitat III. National Report on the Progress of the Implementation of the New Urban Agenda (2021), draft. – Beirut: Council for Development Republic of Lebanon. Retrieved from https://www.urbanagendaplatform. org/sites/default/files/ 2022-04/NUA%20Draft%20Report.pdf

УДК 728

РОДИННЕ ПАТІО: ВІДРОДЖЕННЯ ІСТОРІЇ

Піоварова І. Ю. студ., Акмен І. Р. к. арх.

Державний біотехнологічний університет

Метою дослідження є визначення архітектури простору де родинне спілкування та його історичні модифікації набувають сенс, а сталість ідеї визначає дизайн житлового середовища.

Складно виявити на тлі тисячоліття існування стародавніх культур витоки виникнення архітектури внутрішнього простору житлового середовища, чи родинного дома-патіо, з його різними етнічними особливостями та модифікаціями. Але перегорнувши сторінки історії, можна побачити приклади просторів, які є просторами з однаковою, по суті, функцією забезпечення комфортних житлових умов та соціальної комунікації між членами родини.

Будинок з внутрішнім двором (дім-патіо) є однією з найдавніших форм житла у світі. Його еволюція розглядається як відповідь на соціально-культурні та екологічні потреби людства. Одночасно цей архетип має полікультурну особливість та міцну чутливість до родинної території та філософії. За функціональним призначенням, внутрішній двір (patio) — це універсальний

відкритий простір в будинку, який не залежить від культурного походження. Оточений по периметру стінами або сусідніми будівлями, цей простір утворює центральне ядро, ніби порожнину просто неба. У будинках з внутрішнім двором такі фактори, як соціальна взаємодія, філософія поведінки мешканців, кліматичний вплив та проблеми безпеки разом впливають на визначення архітектури та функції будинку. Зокрема, А. Рапопорт [1] концептуалізує будинок як «соціальну одиницю простору» та «людський факт», де будинок має на меті охопити спосіб життя мешканця та сприяти розвитку людської культури. Архетипи будинків з внутрішнім простором аналізує Ж. Хансон [2], щоб показати, що існують в різних культурах подібні просторові облаштування побуту, які відображають унікальний спосіб життя мешканців і пов'язані з організацією домашнього господарства та соціальними формами життям. Г. Земпер у своїй роботі пояснює виникнення архітектурних форм виходячи з природної історії. Так появу «водяної криниці» (хутун) у внутрішньому монгольському дворі пов'язує з тим, що протягом історії люди завжди прагнули селитися поблизу води, викопуючи криницю та будуючи навколо неї свої будинки.

Враховуючи той факт, що архетип будинку з внутрішнім двором являє собою первісний акт традицій будівництва, світогляду, філософських та релігійних міркувань щодо побуту різних народів, неможна довести першість походження. Кожен культурний регіон розвивав укриття та обгородження по-різному, через вибір конкретної огорожі або шляхом звернення до типологічного процесу певного генезису.

В стародавньому грецькому полісі житлові будинки стандартні за плануванням і мають типове архітектурне рішення, характерною особливістю якого є наявність вузького проходу, який поєднував вулицю із внутрішнім двором (Αύτολα, чи αυλής). Навколо двору формувалися житлові та господарські приміщення. При будинках, як правило, влаштовувалася підвальна комора, вирубана в скелі, у дворі були цистерни або колодязі. Багатші будинки з «перистильним» подвір'ям прикрашалися ордерами (іонічним, доричним) навколо просторової порожнини. Зовнішні мури не мали вікон, а їх призначенням було встановлення перепону між зовнішнім світом і особистим простором родини.

В культурі римського урбанізму внутрішній двір (atrium) виник як міцний громадський простір — гостьова зона просто неба, навколо якої розміщувались приватні зони житлового будинку. Атріум — це не лише центральний архітектурний простір римського житла, а й глибока просторова метафора римського світогляду, уособлення філософії зв'язку між приватним і публічним, де поєднуються стихії, духовна дисципліна та сакральності родинного вогнища.

Арабський родинний будинок з внутрішнім садом є гарним прикладом тісного зв'язку між людиною та природою. Відомі як «pardis», ці геометричні ландшафти у порожнечі будинку, є чудовими садами, розпланованими в стилі мандали — алегорії космічної структури Всесвіту. Поява ісламу принесла нові вдосконалення цим концепціям із забезпечення філософії «земного раю» у центрі

всесвіту, які базувалися на «теорії раю в ісламській архітектурі» [4]. Виникнувши у часи Середньовіччя, ідея земного раю формується головним чином через сад у внутрішньому дворику і об'єднує естетичні складові раю, згадані в багатьох віршах Корану (рослини, воду, затінені відкриті ліжки, каліграфію, аромати та приємні звуки) у реальний архітектурний житловий простір. Сад у внутрішньому дворику стає найпоширенішою зеленою формою в традиційному арабському будинку.

Внутрішні простори арабського будинку, незважаючи на їхню поверхневу схожість, є різні за розмірами та ієрархічно компонуються за трьома архітектурними концепціями: сад знаходиться всередині будинку, будинок знаходиться в саду, будинок знаходиться поруч із садом. Внутрішні сади мають правильні геометричні форми, переважно прямокутні або квадратні. Ця правильна геометрична форма вплинула на загальну архітектуру елементів: переважають лінійні доріжки, прямі водні канали та клумби в простих геометричних формах.

Чудові зразки дворів з садами були побудовані арабами протягом XVI–XVII ст., деякі з них досі збереглися та продовжують функціонувати як важливі громадські або напівгромадські палацові комплекси. М. Гаріпур [5] досліджує зв'язки між вілами Європи та садами ісламського світу в епоху Відродження, підкреслюючи їх подібність.

Доступ до знань про архітектуру та сади ісламського світу захоплював венеціанську еліту XVI ст. та згодом спонукав її використовувати особливості східних садів у своїх віллах. Сади Гранади стають джерелом натхнення та моделлю для проєктування європейських вілл. Зокрема, водні споруди внутрішнього саду (наприклад, водний канал, що з'єднує верхній рівень, центральний двір та нижній терасований сад) та взаємопов'язані відкриті простори були запозичені європейцями з садів Альгамбри та Хенераліфе.

Розквіт іспанської імперії вплинув на поширення у країнах Нового Світу архітектури родинного житла з внутрішнім двором. Нова типологія іспанського «патіо із садом» швидко всмоктувала елементи місцевих самобутніх культур. Найбільш яскравим прикладом взаємовпливу європейської культури з культурами корінних народів став мексиканський патіо.

Традиційні китайські будинки з внутрішнім двором з'явилися за часи домінування династії Юань у XIII ст. та маюли монгольське походження. Планування традиційного пекінського житлового дому (сихеюань) жорстке та впорядковане, внутрішній двір (ікла) простий та просторий. Особлива організація приватних та громадських просторів у внутрішніх китайських дворах дозволяє мешканцям насолоджуватися своєю приватністю та, за потреби, займатися різноманітною соціальною діяльністю.

Внутрішня структура сихеюань залежить від розташування житлових приміщень відповідно до віку, статі та сімейного стану мешканців, що відображає ієрархію в традиційній китайській родині. Внутрішня організація двору інша. Вона підкреслює кровні зв'язки та єдність між членами сім'ї. У головному будинку (завжди розташованому в північному крилі та зверненому на

південь) традиційно проживав глава сім'ї, як представник старших поколінь. Наступне покоління жило в західному крилі, а східне та південне крила заселяли матері з дітьми та нянями — найменш привілейована група, згідно зі структурою суспільства того часу. Сихеюань, побудований відповідно до принципів китайської філософії, культивував та розвивав поведінку своїх мешканців і зближував їх протягом століть.

У IX ст. в Українському Поліссі з'являються унікальні явища двори-господарства — окружний двір, який у Карпатах називали «граждою». Ізольовані від інших дворів, у гражди всі будівлі й споруди згруповані довкола внутрішнього простору, утворюючи невеличку фортецю з глухими зовнішніми стінами й однією брамою. Двір поділявся на дві половини — чистий і господарський. Гражди мали житлову будівлю та господарсько-виробничі споруди. Всі вікна хати виходили всередину. До складу двору могли входити і присадибні землі. Цьому явищу відповідає термін «верв», який багатьма дослідниками пов'язується зі словом «верьовка» (використовувалась як мірний інструмент при розподілі землі). Покрівлею ґражди слугувала ґонта, яку раз на два роки змазували нафтою, яку на Гуцульщині називають ропою.

Гражду будували так, щоб від бокових стін хати виходили дві шеренги господарських приміщень, які, власне, слугували укріпленнями. Ці споруди (називають їх притулами) трохи нижчі від самої хати, а дахи притул мають нахил назовні. У тому місці, де притули з’єднані з житловим будинком, дахи зливаються з вищим від них дахом хати в одне ціле. Спереду обидві шеренги будівель-укріплень з’єднуються палісадом з колод, його покриває стрімкий двосхилий дашок.

На сьогоднішній день такі будівлі можна зустріти в деяких гуцульських селах, а також у музеях просто неба: у Києві, Львові, Ужгороді.

Висновок.

Сьогодні, коли ми намагаємося повернути родинність у життєвий простір приватного будинку, на згадку приходить вислів В. Черчиллем у 1943 р.: «Ми формуємо наші будівлі, а потім вони формують нас», що підкреслює, як наше фізичне середовище диктує нашу поведінку, самопочуття та взаємодію. Оскільки ми проводимо переважну більшість часу в приміщенні, наша архітектура сильно впливає на наш настрій, когнітивні функції та щоденні звички.

Житло з внутрішнім двором (дім-патіо) – це стійка форма житла, яка існує вже тисячі років у різних географічних регіонах. Воно особливо чутливе до розвитку сучасного садибного житла. Тому існує гостра потреба підвищити обізнаність замовників про незвичайний потенціал експериментального будинку, де архітектурне рішення встановлює взаємозв'язок між культурою та архітектурою, пропонуючи розуміння того, як культурна спадщина може і повинна впливати на сучасну архітектурну практику, надаючи корисні знання для майбутніх досліджень адаптивності традиційного дизайну до сучасних викликів.

Список використаних джерел

1. Rapaport, A. *The nature of the courtyard house: A conceptual analysis*. Traditional Dwellings and Settlements Review, 2007. XVIII, 57–71.

2. Hanson, J. *Decoding Homes and Houses*. Cambridge University Press: Cambridge, UK, 1998. ISBN 0-521-57284-3.

3. Semper, G. *Vorläufge Bemerkungen über bemalte Architektur und Plastik bei den Alten, Altona*, 1834. S. 217.

4. Waziry, H. *The paradise theory in the Islamic architecture*. Alam Albenaa, 1986.

5. Gharipour, M. *Gardens of Renaissance Europe and the Islamic Empires*, 2017. 272 p. ISBN: 978-0-271-07779-6.

Секція 10

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ТА ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗВИТОК АГРАРНОГО СЕКТОРА ЕКОНОМІКИ

УДК 346(477):340.134

СКАСУВАННЯ ГОСПОДАРСЬКОГО КОДЕКСУ УКРАЇНИ: РИЗИКИ ТА НАСЛІДКИ

Антощенкова В.В. д.е.н., проф.,

Факультет економічних відносин та фінансів
Державний біотехнологічний університет

У роботі проаналізовано Глобальний індекс продовольчої безпеки. Встановлено, що продовольча безпека є однією з головних цілей аграрної та економічної політики держави.

Питання скасування Господарського кодексу України (ГКУ) є одним із дискусійних у процесі реформування економічного законодавства та гармонізації його з європейськими стандартами. Обговорення зумовлене необхідністю усунення колізій між Господарським та Цивільним кодексами, а також адаптації правової системи до сучасних ринкових умов. Після проголошення незалежності у 1991 році Україна перейшла від планової до ринкової економіки. Правове регулювання господарських відносин залишалося фрагментарним і значною мірою базувалося на радянських актах, зокрема на Законі СРСР «Про державне підприємство» та інших нормативних документах. У 1990-х роках виникла потреба систематизувати господарське законодавство, визначити правові засади діяльності підприємств різних форм власності, закріпити механізми державного регулювання економіки, забезпечити правову основу для функціонування суб'єктів господарювання. Ідея кодифікації господарського законодавства формувалася в межах концепції господарського права як окремої галузі, що поєднує приватно-правові та публічно-правові елементи регулювання економічних відносин.

16 січня 2003 року Верховна Рада України прийняла Цивільний кодекс України та Господарський кодекс України. Обидва кодекси набрали чинності 1 січня 2004 року. Прийняття двох кодексів стало компромісом між двома науковими концепціями: цивілістичною, яка відстоювала єдине приватноправове регулювання майнових відносин та господарсько-правовою, що обґрунтовувала необхідність спеціального регулювання господарської діяльності. У результаті було створено модель «подвійної кодифікації», яка з самого початку викликала дискусії. Причини виникнення дискусії щодо доцільності Господарського кодексу пов'язані з дублювання норм із Цивільним кодексом. Обидва кодекси регулюють майнові та договірні відносини, що призвело до колізій у правозастосуванні (наприклад, щодо договорів, відповідальності, суб'єктів господарювання). Цивільний кодекс базується на принципах приватної автономії та свободи договору, тоді як Господарський кодекс містить норми публічно-правового впливу держави на економіку.

У правових системах більшості країн ЄС відсутні окремі господарські кодекси. Господарські відносини регулюються цивільним та спеціальним законодавством. Це актуалізувало питання гармонізації українського

законодавства. Господарський кодекс містить положення, які відображають змішану модель економіки з вагомою роллю державного сектору. В умовах розвитку ринкових механізмів частина норм вважається застарілою.

Прихильники скасування вважають ГКУ рудиментом перехідного періоду. Прихильники збереження наголошують на необхідності спеціального регулювання господарської діяльності, особливо у сфері публічних інтересів. Дискусія активізувалася в контексті реформування корпоративного законодавства, дерегуляції та євроінтеграційних процесів. Питання полягає не лише у формальному скасуванні кодексу, а й у перерозподілі норм між Цивільним кодексом та спеціальними законами, збереженні або трансформації інститутів господарського права та забезпеченні правової визначеності для бізнесу. Аргументи «за» і «проти» скасування ГКУкраїни подано в табл.1 [1;2].

Таблиця 1. Аргументи «за» і «проти» скасування Господарського кодексу України

Аргументи «за» скасування	Аргументи «проти» скасування
Усунення дублювання норм між Цивільним і Господарським кодексами	Господарський кодекс враховує специфіку господарської діяльності
Гармонізація законодавства з правом ЄС	Ризик правового вакууму у сфері господарських відносин
Спрощення нормативно-правової бази	Втрата системного регулювання державного сектору економіки
Усунення колізій у правозастосуванні	Необхідність комплексного перегляду великої кількості спеціальних законів
Підвищення інвестиційної привабливості через прозорість правового поля	Можливе зниження рівня правової визначеності для бізнесу
Перехід до приватноправової моделі регулювання економіки	Господарське право має власний предмет і метод правового регулювання

Господарський кодекс України був прийнятий як інструмент систематизації господарських відносин у перехідний період становлення ринкової економіки. Проте подвійна кодифікація з Цивільним кодексом спричинила тривалу наукову та практичну дискусію щодо доцільності його існування. Сучасне обговорення пов’язане з потребою гармонізації законодавства, усунення колізій і формування ефективної моделі правового регулювання економіки. З огляду на євроінтеграційний курс України та потребу усунення колізій у правозастосуванні, стратегічно більш доцільною видається поетапна трансформація та інтеграція положень Господарського кодексу до системи цивільного та спеціального законодавства, а не його одномоментне скасування. Реформа має бути системною, поступовою та орієнтованою на забезпечення правової визначеності, стабільності економічних відносин і відповідності acquis ЄС.

Етап 1 – ревізія норм ГКУ (вилучення дублюючих положень; інтеграція приватноправових норм до ЦКУ; оновлення інститутів корпоративного та конкурентного права).

Етап 2 – інкорпорація спеціальних інститутів (державний сектор, управління об’єктами держвласності у спеціальні закони; публічно-правові механізми у сферу адміністративного та фінансового права).

Етап 3 — прийняття рішення (або повна інтеграція в єдину систему приватного права або трансформація ГКУ в спеціалізований Торговий кодекс (за моделлю Німеччини/Франції). Порівняльний аналіз регулювання господарських (комерційних) відносин в Україні та країнах ЄС представлено в табл.2.

Таблиця 2. Порівняльний аналіз регулювання господарських (комерційних) відносин в Україні та країнах ЄС

Країна	Характеристика
Німеччина	Діє Цивільний кодекс (BGB) та Торговий кодекс (HGB); HGB регулює статус комерсантів, торгові книги, окремі договори; Відсутній аналог українського господарського кодексу з елементами державного регулювання; Публічно-правові аспекти (конкуренція, державна допомога, корпоративне управління) врегульовані окремими законами. *Особливість: торгове право є частиною приватного права.*
Франція	Існує Code de commerce (Торговий кодекс); Регулює комерційні підприємства, компанії, банкрутство; Чітке розмежування між приватноправовими та публічно-правовими нормами; Господарське право не розглядається як окрема комплексна галузь.
Польща	Немає окремого господарського кодексу; Основу становить Цивільний кодекс Польщі; Підприємницька діяльність регулюється спеціальними законами (наприклад, Кодекс комерційних товариств). *Підхід: дерегуляція та спрощення правового середовища для бізнесу.*
Чехія	У 2014 році проведено реформу приватного права; Прийнято новий Цивільний кодекс; Господарський кодекс було скасовано; Підприємницька діяльність регулюється в межах цивільного права та спеціальних актів.

Українська модель з окремим Господарським кодексом є менш типовою для ЄС. У більшості країн Європейського Союзу господарські (комерційні) відносини регулюються в межах цивільного права та спеціального корпоративного законодавства. Європейська практика демонструє тенденцію до уніфікації приватного права та мінімізації кодифікаційного дублювання. Разом із тим окремі країни (Німеччина, Франція) мають торгові кодекси, але вони не виконують функції комплексного регулювання економіки, як український ГКУ.

Висновок.

Скасування Господарського кодексу України має як потенційні переваги, пов’язані з дерегуляцією та європейською інтеграцією, так і ризики, що стосуються стабільності правового регулювання господарської діяльності, особливо в умовах воєнного стану. Остаточне рішення потребує системного реформування економічного законодавства з урахуванням національних особливостей та міжнародного досвіду.

Список використаних джерел

1. Проект Закону про особливості регулювання підприємницької діяльності окремих видів юридичних осіб та їх об’єднань у перехідний період. Верховна Рада України. URL: https://itd.rada.gov.ua/billinfo/Bills/Card/27618

2. Юридичний інтернет ресурс ПротоколUA. «Це економічна диверсія» – судді, адвокати і науковці проти скасування ГК. URL: https://protocol.ua/ua/tse_ekonomichna_diversiya_suddi_advokati_i_naukovtsi_proti_skasuvannya_gospodarskogo_kodeksu/

УДК 338.43:338.124

ЕКОНОМІЧНА СТІЙКІСТЬ АГРАРНОГО БІЗНЕСУ В УМОВАХ ВІЙНИ

Бондар О. В., здобувач рівня вищої освіти перший (бакалаврський),

(Державний біотехнологічний університет)

У роботі проаналізовано економічну стійкість аграрного бізнесу в умовах війни, як економічна здатність аграрних підприємств забезпечувати безперервність виробництва, фінансову стабільність і конкурентоспроможність в умовах воєнних ризиків, невизначеності та зовнішніх шоків, зберігаючи потенціал для відновлення та подальшого розвитку.

Економічна стійкість аграрного бізнесу в умовах війни є критичною складовою національної безпеки України, забезпечуючи продовольчу незалежність країни. Аналіз досліджень показує, що повномасштабна російська агресія спричинила серйозні пошкодження аграрного сектору, включаючи окупацію території, мінування полів, знищення інфраструктури, порушення логістичних маршрутів. Незважаючи на ці виклики, українські аграрні підприємства демонструють високий рівень адаптивності та здатності до відновлення, в умовах втрати наявних внутрішніх механізмів економічної стійкості. Одним із ключових показників впливу війни на аграрний бізнес є зниження ефективності функціонування підприємств. Дослідження встановило, що протягом першого року війни сукупний показник ефективності діяльності сільськогосподарських підприємств знизився на 25,3% – з 18,31 до 13,67.

Найбільше суттєво постраждали саме показники ефективності, які скоротилися більше ніж удвічі (з 11,49 до 5,13). Проте навіть у військових умовах абсолютне значення цього показника у 2022 році перевищувало рівні 2017, 2018 та 2020 років. Фінансова безпека аграрних підприємств у воєнний період є особливо вразливою через зростання витрат на безпеку, відновлення інфраструктури та логістики, а також через нестачу оборотних коштів. Економічна стійкість аграрного бізнесу в умовах війни – це здатність підприємств не лише виживати під тиском воєнних загроз, а й адаптувати свої фінансові, операційні та логістичні процеси до нових реалій [1, с.513].

На відміну від інших галузей, сільськогосподарські підприємства часто не можуть бути повністю переміщені до безпечних регіонів через прив’язку до земельних ділянок, що посилює їхню залежність від місцевих умов та ризиків. У цьому контексті стратегії адаптації набувають вирішального значення. Дослідження пропозиції концепції адаптивно-стабілізаційної стратегії управління, спрямованої на збереження функціональної життєздатності підприємств та закладання основ для повоєнного відновлення. Ця стратегія передбачає гнучке реагування на зміни в безпеці, інфраструктурі, фінансах та кадровому забезпеченні. Диверсифікація виступає як один із найефективніших інструментів підвищення економічної стійкості. Це стосується як диверсифікації ринків збуту, так і джерел постачання ресурсів, а також, розвиток нових логістичних маршрутів. Крім того, диверсифікація технологій виробництва,

включаючи впровадження чистих технологій, розглядається як основа для відновлення агробізнесу та забезпечення економічної безпеки. Такий підхід лише зменшує залежність від окремих ринків або постачальників, але завершує загальну конкурентоспроможність підприємств. Економічна стійкість аграрного бізнесу є критично важливою для забезпечення продовольчої безпеки країни під час військових конфліктів. Це вимагає адаптації стратегій управління, інвестицій та технологічних інновацій. Війна докорінно змінила правила гри, створивши низку критичних проблем. Основні виклики стійкості аграрного бізнесу представлені в табл.1.

Таблиця 1. Основні виклики стійкості аграрного бізнесу

Види	Характеристика
Логістичний колапс	Блокада морських портів змусила бізнес шукати дорожчі та складніші наземні шляхи через західні кордони.
Втрата активів	Окупація територій, замінування полів та пряме руйнування інфраструктури (елеваторів, техніки).
Зростання витрат	Стрімке здорожчання пального, добрив та електроенергії на тлі високої інфляції (яка сягала 26,6% у 2022 році).
Дефіцит кадрів	Мобілізація працівників та міграція населення створюють брак кваліфікованої сили.

Державна підтримка є невід'ємною складовою економічної стійкості аграрного сектору в умовах війни. Дослідження підкреслюють важливість фінансових механізмів, таких як субсидії, гарантовані закупівлі та кредитні програми, для підтримки стійкості та рентабельності підприємств. Фінансування аграрних підприємств у воєнний період є гарантією сталого розвитку державної економіки, завдяки чому вони забезпечують економічну стабільність як в короткостроковій так і довгостроковій перспективі. Однак ефективність державної підтримки залежить від її цільового характеру та здатності швидко реагувати на змінні умови [2]. Малий агробізнес, зокрема фермерські господарства, також відіграють важливу роль у забезпеченні продовольчої безпеки та соціально-економічної стабільності. Висока адаптивність малих форм господарювання дозволяє їм швидко реагувати на зміни ринкових умов та потреб населення. Це підтверджується тим, що саме фермери забезпечували населення продуктами харчування на початку повномасштабної війни, коли великі аграрні холдинги зіткнулися зі значними труднощами. У майбутньому економічна стійкість аграрного бізнесу буде залежати від здатності інтегруватися в міжнародні продовольчі ланцюги з доданою вартістю, а також від успішності відновлення інфраструктури та виробничих потужностей. Особлива увага має приділятися територіям з особливим режимом управління, які найбільше постраждали від бойових дій. На стратегічне управління розвитком потенціалу аграрних підприємств впливають, як безпекові виклики, так і структурні зміни в економіці України. На завершення слід зазначити, що економічна стійкість аграрного бізнесу в умовах війни це багатофакторний процес, який залежить від взаємодії внутрішніх (адаптивність, диверсифікація, управління) та зовнішніх (державна підтримка, міжнародна допомога, ринкові умови) чинників. Успішна

реалізація адаптивно-стабілізаційних стратегій, поєднаних з ефективною державною політикою, є запорукою не лише виживання, але й подальшого розвитку українського аграрного сектору як одного з ключових двигунів національної економіки [3, с.8]. Агропідприємства застосовують декілька ключових підходів для збереження стабільності (табл.2).

Таблиця 2. Ключові підходи для збереження стабільності аграрного бізнесу в умовах війни

Фактори	Характеристика
Точне планування та цифровізація	Використання IT-рішень для оптимізації витрат пального та добрив, що дозволяє підтримувати рентабельність навіть за обмежених ресурсів.
Диверсифікація та переробка	Перехід від експорту сировини до виробництва продукції з доданою вартістю. Для цього держава надає гранти на переробку через портал Дія.
Кліматично орієнтоване землеробство	Впровадження технологій, що враховують екологічні зміни та руйнування інфраструктури (наприклад, після катастрофи на Каховській ГЕС).

Подолати тривалу кризу і зайняти гідне місце в аграрній сфері в умовах глобалізації, можливо тільки при переході до інноваційної моделі господарювання, на основі всебічної диверсифікації видів діяльності аграрних організацій. Збереження сталого розвитку суб'єктів господарювання аграрного сектора економіки в процесі їх трансформації в інноваційну модель є однією з умов продовольчого забезпечення. Дії держави щодо створення економічних умов сталого зростання сільськогосподарського виробництва повинні опиратися на знанні та обліку об'єктивно існуючих ринкових механізмів і розробленої на їх основі нормативних регламентів. При цьому головною метою розвитку аграрних підприємств є створення умов для розширеного відтворення, збереження-процесу їх розвитку як такого в довгостроковій перспективі.

Висновок.

Отже, економічна стійкість аграрного бізнесу в умовах війни є комплексним завданням, що вимагає інтеграції фінансових, виробничих і соціальних стратегій. Зусилля, спрямовані на підвищення стійкості, можуть не тільки допомогти підприємствам вижити, але й стати основою розвитку в майбутньому.

Список використаних джерел

1. Антощенкова В.В., Кравченко Ю.М. Соціальна відповідальність держави у сфері забезпечення соціальних гарантій в Україні в умовах воєнного стану. Науково-виробничий журнал «Бізнес-навігатор» Випуск 3 (80) 2025. С.511-516. DOI: https://doi.org/10.32782/business-navigator.80-86

2. Антощенкова В., Дейнега М.. Корпоративна соціальна відповідальність в умовах воєнного стану. Економіка та суспільство, 2026, (83). https://doi.org/10.32782/2524-0072/2026-83-33

3. Antoshchenkova V. International investment and innovation attractiveness of Ukraine and its position in world rankings. Vol. 1 No. 1 (2026): Global Scientific Trends: Economics and Public Administration. 5-22. DOI:

10.5281/zenodo.18504472 https://gst-journal.net.ua/index.php/gst/article/view/70/68

УДК 658.5:658.14

СОБІВАРТІСТЬ ПРОДУКЦІЇ ПІДПРИЄМСТВА ТА ЇЇ ВПЛИВ НА РЕЗУЛЬТАТИ ГОСПОДАРСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ

Гармаш Д.О., здобувач рівня вищої освіти другий (магістерський)

(Державний біотехнологічний університет)

Метою дослідження є теоретичне обґрунтування сутності та структури собівартості продукції, аналіз факторів її формування та оцінка впливу рівня витрат на фінансові результати.

Собівартість продукції є однією з ключових економічних категорій, що характеризує ефективність діяльності підприємства та рівень використання його ресурсів. Вона відображає сукупні витрати підприємства на виробництво і реалізацію продукції. Собівартість включає витрати на сировину, матеріали, оплату праці, амортизацію основних засобів, енергію та інші виробничі й управлінські витрати [1, с. 25]. Залежно від обсягу виробництва розрізняють постійні та змінні витрати, що впливають на формування собівартості. Рівень собівартості безпосередньо впливає на фінансові результати підприємства. Зниження собівартості за незмінних цін сприяє зростанню прибутку, підвищенню рентабельності та конкурентоспроможності продукції на ринку. Водночас її зростання може призводити до зменшення прибутковості та втрати ринкових позицій. Основними факторами впливу на собівартість є: рівень технології виробництва, ефективність використання ресурсів, організація праці, ціни на сировину та енергоносії, а також масштаби виробництва [2, с.48]. Основні складові собівартості продукції підприємства представлені в табл.1.

Таблиця 1. Основні складові собівартості продукції підприємства

Складові	Сутність
Матеріальні витрати	Витрати на сировину, основні та допоміжні матеріали, паливо, енергію, які використовуються у виробництві продукції
Витрати на оплату праці	Заробітна плата працівників підприємства, включаючи основну і додаткову оплату праці
Відрахування на соціальні заходи	Обов'язкові нарахування на заробітну плату (ЄСВ та інші соціальні внески)
Амортизація	Витрати на відшкодування зносу основних засобів і нематеріальних активів
Інші операційні витрати	Витрати на обслуговування виробництва, управління, оренду, ремонт, страхування тощо
Постійні витрати	Витрати, що не залежать від обсягу виробництва (адміністративні витрати, оренда тощо)
Змінні витрати	Витрати, що змінюються залежно від обсягу виробництва (матеріали, енергія, відрядна оплата праці)

У сучасних умовах важливим завданням підприємств є оптимізація витрат, впровадження ресурсозберігаючих технологій та підвищення продуктивності праці, що дозволяє зменшити собівартість продукції. Додатково слід зазначити, що управління собівартістю продукції є одним із ключових напрямів

економічної політики підприємства. Ефективне управління витратами передбачає систематичний аналіз їх структури, виявлення резервів зниження та впровадження сучасних методів обліку і контролю. Орієнтовна структура собівартості виробництва зернових культур у 2025 році представлена в табл.2

Таблиця 2. Орієнтовна структура собівартості виробництва зернових культур у 2025 році

Стаття витрат	Орієнтовна частка у структурі собівартості, %	Характеристика витрат
Насіння	10–12	Закупівля сертифікованого насіннєвого матеріалу
Мінеральні добрива	20–25	Азотні, фосфорні, калійні добрива
Засоби захисту рослин (ЗЗР)	8–12	Гербіциди, фунгіциди, інсектициди
Паливно-мастильні матеріали	12–15	Дизельне пальне, мастила
Оплата праці та ЄСВ	8–10	Заробітна плата працівників
Амортизація техніки та обладнання	8–12	Зношення машинно-тракторного парку
Ремонт і технічне обслуговування	5–8	Запасні частини, сервіс
Логістика та зберігання	8–12	Транспорт, елеваторні послуги
Інші витрати (адміністративні, страхування тощо)	5–7	Управлінські та супутні витрати

Матеріальні витрати (насіння, добрива, ЗЗР, ПММ) формують приблизно 50-60% загальної собівартості [3]. Частка логістичних витрат у 2025 році залишається підвищеною через альтернативні маршрути експорту. Зростання цін на добрива та пальне суттєво впливає на структуру витрат. Зростання витрат при нестабільних цінах реалізації призвело до зниження рентабельності окремих видів продукції, особливо зернових культур із низькою маржинальністю. Підприємства з високою часткою позикового капіталу зазнають більшого фінансового навантаження через підвищення витрат та кредитних ставок. Зниження прибутковості обмежує можливості модернізації та впровадження інновацій. Підприємства переорієнтовуються на більш маржинальні культури або скорочують посівні площі ризикових напрямів. Собівартість аграрної продукції формується за такими основними елементами: матеріальні витрати (насіння, добрива, засоби захисту рослин, корми); паливно-енергетичні ресурси; оплата праці та соціальні відрахування; амортизація основних засобів; витрати на логістику та зберігання; адміністративні та інші операційні витрати. У 2025 році найбільшу частку у структурі витрат продовжують становити матеріальні ресурси та паливно-енергетичні витрати [4].

Важливу роль у формуванні собівартості відіграє інноваційна діяльність підприємства. Впровадження новітніх технологій, автоматизація виробничих процесів і цифровізація управління сприяють зниженню витрат на виробництво та підвищенню якості продукції [5, с. 293]. Це, у свою чергу, дозволяє підприємствам зміцнювати свої конкурентні позиції як на внутрішньому, так і на

зовнішньому ринках. Крім того, значний вплив на собівартість має ефективність використання трудових ресурсів. Підвищення кваліфікації працівників, мотивація персоналу та вдосконалення організації праці сприяють зростанню продуктивності, що дозволяє зменшити витрати на одиницю продукції. У сучасних умовах особливого значення набуває також гнучкість управління персоналом і здатність швидко адаптуватися до змін у зовнішньому середовищі.

Не менш важливим фактором є оптимізація матеріально-технічного забезпечення підприємства. Раціональне використання сировини, зменшення втрат у процесі виробництва, ефективна логістика та вибір надійних постачальників дозволяють суттєво скоротити матеріальні витрати. У цьому контексті важливою є також диверсифікація джерел постачання для зниження ризиків та забезпечення стабільності виробництва. У сучасній економіці підприємства повинні також враховувати екологічні аспекти своєї діяльності. Впровадження екологічно чистих технологій та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище можуть потребувати додаткових витрат у короткостроковій перспективі, проте в довгостроковому періоді сприяють зниженню витрат за рахунок економії ресурсів і покращення іміджу підприємства. Управління собівартістю продукції є комплексним процесом, що охоплює всі аспекти діяльності підприємства. Його ефективність визначає не лише рівень витрат, але й загальну конкурентоспроможність та стійкість підприємства в умовах динамічного ринкового середовища.

Висновок.

Собівартість продукції є важливим показником ефективності господарської діяльності підприємства. Її оптимізація забезпечує підвищення прибутковості, конкурентоспроможності та стійкого розвитку в умовах ринкової економіки. Собівартість продукції аграрних підприємств є одним із визначальних чинників формування фінансових результатів господарської діяльності. Зростання виробничих витрат в умовах воєнних ризиків та ринкової нестабільності знижує рівень прибутковості, впливає на структуру виробництва та інвестиційні можливості підприємств. Підвищення ефективності управління витратами та впровадження інноваційних технологій є ключовими умовами забезпечення економічної стійкості аграрного сектору України.

Список використаних джерел

1. Підприємницька діяльність та економіка підприємства: навчальний посібник / за ред. О. І. Пушкаря. Київ: Центр учбової літератури, 2021. 320 с.
2. Коваленко І. М. Собівартість продукції та методи її зниження в умовах ринку. *Економіка України*. 2022. №5. С. 45-52.
3. Антощенкова В.В., Кравченко О.М. Економічна ефективність виробництва та реалізації молока в Україні. *Актуальні проблеми інноваційної економіки.* Харків: ХНТУСГ №3, 2016. С. 39-44.
4. Офіційний сайт Державної служби статистики України. Режим доступу: https://www.ukrstat.gov.ua
5. Антощенкова В. Основні елементи ресурсного потенціалу

сільськогосподарського підприємства як основа економічної та продовольчої безпеки. *Економічний аналіз.* 2020. Том 30. № 3. С. 291-298.

УДК 338.43:355.01

КЛЮЧОВІ ВИКЛИКИ ДЛЯ АГРОПРОМИСЛОВОГО СЕКТОРУ В УМОВАХ ВОЄННОГО СТАНУ

Глянь Т.І. здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії

(Державний біотехнологічний університет)

У роботі представлено ключові виклики для агропромислового сектору в умовах воєнного стану. Встановлено, що війна створила системні виклики для агробізнесу України, проте галузь демонструє високий рівень адаптивності.

Агропромисловий сектор (АПК) є стратегічною галуззю економіки України, що забезпечує продовольчу безпеку держави та значну частку валютних надходжень. В умовах воєнного стану галузь функціонує під впливом системних ризиків і структурних обмежень. В 2024 році валовий обсяг продукції на ринку сільського господарства досягнув 3,9 трильйона доларів, річні темпи зростання сягають 5,66%. Також, за прогнозами, вже до 2028 року обсяги виробництва подолають позначку в 4,86 трильйона доларів. Швидкі темпи зростання сфери сільського господарства та агропромисловості зокрема пов'язані в першу чергу зі зростанням чисельності населення, яка вже перетнула позначку у вісім мільярдів осіб [1]. В табл. 1 проаналізовано ключові виклики для агропромислового сектору в умовах воєнного стану.

Таблиця 1. Ключові виклики для агропромислового сектору в умовах воєнного стану

Виклики	Характеристики
Втрата та пошкодження виробничого потенціалу	Тимчасова окупація сільськогосподарських земель; мінування та забруднення територій вибухонебезпечними предметами; руйнування елеваторів, складів, переробних підприємств; знищення техніки та інфраструктури зберігання.
Логістичні обмеження	Блокування або обмеження роботи морських портів; перевантаження залізничної та автомобільної інфраструктури; зростання витрат на транспортування; ускладнення експортних процедур.
Дефіцит трудових ресурсів	Мобілізація працівників; міграція населення; нестача кваліфікованих кадрів у сільській місцевості.
Фінансові труднощі	Обмежений доступ до кредитування; зростання відсоткових ставок та валютних ризиків; порушення грошових потоків через нестабільний експорт; підвищення вартості ресурсів.
Зниження інвестиційної активності	Підвищені воєнні ризики для інвесторів; відтермінування інноваційних проєктів; скорочення капітальних вкладень у модернізацію.
Енергетичні ризики	Пошкодження енергетичної інфраструктури; перебої з електропостачанням; зростання вартості енергоресурсів.
Екологічні наслідки війни	Деградація ґрунтів через бойові дії; забруднення земель та водних ресурсів; порушення агроекосистем.
Інституційні та регуляторні виклики	Адаптація до вимог ЄС у процесі євроінтеграції; потреба в реформуванні земельних відносин; необхідність гармонізації стандартів якості та безпеки продукції.

Зміна клімату на сьогодні, ледь не головні виклики для агропромислового бізнесу. Вчені стверджують, що серйозні кліматичні зміни у світі почали спостерігатися ще у 1975 році, а надалі посилювалися. За найоптимістичнішим сценарієм, до 2040 року середня річна температура на планеті зросте на 1,5-3 градусів. Однак зміни можуть виявитися більш глобальними. А це своєю чергою може призвести до істотного перерозподілу опадів [2, с.495]. Серед додаткових негативних наслідків – посухи, повені, інші кліматичні аномалії, які знижують продуктивність сільського господарства, а зрештою – здатні істотно збільшити вартість сільськогосподарських продуктів і створити додаткові проблеми продовольчої безпеки в багатьох регіонах світу. І це насправді лише вершина айсберга. В майбутньому негативні наслідки будуть зростати. Також, до ключових викликів агропромисловості варто віднести зростання різноманітних шкідників та хвороб, які можуть призвести до значних втрат врожаю та великих економічних збитків. Наразі існує достатньо різноманітних пестицидів, які допомагають захистити сільськогосподарські рослини та поліпшити врожайність. Але використання великої кількості таких засобів також має негативні наслідки, адже може зашкодити навколишньому середовищу та здоров'ю людей, які працюють у сільськогосподарській сфері. Також пестициди можуть погіршити якість продукції та зробити її небезпечною для споживання.

Варто зауважити, що обсяги сільськогосподарського виробництва щороку зростають великими темпами. При цьому сільське господарство використовує велику кількість невідновлюваних ресурсів, таких як земля, вода, деякі види добрив. Всі вони є обмеженими, а тому їх нераціональне використання може зрештою призвести до екологічних проблем та суттєвого зниження продуктивності промисловості. Надмірне використання води для зрошення, надлишкове внесення добрив та інші неефективні практики можуть спричинити забруднення ґрунтових вод, деградацію ґрунтів та втрату біорізноманіття. Крім того, це може негативно позначитися на економічній стійкості сільськогосподарських підприємств через зростання витрат на ресурси.

Сільське господарство – це одна з тих сфер національної економіки, які дуже сильно залежать від сезонності та погодних умов. Тому всі логістичні процеси повинні відбуватися вчасно. Будь-які порушення логістичних ланцюжків постачання та графіку виконання робіт можуть призвести до серйозних негативних наслідків. Своєчасна доставка насіння, добрив, обладнання та інших ресурсів до фермерських господарств, а також транспортування сільгосппродукції до переробних підприємств і ринків збуту є критично важливою. Затримки, неефективна маршрутизація та інші логістичні проблеми можуть призвести до значних втрат врожаю, погіршення якості продукції та економічних збитків. Крім того, неналежна логістика може спричинити псування швидкопсувних продуктів, що також веде до втрат. У сільському господарстві складно будувати прогнози через численну кількість об'єктивних чинників. А логістичні труднощі для агропромислового бізнесу фактично роблять прогнозування неможливим.

Для багатьох країн агропромисловість – це не лише можливість

забезпечувати власне населення та бізнес необхідною продукцією, але й важлива складова експорту та посилення економіки. Тому доступ до ринків збуту та прозорість ціноутворення є ще одним важливим викликом для агропромислового сектору. Малі та середні фермерські господарства часто стикаються з труднощами у пошуку надійних каналів збуту своєї продукції та встановлюють нижчі ціни через відсутність прямого доступу до роздрібних мереж та експортних ринків. Залежність від посередників може призводити до маніпуляцій цінами та низької прибутковості для виробників. Крім того, брак прозорості та надійної інформації про ринкову кон'юнктуру ускладнює прийняття обґрунтованих рішень щодо виробництва та збуту продукції.

Агропромисловість з року в рік стає все більш цифровізованою та залежною від різноманітних технологій. З одного боку, це перевага. Але з іншого – додаткові виклики для агропромислового комплексу, адже збільшуються ризики кібератак та порушень безпеки даних, яким потрібно ефективно протистояти [3]. Сільськогосподарські підприємства збирають та обробляють величезні обсяги конфіденційних даних, таких як фінансова інформація, дані про врожаї, технології вирощування та особисті дані клієнтів. Витік або крадіжка цих даних може завдати серйозної шкоди репутації компанії, призвести до фінансових втрат та порушити конфіденційність. Крім того, кібератаки на системи моніторингу та контролю можуть перервати критично важливі операції та спричинити збої у виробничих процесах.

Висновок. Війна в Україні наочно продемонструвала, що фізична загроза для працівників сільськогосподарської сфери є абсолютно реальною. Особливо в прифронтових регіонах, а також у місцевості, яка тимчасово перебувала під окупацією. Але навіть у мирний час певні ризики для життя та здоров’я існують, і про це варто пам’ятати. Воєнний стан створює комплексну систему викликів для агропромислового сектору України, що охоплює виробничі, логістичні, фінансові, кадрові та екологічні аспекти. Разом із тим галузь демонструє адаптивність завдяки диверсифікації експортних маршрутів, цифровізації агробізнесу, міжнародній підтримці та розвитку механізмів державного стимулювання. Подолання зазначених викликів потребує державної підтримки та програм відновлення, залучення міжнародних інвестицій, впровадження інноваційних і ресурсозберігаючих технологій, інтеграції до європейського аграрного простору.

Список використаних джерел.

1. STATISTA. Agriculture – Worldwide. URL: https://www.statista.com/outlook/io/agriculture/worldwide?srsltid=AfmBOorHDTH30l727hp7ZWimLr6fp6eA7Ss9rQ6uY-x7UeI46Lh7ULQn#production
2. Кучер А., Кучер Л., Антощенкова В.. Рефлексивний підхід у бізнесі, управлінні, економіці та маркетингу: інформаційне забезпечення ефективності бізнес-процесів. *Herald of Khmelnytskyi National University. Economic Sciences*, 2024, 330(3), 492-498. URL: https://doi.org/10.31891/2307-5740-2024-330-78
3. IT & Digital рішення. Розробляємо IT-екосистеми та допомагаємо

трансформувати B2B, B2C, D2C бізнес. URL: https://wezom.com.ua/ua/blog/klyuchovi-vikliki-dlya-agropromislovosti-na-2024-rik

УДК: 338.43(477):330.34

АНАЛІЗ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ

Коняєв Є.В., здобувач рівня вищої освіти другий (магістерський)

(Державний біотехнологічний університет)

У роботі обґрунтовано сутність та ключові напрямки розвитку сільськогосподарської галузі України як системи взаємопов'язаних економічних, організаційних і технологічних процесів, що забезпечують продовольчу безпеку держави, формують значну частку експортного потенціалу та виступають важливим чинником макроекономічної стабільності.

Сільське господарство традиційно є однією з базових галузей економіки України. Завдяки сприятливим природно-кліматичним умовам, родючим ґрунтам (зокрема чорноземам, які займають близько 60% території країни), а також значному земельному фонду, Україна входить до числа провідних аграрних держав світу. Загальна площа сільськогосподарських угідь становить приблизно 41-42 млн га, з яких понад 32 млн га – рілля.

Аграрний сектор формує близько 10–12% валового внутрішнього продукту України (у довоєнний період), а частка агропродукції в експорті часто перевищувала 40-50%. Основними експортними культурами є пшениця, кукурудза, ячмінь, соняшникова олія. Україна тривалий час займала провідні позиції у світі за експортом соняшникової олії (понад 30% світового ринку) та входила до топ-5 експортерів зернових культур [1].

Повномасштабна війна суттєво вплинула на потенціал аграрного сектора України, з огляду на це його відновлення потребуватиме тривалого часу. Попри втрати, виробники сільськогосподарської продукції продовжують працювати в складних умовах, забезпечуючи стійкість цього стратегічного сектора національної економіки та продовольчу безпеку країни, постачають продукцію на зовнішні ринки. У 2025 р. обсяг виробництва агропродукції в Україні знизився на 6,8 % порівняно з 2024 р. Зокрема, виробництво в галузі рослинництва зменшилося на 7,5 %, тваринництва – на 4,1 %. У рослинництві скорочення обсягів виробництва зумовлено насамперед несприятливими погодними умовами. Оскільки зернові та олійні культури довелося збирати пізніше порівняно з 2024 р., це негативно вплинуло на динаміку в річному вимірі.

За підсумками року, кризових явищ у тваринництві не вдалося подолати – поголів'я великої рогатої худоби продовжує скорочуватися, особливо в господарствах населення. Як наслідок, в Україні спостерігається скорочення виробництва молока, проте одночасно воно стало перспективним напрямом розвитку бізнесу для сільгосппідприємств. Спостерігається зміщення таких підприємств зі східних і північно-східних областей країни до центральних та західних. Домінування рослинництва пояснюється його вищою рентабельністю,

меншою залежністю від складної інфраструктури та швидшою окупністю інвестицій. Найбільшу частку у рослинництві займають зернові та технічні культури.

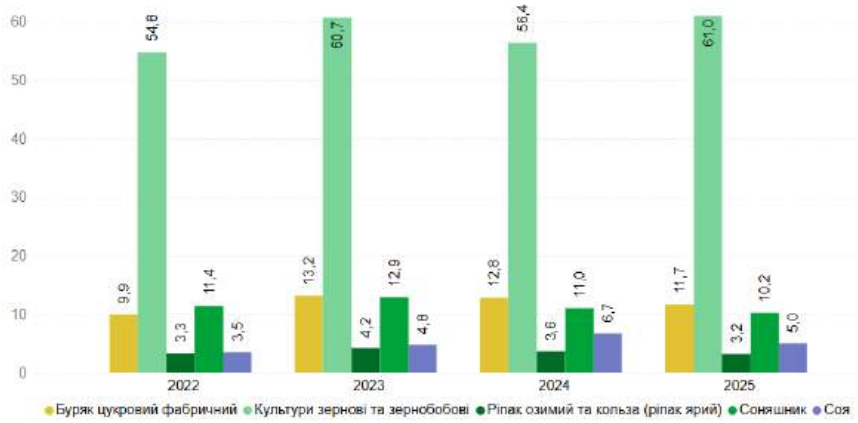


Рис. 1 Обсяги виробництва (валові збори) основних сільськогосподарських культур за 2022-2025 роки

Згідно з попередніми даними валовий збір зернових та зернобобових культур в Україні у 2025 р. становив 60,79 млн т, що на 7,7 % перевищує показник 2024 р. Цей обсяг було зібрано практично з 11,57 млн га (+4 %) за врожайності 52,5 ц/га (+3,6 %) [2]. Зокрема, минулорічний урожай пшениці становив 23,27 млн т (+3,3 % – до показника 2024 р.), кукурудзи – 30,68 млн т (+13,9 %). Водночас валовий збір ячменю скоротився на 2,3 % – до 5,2 млн т. Також минулого року зафіксовано зменшення виробництва більшості інших зернових культур: гречки – до 70,8 тис. т (-37,7 %), проса – до 59,3 тис. т (зменшення в 2,6 раза), вівса – до 388,8 тис. т (-14,9 %), жита – до 208,1 тис. т (-4,7 %). Одночасно загальне виробництво зернобобових культур збільшилося до 820,6 тис. т (+37,6 %). Щодо олійних культур, то валовий збір насіння соняшнику в 2025 р. зменшився до 10,19 млн т (-7,5 %), насіння ріпаку – до 3,2 млн т (-11,2 %), соєвих бобів – до 4,95 млн т (-25,8 %). Працівники галузі минулого року зібрали 11,63 млн т цукрових буряків, що на 9,1 % нижче за показник 2024 р.

За підсумками року, кризових явищ у тваринництві не вдалося подолати. Станом на 1 січня 2026 р. загальна чисельність поголів'я великої рогатої худоби (ВРХ) в Україні становила 1804,1 тис. голів, зокрема 1022,3 тис. корів. Порівняно з 1 січня 2025 р. поголів'я ВРХ скоротилося на 232 тис. голів (-11 %), корів – на 158 тис. голів (-13 %). За останній рік кількість ВРХ в господарствах населення скоротилася на 254 тис. голів (-23 %), зокрема кількість корів зменшилася на 163 тис. голів (-20 %). Водночас на підприємствах за останній рік поголів'я ВРХ збільшилося на 22,6 тис. голів (+2 %), зокрема корів – на 4,5 тис. голів (+1 %), і становить 947,7 тис. голів ВРХ, у т. ч. корів – 386,3 тис. голів. Спостерігається скорочення виробництва молока [2].

Повномасштабна війна суттєво вплинула на аграрний сектор. Основні проблеми *включають:* тимчасову втрату частини територій; мінування сільськогосподарських земель; порушення логістичних ланцюгів; обмеження експорту через блокування портів; зростання вартості ресурсів (паливо, добрива,

техніка). Незважаючи на це, галузь продемонструвала високий рівень адаптивності. Було переорієнтовано експортні маршрути через західні кордони та річкові порти, що дозволило частково стабілізувати ситуацію.

Окремо варто відзначити роль великих агрохолдингів, які обробляють сотні тисяч гектарів землі та активно впроваджують сучасні технології (точне землеробство, GPS-моніторинг, автоматизація). Водночас значну частку виробництва забезпечують малі та середні фермерські господарства, які є важливими для розвитку сільських територій [3, с.180].

Серед ключових проблем галузі можна *виділити:* низький рівень розвитку тваринництва; зношеність матеріально-технічної бази; обмежений доступ до фінансування для малих фермерів; кліматичні зміни (посухи, нерівномірні опади); логістичні труднощі в умовах війни [4].

Водночас аграрний сектор має значний потенціал розвитку. Основними перспективними напрямами є: розвиток переробної промисловості (перехід від сировинного експорту до продукції з доданою вартістю); впровадження інноваційних технологій; органічне виробництво; цифровізація агробізнесу; розширення ринків збуту. Важливим аспектом є державна підтримка аграрного сектору, яка включає дотації, пільгове кредитування, компенсацію вартості техніки та розвиток інфраструктури. Ефективна державна політика здатна значно підвищити конкурентоспроможність українського сільського господарства на світовому ринку.

Висновок. Отже, сільськогосподарська галузь України є стратегічно важливою для економіки країни. Незважаючи на виклики, пов’язані з війною та глобальними економічними змінами, вона зберігає високий потенціал розвитку. Раціональне використання ресурсів, модернізація виробництва та інтеграція у світові ринки можуть забезпечити стійке зростання галузі та підвищення її ефективності в довгостроковій перспективі.

Список використаних джерел.

1. Антощенкова В., Семперович І.. Основи глобального продовольчого забезпечення. *Економіка та суспільство*, 2024, (59). https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-59-26

2. Підсумки функціонування аграрного сектору України у 2025 році. Національний інститут стратегічних досліджень (НІСД). https://niss.gov.ua/doslidzhennya/ekonomika/pidsumky-funktsionuvannya-ahrarnoho-sektoru-ukrayiny-u-2025-rotsi

3. Антощенкова В.В., Дейнега М. В., Глянь Т.І. ESG та сталий розвиток: сучасні тенденції. *Журнал з менеджменту, економіки та технологій*, № 4, 2025. С. 176-186. DOI: 10.69803/3083-6034-2025-4-176. https://journal-met.kh.ua/jme042513.html

4. Антощенкова В., Дейнега М. Корпоративна соціальна відповідальність в умовах воєнного стану. *Економіка та суспільство*, 2026, (83). https://doi.org/10.32782/2524-0072/2026-83-33

УДК 368:004:631

РОЛЬ ІОТ У РОЗВИТКУ АГРОСТРАХУВАННЯ ТА ОЦІНЮВАННІ АГРАРНИХ РИЗИКІВ

Спасіченко О. В. аспірантка

Київський національний університет імені Тараса Шевченка

Дослідження присвячене аналізу ролі технологій Інтернету речей (IoT) у розвитку агрострахування та вдосконаленні процесів оцінювання аграрних ризиків в умовах цифровізації сільського господарства. Метою роботи є поглиблення теоретичних підходів до використання IoT у системі агрострахування та розроблення практичних рекомендацій щодо застосування цифрових технологій для моніторингу та оцінювання аграрних ризиків.

Сільське господарство є однією з найбільш ризикованих галузей економіки, оскільки результати діяльності аграрних підприємств значною мірою залежать від погодних умов, кліматичних змін, природних катастроф, шкідників та інших факторів невизначеності. В умовах глобальних кліматичних трансформацій та зростання частоти екстремальних погодних явищ проблема ефективного управління аграрними ризиками набуває особливої актуальності. Одним із ключових інструментів мінімізації фінансових втрат агровиробників є агрострахування.

Традиційні механізми агрострахування часто характеризуються низькою ефективністю через складність об'єктивного оцінювання ризиків, недостатню кількість актуальних даних та значні витрати на моніторинг стану посівів. У цьому контексті важливого значення набуває розвиток цифрових технологій, зокрема Інтернету речей (IoT).

IoT являє собою систему взаємопов'язаних пристроїв, які здійснюють збір і передачу даних у режимі реального часу, що дає змогу страховим компаніям точніше оцінювати ризики та оперативніше реагувати на настання страхових випадків [1].

До основних переваг IoT у сфері агрострахування належать оперативний збір даних, дистанційний моніторинг посівів, автоматизація оцінювання ризиків та можливість прогнозування страхових випадків у режимі реального часу [2]. Серед ключових особливостей Інтернету речей автори виділяють взаємозв'язок пристроїв, аналіз і збір даних, масштабованість та інтеграцію зі штучним інтелектом [2]. Це дозволяє страховим компаніям більш точно оцінювати аграрні ризики, швидше реагувати на несприятливі події та підвищувати ефективність страхових рішень.

IoT також створює передумови для розвитку параметричного страхування [3]. На відміну від традиційного страхування, де виплати здійснюються після індивідуальної оцінки збитків, параметричне страхування базується на заздалегідь визначених показниках, наприклад рівні опадів, температурі або швидкості вітру. Якщо показники перевищують критичне значення, страхова

виплата здійснюється автоматично. Це дозволяє значно скоротити адміністративні витрати та пришвидшити процес компенсації збитків.

Ще однією перевагою IoT є можливість використання великих масивів даних та аналітичних платформ для прогнозування ризиків. Алгоритми штучного інтелекту та машинного навчання можуть аналізувати історичні та поточні дані, прогнозувати ймовірність посухи, заморозків чи інших небезпечних явищ, а також формувати більш точні страхові тарифи.

Крім того, цифрові технології сприяють зниженню рівня страхового шахрайства. Автоматизований збір даних із сенсорів та GPS-пристроїв ускладнює можливість маніпуляцій із інформацією про стан посівів або масштаби збитків. Це підвищує прозорість страхових операцій та довіру між учасниками ринку.

Вдалим прикладом використання IoT є індексне страхування посухи в Аргентині. У партнерстві Munich Re і стартапу S4 впроваджено покриття для фермерів сої за допомогою супутникових даних (Vegetation Index). Здоров'я посівів оцінюється за EVI (Enhanced Vegetation Index) з відкритих супутникових даних (NASA), забезпечуючи 17-річний ретроспективний ряд даних з роздільною здатністю 250×250 м [4]. Якщо індекс опускається нижче встановленого порогу, усі фермери округу автоматично отримують виплату. Така схема дозволяє швидко виплачувати компенсації без дорогого польового обстеження (мінімізує часові затримки та адміністративні витрати) [4].

Водночас впровадження IoT у сферу агрострахування супроводжується певними проблемами. Серед основних бар'єрів можна виділити високу вартість цифрової інфраструктури, недостатній рівень цифровізації сільського господарства, обмежений доступ до Інтернету в окремих регіонах та ризики кібербезпеки. Для ефективного розвитку цифрового агрострахування необхідними є державна підтримка, інвестиції у технологічну інфраструктуру та підвищення рівня цифрової грамотності агровиробників.

Висновок.

Отже, Інтернет речей відіграє важливу роль у модернізації систем агрострахування та вдосконаленні механізмів оцінювання аграрних ризиків. Використання IoT-технологій забезпечує оперативний моніторинг аграрних об'єктів, підвищує точність оцінювання збитків, сприяє розвитку параметричного страхування та дозволяє ефективніше прогнозувати ризики. У результаті цифровізація агрострахування створює передумови для підвищення фінансової стійкості аграрного сектору та розвитку інноваційних страхових продуктів.

Список використаних джерел

1. Федорович І. Сучасні інформаційні технології як інструмент удосконалення механізмів агрострахування. Економічний аналіз. 2025. Т. 35, № 1. С. 78-90. https://doi.org/10.35774/econa2025.01.078.

2. Goyal A., Kanyal H. S., Sharma B. Analysis of IoT and Blockchain Technology for Agricultural Food Supply Chain Transactions. International Journal on

Recent and Innovation Trends in Computing and Communication. 2023. Vol. 11, Issue 3. P. 234–241. https://doi.org/10.17762/ijritcc.v11i3.6342.

3. Прокопчук О. Т., Клименко В. О. Параметрична схема страхового захисту для аграрного сектору економіки України. Збірник наукових праць Уманського національного університету садівництва. 2023. Вип. 102, ч. 2. С. 60-71. https://doi.org/10.32782/2415-8240-2023-102-2-60-71.

4. Munich Re. Support from outer space: satellite-based index insurance for agriculture. Munich Re. 20.02.2018. URL: https://www.munichre.com/en/insights/digitalisation/support-from-outer-space.html (дата звернення: 18.05.2026).

УДК 338.43:339.137.2(477)

КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНІСТЬ АГРАРНОГО СЕКТОРУ УКРАЇНИ В УМОВАХ ГЛОБАЛЬНОЇ ЕКОНОМІЧНОЇ ІНТЕГРАЦІЇ

Сапарай Я. В. магістр, Мещеряков В. Є. к.е.н., доцент

Державний біотехнологічний університет

Метою дослідження є визначення основних конкурентних переваг аграрного сектору України, аналіз факторів, що стримують його розвиток, а також обґрунтування стратегічних напрямів зміцнення позицій України на світових аграрних ринках.

Аграрний сектор України відіграє ключову роль у формуванні національної економіки та забезпеченні глобальної продовольчої безпеки. В умовах посилення міжнародної конкуренції, євроінтеграційних процесів і трансформації світових ринків питання конкурентоспроможності вітчизняного агропромислового комплексу набуває особливої актуальності. Україна традиційно входить до числа провідних світових експортерів зернових культур та соняшникової олії, а аграрний експорт залишається одним із головних джерел валютних надходжень держави [1].

Сучасні умови функціонування аграрного сектору характеризуються значними викликами, пов’язаними з воєнними ризиками, логістичними обмеженнями, кліматичними змінами та необхідністю адаптації до стандартів Європейського Союзу. Водночас саме ці фактори стимулюють розвиток інноваційних технологій, цифровізації та переходу до моделі виробництва продукції з високою доданою вартістю.

Україна посідає важливе місце у світовій системі продовольчої безпеки. Вітчизняний аграрний сектор забезпечує значні обсяги експорту зернових культур, кукурудзи, ячменю та соняшникової олії, що формує стабільність продовольчих ринків багатьох країн світу [2]. Особливе значення українська аграрна продукція має для держав Близького Сходу, Північної Африки та Азії, які значною мірою залежать від імпорту продовольства.

Конкурентоспроможність аграрного сектору України базується насамперед на потужному природно-ресурсному потенціалі. Україна володіє

значними площами родючих чорноземів, що забезпечують високу продуктивність сільського господарства та порівняно низьку собівартість виробництва продукції [3]. Важливими перевагами також є значні масштаби аграрного виробництва, розвиток агрохолдингів, вертикальна інтеграція підприємств та активне впровадження цифрових технологій у сфері точного землеробства.

Сучасний український агробізнес активно використовує інноваційні рішення: GPS-навігацію, автоматизовані системи управління технікою, супутниковий моніторинг посівів, безпілотні технології та елементи штучного інтелекту. Це дозволяє оптимізувати використання ресурсів, підвищити врожайність та знизити виробничі витрати [4].

Разом із тим аграрний сектор стикається з низкою проблем, що обмежують його конкурентоспроможність. Однією з головних є сировинна орієнтація експорту. Значна частина аграрної продукції реалізується у вигляді сировини, тоді як рівень розвитку переробної промисловості залишається недостатнім. Це призводить до втрати потенційної доданої вартості та залежності від коливань світових цін [5].

Суттєвим стримувальним фактором є також логістичні труднощі, пов’язані з воєнними діями, пошкодженням транспортної інфраструктури та обмеженням роботи морських портів. Крім того, негативний вплив мають кліматичні зміни, деградація ґрунтів, дефіцит фінансових ресурсів і нестача кваліфікованих кадрів у сільській місцевості.

Важливий вплив на розвиток аграрного сектору здійснює європейська інтеграція України. Гармонізація законодавства та впровадження європейських стандартів якості й безпечності продукції сприяють підвищенню конкурентоспроможності українських виробників на міжнародних ринках [6]. Водночас адаптація до вимог ЄС потребує значних фінансових вкладень та модернізації виробничих процесів.

Одним із перспективних напрямів розвитку є поглиблення переробки аграрної продукції та збільшення експорту готових харчових товарів. Важливого значення набуває також розвиток органічного виробництва, біоенергетики, цифровізації аграрного сектору та впровадження принципів сталого розвитку. Перспективним напрямом є диверсифікація зовнішніх ринків збуту та посилення позицій України на ринках країн Азії, Африки та Близького Сходу.

Висновок.

Таким чином, аграрний сектор України має значний потенціал для зміцнення своїх позицій на світових ринках завдяки потужному природно-ресурсному забезпеченню, високому рівню адаптивності та впровадженню сучасних технологій. Разом із тим для підвищення міжнародної конкурентоспроможності необхідними є розвиток переробної галузі, модернізація логістичної інфраструктури, підтримка інновацій та адаптація до європейських стандартів ведення агробізнесу. Реалізація цих напрямів сприятиме перетворенню аграрного сектору на один із ключових драйверів економічного розвитку України та її інтеграції у світовий економічний простір.

Список використаних джерел

1. Саблук П.Т. Аграрний сектор економіки України: стан і перспективи розвитку. Київ : ННЦ ІАЕ, 2021. 420 с.
2. Food and Agriculture Organization of the United Nations. The State of Food Security and Nutrition in the World 2024. Rome : FAO, 2024. URL: https://www.fao.org/?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 19.05.2026).
3. Кириленко І.Г., Дем'яненко М.Я. Конкурентоспроможність аграрного виробництва України в умовах глобалізації. *Економіка АПК*. 2022. № 7. С. 5–14. URL: https://eapk.org.ua?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 19.05.2026).
4. Малік М.Й., Шпикуляк О.Г. Цифровізація аграрного сектору економіки України. Економіка АПК. 2023. № 3. С. 22–30. URL: https://iae.org.ua?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 19.05.2026).
5. Лупенко Ю.О. Розвиток аграрного сектору України в умовах європейської інтеграції. Київ : ННЦ ІАЕ, 2023. 376 с. URL: https://iae.org.ua?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 19.05.2026).
6. European Commission. EU-Ukraine agricultural trade relations. Brussels : European Commission, 2024. URL: https://commission.europa.eu/?utm_source=chatgpt.com (дата звернення: 19.05.2026).

УДК 338.43:355.01

ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗВИТОК АГРАРНОГО СЕКТОРА ЕКОНОМІКИ

Семперович І.В., здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії

(Державний біотехнологічний університет)

В роботы розглядається сутність та ключові напрями технологічного розвитку аграрного сектора економіки в умовах сучасних глобальних та національних викликів. Обґрунтовано роль технологічної трансформації як ключового чинника підвищення конкурентоспроможності.

Технологічний розвиток економіки аграрного сектора є стратегічним пріоритетом для забезпечення продовольчої безпеки, підвищення конкурентоспроможності та сталого розвитку, особливо в умовах глобальних викликів, таких як кліматичні зміни та геополітична нестабільність. Україна володіє одним із найвищих потенціалів родючості ґрунтів у світі завдяки великим площам чорноземів. В Україні зосереджено близько 8,7% від загальної площі чорноземних ґрунтів світу (приблизно 27,8 млн га). Понад 70% території України вкрито чорноземами, особливо в степовій та лісостеповій зонах. Україна займає одне з перших місць у світі за рівнем розораності земель, що перевищує 56,8% загальної площі держави. Найродючіші ґрунти, згідно з дослідженнями, знаходяться в районі Одеської області (Любашівка), де зафіксовано рекордний вміст гумусу. Сучасний технологічний розвиток спрямований на перехід від традиційного, ресурсоємного землеробства до концепцій «Сільського господарства 4.0», «5.0» та навіть «6.0», які базуються на інтеграції передових

цифрових, біологічних та інженерних технологій [1, с.293]. Технологічний розвиток аграрного сектора – це процес впровадження інноваційних технічних, цифрових, біологічних та організаційних рішень, спрямованих на підвищення продуктивності, ресурсоефективності та конкурентоспроможності сільського господарства. В умовах глобалізації, кліматичних змін і воєнних викликів технологічна модернізація стає ключовим фактором стійкості та економічної безпеки аграрного виробництва.

Цей перехід забезпечує формування інтелектуальних агросистем, здатних до саморегуляції та прийнятих оптимальних рішень на основі аналізу великих обсягів даних. Ключовим напрямком технологічного розвитку є точне землеробство, яке дозволяє максимально ефективно використовувати ресурси – воду, добрива, пестициди – шляхом їх диференційованого внесення залежно від конкретних потреб кожної ділянки поля. Це досягається завдяки комплексному розвитку технологій, таких як Інтернет-речей (IoT), дроні, штучний інтелект (ШІ) та аналітика великих даних. Наприклад, IoT-сенсори постійно моніторять стан ґрунту та рослин, надаючи дані про вологість, температуру та рівень живильних речовин [2]. Дрони, оснащені мультиспектральними камерами, здійснюють оперативний аналіз стану посівів, виявляючи зони стресу, хвороби або нестачі певних елементів живлення. На цій основі даних система ШІ формує детальні карти полів і рекомендацій щодо управління, які дозволяють не лише знизити собівартість продукції, але й значно зменшити негативний вплив на навколишнє середовище.

Дослідження показують, що такі цифрові агротехнології мають значні економічні та екологічні переваги, зокрема, підвищують продуктивність, зменшують викиди парникових газів і зберігають водні ресурси. Однак, незважаючи на очевидні переваги, масштабне впровадження цих інновацій в Україні стикається з низьким системним бар'єром. Серед основних перешкод – економічне обмеження малих і середніх сільськогосподарських підприємств, недостатній рівень цифрової грамотності фермерів, наявність необхідної інфраструктури (наприклад, широкосмугового Інтернету в сільській місцевості) та дефіцит кваліфікованих кадрів. Крім того, повноцінна цифрова трансформація вимагає не тільки технічних засобів, але й відповідних програмних рішень, які інтегрують усі етапи аграрного виробництва – від планування позиції до логістики та збуту.

Війна, що триває, ще більше загострила ці проблеми, спричинивши руйнування виробничої інфраструктури, скорочення інвестицій та порушення логістичних ланцюгів. Тому ключовим завданням на сучасному етапі є формування ефективного механізму інвестиційної підтримки технологічного зростання аграрного сектора у воєнний період. Перспективи подальшого розвитку пов'язані з активізацією агротех-стартапів, які можуть запропонувати прості та доступні програмні рішення для фермерів. Також важливу роль відіграють міжнародні програми підтримки, такі як проекти Світового банку, USAID та ЄБРР, а також інтеграція українського аграрного сектору в європейські стандарти та регуляторні вимоги [3, с.219].

Таблиця 1. Основні напрями технологічного розвитку аграрного сектора

Напрям технологічного розвитку	Зміст та ключові технології	Економічний та виробничий ефект
Цифровізація (Цифрове сільське господарство)	GPS-навігація, точне землеробство, Big Data, IoT-моніторинг, дрони, ГІС-системи	Підвищення врожайності, зниження витрат ресурсів, оптимізація управління
Автоматизація та роботізація	Роботизовані ферми, автопілотована техніка, автоматичні доїльні системи, смарт-теплиці	Скорочення потреби в робочій силі, підвищення продуктивності праці
Біотехнології та селекція	Високопродуктивні сорти, стійкі до посихи культури, біопрепарати, органічні технології	Підвищення якості продукції, адаптація до кліматичних змін
Енергетична модернізація	Біогазові установки, сонячні та вітрові електростанції, енергоефективне обладнання	Зниження енергозалежності, скорочення виробничих витрат
Розвиток переробки та додаткової вартості	Глибока переробка сировини, біоетанол, біодизель, HACCP, ISO	Зростання прибутковості, розширення експортного потенціалу
Інноваційне управління та AgTech-екосистеми	ERP-системи, CRM-системи, аграрні платформи, штучний інтелект	Підвищення ефективності управління, стратегічне планування
Кліматично-адаптивні технології	Ґрунтозберігаючі технології (No-Till, Strip-Till), водозберігаючі системи зрошення	Підвищення екологічної стійкості, збереження ресурсів

Особливу увагу слід приділити розвитку людського потенціалу в сільському господарстві, оскільки саме кваліфіковані кадри є ключовим фактором успішного впровадження та ефективного використання нових технологій. Таким чином, технологічний розвиток аграрного сектора – це складний, багатофакторний процес, який вимагає синергії зусиль держави, бізнесу, наукової спільноти та міжнародних партнерів для створення сприятливого середовища, що сприятиме інноваціям, інвестиціям та підготовці нових аграрних поколінь, здатних працювати в умовах цифрової економіки. Лише такий комплексний підхід може забезпечити не лише відновлення, але й стратегічний стрибок українського аграрного сектора на новий рівень конкурентоспроможності та стійкості.

Технологічна модернізація аграрного сектора є ключовою умовою підвищення продуктивності та конкурентоспроможності. Водночас процес впровадження інновацій супроводжується низкою системних проблем і обмежень, що гальмують цифрову та технічну трансформацію галузі. Фактори, що стимулюють технологічний розвиток: інтеграція до європейського ринку; впровадження ESG-стандартів; державні програми підтримки; розвиток AgTech-стартапів; потреба у підвищенні конкурентоспроможності. У короткостроковій перспективний технологічний розвиток аграрного сектору передбачає: перехід до смарт-аграрної моделі; інтеграцію штучного інтелекту в управління виробництвом; розвиток кліматично нейтрального виробництва; формування цифрових аграрних екосистем.

Висновок. Отже, технологічний розвиток аграрного сектора є ключовим інструментом підвищення його стійкості, продуктивності та інтеграції до світових ринків. В умовах сучасних викликів саме інновації формують основу для відновлення, модернізації та довгострокового зростання аграрної економіки. Технологічний розвиток аграрного сектора України пов'язаний з комплексом фінансових, інфраструктурних, кадрових, інституційних і безпекових бар'єрів. Подолання цих проблем вимагає: розширення державних програм підтримки інновацій; стимулювання інвестицій та розвитку AgTech-екосистем; модернізація освітньо-наукової бази; розвиток цифрової інфраструктури; формування сприятливого регуляторного середовища. Системний підхід до усунення бар'єрів є передумовою формування інноваційно орієнтованої моделі розвитку аграрної економіки.

Список використаних джерел

1. Антощенкова В. В., Глянь Т.І. Історичний аспект сталого розвитку в умовах глобалізації. Економічний аналіз. 2024. Том 34. № 1. С. 291-298.
2. Національний інститут стратегічних досліджень (НІСД). Реалізація потенціалу промисловості й аграрного сектора економіки в умовах війни та повоєнного відновлення. https://niss.gov.ua/publikatsiyi/analitychni-dopovidi/realizatsiya-potentsialu-promyslovosti-y-ahrarnoho-sektora-0
3. Антощенкова В.В. Стан інвестиційного забезпечення інноваційної діяльності суб'єктів господарювання України. Аграрні інновації. № 34/2025. С.217-222. DOI: https://doi.org/10.32848/agrar.innov.2025.34.31

УДК 630*114:631.1:502.131.1

АГРОЛІСІВНИЦТВО – СТАЛІ ПРАКТИКИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ЗЕМЕЛЬНИХ РЕСУРСІВ

Бабан Т.О., к.е.н., доц., Севагіна В.О., здобувач РВО бакалавр

Державний біотехнологічний університет

Метою дослідження є розгляд агролісівництва як сучасного напряму ефективного та сталого використання земельних ресурсів в умовах кліматичних змін, деградації ґрунтів, необхідності забезпечення продовольчої безпеки та повоєнного відновлення.

Сучасний розвиток аграрного сектору характеризується загостренням проблем деградації земельних ресурсів, виснаженням ґрунтів, ерозійними процесами та негативним впливом кліматичних змін. Надмірна розораність території України, інтенсивне використання агрохімікатів і порушення сівозмін призводять до зниження продуктивності земель та погіршення екологічного стану агроландшафтів. За цих умов особливої актуальності набуває впровадження сталих форм землекористування, здатних поєднувати економічну ефективність із екологічною безпекою.

Одним із перспективних напрямів сталого агровиробництва є агролісівництво, що передбачає інтеграцію деревних насаджень у систему

сільськогосподарського виробництва. Агролісівничі системи дозволяють підвищити ефективність використання земельних ресурсів, сприяють захисту ґрунтів від ерозії, накопиченню органічної речовини, покращенню водного режиму та формуванню сприятливого мікроклімату. У країнах Європейського Союзу агролісівництво розглядається як важливий елемент реалізації концепції сталого розвитку та «зеленої» трансформації аграрного сектору [1].

В умовах інтенсивного антропогенного навантаження ефективність використання земельних ресурсів повинна оцінюватися не лише з позицій економічної віддачі, а й з урахуванням екологічних наслідків господарської діяльності [2].

Однією з ключових переваг агролісівництва є його здатність підвищувати родючість ґрунтів. Деревні насадження сприяють накопиченню органічної речовини, покращують структуру ґрунту та активізують біологічні процеси. Крім того, коренева система дерев запобігає водній та вітровій ерозії, що є особливо актуальним для степових регіонів України.

Суттєвий позитивний ефект агролісівничих систем проявляється у формуванні сприятливого мікроклімату. Лісосмуги зменшують швидкість вітру, сприяють снігозатриманню та накопиченню вологи, що позитивно впливає на врожайність сільськогосподарських культур. За оцінками науковців, правильно сформовані полезахисні насадження можуть підвищувати врожайність культур на 10–25 % залежно від природно-кліматичних умов [3].

Важливим аспектом є також зниження рівня деградації земель. В Україні спостерігається високий рівень розораності території, що перевищує екологічно допустимі норми. Це призводить до виснаження ґрунтів, втрати гумусу та погіршення екологічного стану агроландшафтів. Агролісівництво забезпечує формування більш збалансованої структури землекористування та сприяє екологізації аграрного виробництва [4].

Серед основних екологічних переваг агролісівництва доцільно виділити:

- зменшення ерозійних процесів;
- покращення водного балансу територій;
- підвищення рівня біорізноманіття;
- накопичення вуглецю та зниження викидів парникових газів;
- покращення екологічної стійкості агроландшафтів.

Економічні переваги агролісівничих систем полягають у диверсифікації джерел доходів сільськогосподарських підприємств. Поряд із вирощуванням агрокультур виробники можуть отримувати додаткову продукцію у вигляді деревини, плодів, кормів чи біомаси. Це підвищує фінансову стійкість господарств та знижує ризики залежності від коливань аграрного ринку.

Крім того, агролісівництво сприяє зменшенню витрат на підтримання родючості ґрунтів, знижує потребу у використанні мінеральних добрив та засобів захисту рослин. В умовах сучасних викликів це забезпечує підвищення конкурентоспроможності аграрного сектору та формування екологічно орієнтованої моделі розвитку сільського господарства.

Для України розвиток агролісівництва має стратегічне значення з огляду на високий рівень деградації земельних ресурсів та необхідність адаптації аграрного сектору до кліматичних змін. У сучасних умовах важливим є формування державної політики, спрямованої на підтримку агролісівничих практик, удосконалення земельного законодавства та стимулювання екологізації землекористування.

Європейський досвід демонструє ефективність агролісівництва як складової Спільної аграрної політики ЄС. Регламенти Європейського Союзу передбачають фінансову підтримку створення агролісівничих систем та впровадження природоорієнтованих методів господарювання [1].

В Україні перспективними напрямами розвитку агролісівництва є:

– відновлення полезахисних лісосмуг;
– створення багатофункціональних агроландшафтів;
– розвиток органічного виробництва;
– використання деградованих земель для агролісових систем;
– впровадження цифрових технологій у систему управління землекористуванням.

Реалізація таких заходів дозволить забезпечити раціональне використання земельних ресурсів, підвищити продовольчу безпеку та сприяти досягненню цілей сталого розвитку.

Погіршення стану земельних ресурсів є однією з найбільших проблем повоєнного періоду. Значні площі сільськогосподарських угідь зазнали та продовжують зазнавати механічного пошкодження, ущільнення ґрунтів військовою технікою, забруднення важкими металами та вибухонебезпечними предметами. Крім того, руйнування гідротехнічної інфраструктури спричинило погіршення водного режиму територій.

Агролісівництво здатне забезпечити комплексне відновлення таких земель через закріплення ґрунтів кореневими системами дерев, накопичення органічної речовини, підвищення вмісту гумусу, відновлення біологічної активності ґрунтів, покращення водоутримуючої здатності територій.

Висновок.

Агролісівництво є перспективним напрямом сталого розвитку аграрного сектору та ефективним інструментом підвищення ефективності використання земельних ресурсів. Поєднання деревних насаджень із сільськогосподарським виробництвом забезпечує комплексний екологічний, економічний та соціальний ефект.

Агролісівничі системи сприяють підвищенню родючості ґрунтів, зменшенню ерозійних процесів, покращенню мікроклімату та формуванню екологічно стійких агроландшафтів. Одночасно вони забезпечують диверсифікацію аграрного виробництва та підвищення економічної стійкості господарств.

Для України розвиток агролісівництва є важливою умовою екологізації землекористування та адаптації сільського господарства до сучасних викликів. Подальше впровадження агролісівничих практик потребує державної підтримки,

удосконалення нормативно-правового забезпечення та активізації наукових досліджень у сфері сталого використання земельних ресурсів.

Список використаних джерел

1. Осадча А. О. Агролісівництво як адаптивна форма аграрного виробництва. *Науковий вісник Ужгородського національного університету. Серія: Право.* 2025. № 91(2). URL: https://visnyk-pravo.uzhnu.edu.ua/article/view/343856

2. Yaremko Y., Dudyak N., Shykova L. Theoretical-methodological and practical aspects of the efficiency of using land resources in Ukraine. 2018. URL: https://agris.fao.org/search/en/providers/124520/records/68879bb67fd4d06c32a9700f

3. Опара В. М., Бузіна І. М., Виноградeнко С. О. Обґрунтування підвищення еколого-економічної ефективності використання земельних ресурсів. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія «Геологія. Географія. Екологія».* 2017. № 46. URL: https://journals.uran.ua/geoeco/article/view/113618

4. Розум Р. І., Любезна І. В., Кальченко О. М. Підвищення ефективності використання земель сільськогосподарського призначення. *Науковий вісник Полісся.* 2017. № 3(11). С. 193–196. URL: https://nvp.stu.cn.ua/article/view/115703

УДК 336.64:658.15:004

СТРАТЕГІЧНІ НАПРЯМИ ПОЛІПШЕННЯ ФІНАНСОВОГО СТАНУ ПІДПРИЄМСТВА В УМОВАХ ЦИФРОВІЗАЦІЇ ЕКОНОМІКИ

Єлісеєв О.Л. здобувач вищої освіти першого рівня, Кравченко Ю.М. к.е.н., доцент

Державний Біотехнологічний університет

Досліджено стратегічні напрями поліпшення фінансового стану підприємства в умовах цифровізації економіки. Визначено роль цифрових технологій у підвищенні ефективності фінансового управління та забезпеченні фінансової стійкості підприємства.

Сучасні умови функціонування підприємств характеризуються високим рівнем економічної нестабільності, посиленням конкуренції та активним впровадженням цифрових технологій у всі сфери господарської діяльності. У таких умовах забезпечення стабільного фінансового стану підприємства стає одним із ключових чинників його конкурентоспроможності та довгострокового розвитку. Особливої актуальності набуває формування стратегічних напрямів поліпшення фінансового стану підприємства з урахуванням можливостей цифровізації економіки.

Фінансовий стан є ключовою характеристикою ефективності діяльності будь-якого підприємства. Він слугує показником забезпечення фінансовими ресурсами, раціональності їх розподілу та ефективності використання, а також показує здатність підприємства успішно розвивати господарську діяльність в умовах змін як у внутрішньому, так і у зовнішньому середовищі [1, с. 78].

Фінансовий стан підприємства відображає рівень забезпеченості фінансовими ресурсами, ефективність їх використання, платоспроможність, ліквідність та фінансову стійкість суб'єкта господарювання. Богацька Н. та Кричевська О. розглядають «фінансовий стан підприємства як узагальнену комплексну категорію, яка за допомогою економічних моделей та системи показників визначає його стратегічні, тактичні та оперативні можливості господарської діяльності» [2]. Погіршення фінансових показників призводить до зниження інвестиційної привабливості, втрати ринкових позицій та ризику банкрутства. Саме тому підприємства мають формувати ефективну систему стратегічного управління фінансами, орієнтовану на адаптацію до цифрових трансформацій.

Як правило, фінансовий стан підприємства визначається такими елементами, як:

–ефективністю роботи підприємства;

–оптимальністю використання оборотних і основних фондів;

–наявністю власних коштів для процесу реалізації продукції та організації виробничого процесу;

–розподілом прибутку, який залишився у наявності підприємства після обов'язкових платежів та сплати податків;

–ліквідністю і платоспроможністю підприємства [3].

Одним із ключових напрямів поліпшення фінансового стану підприємства є цифровізація системи фінансового менеджменту. Використання сучасних цифрових платформ, автоматизованих систем бухгалтерського обліку, ERP- та CRM-систем дозволяє підвищити оперативність управлінських рішень, оптимізувати витрати та забезпечити ефективний контроль за рухом фінансових ресурсів. Автоматизація фінансових процесів сприяє зменшенню адміністративних витрат і мінімізації помилок у фінансовій звітності.

Сьогодні, у період цифрової трансформації, зміни виходять за рамки впровадження нових технологій. Вони стосуються глибокої зміни управлінської парадигми та організаційних підходів, що вимагає постійної адаптації до динамічного зовнішнього середовища. Цифрова трансформація впливає не лише на виробничі процеси, а й докорінно змінює системи управління підприємствами [4].

Важливим стратегічним напрямом є впровадження аналітичних цифрових інструментів для прогнозування фінансових ризиків та оцінювання ефективності діяльності підприємства. Використання технологій Big Data, штучного інтелекту та бізнес-аналітики дозволяє підприємствам оперативно аналізувати ринкову кон'юнктуру, прогнозувати зміни попиту та формувати ефективну фінансову стратегію.

Суттєве значення для покращення фінансового стану має також оптимізація структури капіталу підприємства. У сучасних умовах підприємства повинні активно використовувати цифрові фінансові інструменти, електронні платіжні системи та онлайн-платформи залучення інвестицій. Це сприяє

розширенню доступу до фінансових ресурсів та підвищенню рівня фінансової гнучкості підприємства.

Основна мета стратегічного управління в умовах цифровізації полягає у розробці та реалізації довгострокових стратегій, які дозволяють підприємствам адаптуватися до швидких змін цифрової економіки та ефективно використовувати нові можливості [5]. Для досягнення цієї мети важливо реалізувати такі заходи:

1. Аналіз впливу цифрових технологій на бізнес-модель. Потрібно вивчити можливості, які відкриває цифрова трансформація, та визначити ключові елементи, що впливають на бізнесмодель певної галузі. Аналіз допомагає зрозуміти, як адаптація бізнес-моделей може забезпечити конкурентні переваги і фінансову стійкість у цифровій економіці.

2. Розробка методології стратегічного планування в умовах нестабільності. Необхідно створювати підходи до планування, які враховують стрімкі зміни технологій і ринків. Гнучкі стратегії дадуть можливість швидко реагувати на зміни як у внутрішньому, так і в зовнішньому середовищі.

3. Застосування штучного інтелекту в стратегічному плануванні. Використання технологій штучного інтелекту та машинного навчання сприятиме вдосконаленню процесів стратегічного планування. Алгоритми допоможуть підприємствам аналізувати великі обсяги даних для прийняття зважених управлінських рішень.

4. Роль організаційної культури у цифровому стратегічному плануванні. Важливо враховувати вплив цифрових технологій на організаційну культуру. Дослідження дозволяють зрозуміти, як зміни в культурі підприємства впливають на успішність стратегічного планування та реалізації цифрових стратегій.

5.Оцінка ризиків цифрової трансформації. Розробка методів оцінки ризиків, пов’язаних із впровадженням цифрових технологій, є критичною для успішного стратегічного планування. Аналіз ризиків допомагає мінімізувати їх вплив і забезпечити успішне впровадження цифрових стратегій [5].

Крім того, цифровізація економіки створює передумови для розвитку електронної комерції, розширення ринків збуту та підвищення ефективності маркетингової діяльності підприємства. Використання цифрових каналів комунікації та інтернет-технологій забезпечує зростання обсягів реалізації продукції та позитивно впливає на фінансові результати діяльності суб’єкта господарювання.

Отже, стратегічними напрямами поліпшення фінансового стану підприємства в умовах цифровізації економіки є автоматизація фінансового управління, впровадження цифрових аналітичних технологій, оптимізація структури капіталу та розвиток цифрових каналів збуту. Реалізація зазначених заходів сприятиме підвищенню фінансової стійкості, конкурентоспроможності та ефективності діяльності підприємств у сучасному цифровому середовищі.

Список використаних джерел

1. Семенова К.Д.Аналіз фінансового стану підприємств України та тенденції розвитку. Науковий вісник Одеського економічного університету. 2021. No 5–6. С. 77–82.
2. Богацька Н. М., Кричевська О. А. Організаційно-економічний механізм забезпечення прибутковості підприємства. Молодий вчений.2016. No 12. С. 655-658.
3. Федоришина, Л., Артемчук Д. Фінансовий стан підприємства: сутність та значення в системі управління. *Modeling the development of the economic systems*, 2026, № 1, С. 190–197. https://doi.org/10.31891/mdes/2026-19-23
4. Hviniashvili T. Changing the paradigm of strategic enterprise management in a digital economy. Ekonomichnyi prostir. 2021. No. 172. Pp. 23–28.
5. Nazarov A. Classification and systematization of development strategies of industrial enterprises. Economics. Management. Law. 2019. No. 2. P. 102–116.

УДК 331.101.3:331.108.2

ЕФЕКТИВНА СИСТЕМА МОТИВАЦІЇ ПРАЦІ ЯК ОСНОВА РОЗВИТКУ ТРУДОВОГО ПОТЕНЦІАЛУ ПІДПРИЄМСТВА

Зуєнко А.Л., здобувач вищої освіти першого рівня, Кравченко Ю.М. к.е.н., доцент

Державний біотехнологічний університет

Досліджено роль ефективної системи мотивації праці у розвитку трудового потенціалу підприємства. Визначено основні напрями вдосконалення мотиваційного механізму та його вплив на результативність діяльності персоналу.

У сучасних умовах господарювання одним із ключових чинників забезпечення ефективної діяльності підприємства є розвиток його трудового потенціалу. Саме персонал виступає основним ресурсом підприємства, від рівня професійної підготовки, зацікавленості та продуктивності якого залежить конкурентоспроможність суб'єкта господарювання. У зв'язку з цим особливої актуальності набуває формування ефективної системи мотивації праці, здатної забезпечити підвищення результативності трудової діяльності працівників та їх професійний розвиток.

Коваль Н.В. та Тарасенко Д.А трудовим потенціалом підприємства розуміють наявну та майбутню спроможність робочої сили (зумовленою її кількісними та якісними характеристиками) досягати цілей підприємства в процесі виробничої діяльності під впливом об'єктивних (зовнішніх) і суб'єктивних (внутрішніх) чинників [1].

Мотивація праці являє собою сукупність внутрішніх і зовнішніх стимулів, що спонукають працівника до ефективної трудової діяльності та досягнення цілей підприємства. Раціонально побудована система мотивації сприяє

зростанню продуктивності праці, покращенню якості роботи, підвищенню рівня відповідальності персоналу та зміцненню трудової дисципліни.

Для повнішого розуміння сутності мотиваційного процесу доцільно розмежовувати поняття «мотивування» та «стимулювання». Мотивування інтерпретується як довготривалий процес управлінського впливу, спрямований на трансформацію мотиваційної структури працівника, зокрема зміну його ціннісних орієнтацій, формування нових мотивів і розвиток трудового потенціалу [2]. Натомість стимулювання розглядається як система зовнішніх впливів, що активізують уже наявні мотиви без їх зміни, шляхом задоволення актуальних потреб [2].

В умовах воєнного стану суттєво зростає значення таких складників трудового потенціалу, як психологічний стан, стресостійкість, активність, вмотивованість працівників, усвідомлена потреба працювати [3, с. 44].

У сучасних умовах підприємства дедалі частіше поєднують матеріальні та нематеріальні методи мотивації. До матеріальних стимулів належать заробітна плата, премії, бонуси, доплати та соціальні гарантії. Водночас важливу роль відіграють нематеріальні стимули, серед яких професійне зростання, кар'єрне просування, визнання досягнень працівників, сприятливий психологічний клімат у колективі та можливість самореалізації.

Ефективна система мотивації праці повинна враховувати індивідуальні потреби працівників, специфіку діяльності підприємства та сучасні тенденції розвитку ринку праці. Важливого значення набуває впровадження гнучких форм організації праці, цифрових технологій управління персоналом, програм професійного навчання та розвитку компетенцій працівників.

У контексті зростаючої економічної та соціальної турбулентності, пов'язаної з глобальними кризами, пандеміями, збройними конфліктами й дестабілізацією ринкового середовища, мотиваційна політика підприємств потребує ґрунтовного перегляду. Нестабільність стала характерною ознакою зовнішнього середовища, у якому формуються нові виклики для управління персоналом, зокрема в частині збереження залученості, лояльності та продуктивності працівників. У зв'язку з цим доцільним є розробка комплексу практичних рекомендацій, спрямованих на адаптацію й удосконалення системи мотивації в умовах кризи, а саме:

1. Розширення можливостей гнучкого формату роботи.
2. Утвердження стабільних соціально-трудових гарантій.
3. Активізація нематеріальних стимулів.
4. Створення програм психологічної підтримки.
5. Персоніфікація мотиваційних рішень.
6. Підтримка корпоративної місії та соціальної відповідальності.
7. Інтеграція цифрових інструментів мотивації [4].

Крім того, мотиваційний механізм має бути спрямований не лише на досягнення короткострокових результатів, а й на формування довгострокової зацікавленості працівників у розвитку підприємства. Це сприяє зміцненню

кадрового потенціалу, зниженню плинності кадрів та підвищенню рівня лояльності персоналу.

Грамотно організована мотивація персоналу дозволяє утримати цінних, надійних і мотивованих співробітників. Тому для формування ефективної системи мотивації персоналу керівництву підприємств необхідно врахувати такі положення:

– розробка та раціональне проектування систем мотивації трудової діяльності має орієнтуватися насамперед на проблеми підприємства та його ресурси;

– система мотивації повинна включати обов'язкову систему організації оплати праці, систему оцінки трудового внеску співробітника, індивідуальні соціальні програми, аналіз стилю управління, своєчасне інформування працівника про результати діяльності підприємства [5].

Ефективна система мотивації праці є важливою передумовою розвитку трудового потенціалу підприємства та підвищення ефективності його діяльності. Використання сучасних мотиваційних інструментів дозволяє забезпечити стабільний розвиток підприємства, підвищити конкурентоспроможність і сформувати високопродуктивний трудовий колектив.

Список використаних джерел

1. Коваль Н., Тарасенко Д. Удосконалення управління формуванням і використанням трудового потенціалу підприємства в умовах війни та повоєнного відновлення. *Економіка та суспільство*, 2025 № 71, https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-71-23

2. Лизньова А. Ю. Закономірності розвитку системи мотивації праці з позиції управління на макрорівні. *Економічний вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут».* 2015. № 12. С. 288–293.

3. Городня Т. А., Кабаці Б. І., Міценко Н. Г. Діагностика трудового потенціалу у формуванні внутрішньої соціальної відповідальності підприємства в умовах воєнного стану. *Вісник Львівського торговельно-економічного університету. Економічні науки.* 2023. No 74. С. 41–48.

4. Городянська Л.В. Роль мотивації у зміцненні людського капіталу підприємств в кризових умовах. *Актуальні проблеми економіки*, 2025, № 7 (289), С.149-158.

5. Прохоровська, С. (2023). Мотивація персоналу підприємств в умовах сучасних викликів. *Трансформаційна економіка*, 2023, № 2 (02), С. 45-48. https://doi.org/10.32782/2786-8141/2023-2-8

УДК 338.43:330.341.1

ПІДВИЩЕННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ АГРАРНОГО СЕКТОРА НА ОСНОВІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ІННОВАЦІЙ

Кравченко Ю.М. к.е.н., доцент

Державний Біотехнологічний університет

Досліджено роль технологічних інновацій у підвищенні конкурентоспроможності аграрного сектора. Визначено основні напрями впровадження сучасних цифрових і ресурсозберігаючих технологій в аграрному виробництві.

Сучасний розвиток аграрного сектора економіки характеризується посиленням конкуренції, глобалізаційними процесами та необхідністю забезпечення продовольчої безпеки. У таких умовах важливим чинником ефективного функціонування аграрних підприємств стає впровадження технологічних інновацій, які сприяють підвищенню продуктивності виробництва, ефективності використання ресурсів та конкурентоспроможності аграрного сектора загалом.

Сьогодні агропромисловий комплекс України стикається з численними викликами, які постають перед ним у умовах глобалізації та інтеграції у світові ринки. В першу чергу, зміна клімату є одним із найсерйозніших факторів, які впливають на сільськогосподарське виробництво. По-друге, конкуренція з боку інших країн стала значною перешкодою для українських агровиробників. Глобалізація сприяла збільшенню конкуренції на міжнародних ринках, що вимагає від українських підприємств вдосконалення технологій, покращення якості продукції та зниження витрат. Також нестабільність цін на сільськогосподарську продукцію створює додаткові ризики для фінансової стабільності агровиробників. Крім того, відсутність інвестицій у агросектор обмежує можливості для впровадження інновацій і модернізації виробництва. Недостатній рівень фінансування є серйозною перешкодою для розвитку сучасних технологій, що важливо для підвищення конкурентоспроможності. Застаріла інфраструктура також впливає на ефективність агровиробництва. Наявність застарілих доріг, складів і системи зрошення ускладнює доставку продукції на ринок і знижує її конкурентоспроможність. Останнім, але не менш важливим викликом є регуляторні бар’єри. Складні бюрократичні процедури, відсутність чіткої аграрної політики та змінність законодавства створюють перешкоди для розвитку АПК. Відсутність державної підтримки у вигляді дотацій, субсидій і кредитування лише поглиблює ці проблеми [1].

Конкурентоспроможність аграрного сектора визначається здатністю підприємств виробляти якісну продукцію з мінімальними витратами, швидко адаптуватися до змін ринкового середовища та впроваджувати сучасні технології. В умовах цифрової трансформації економіки технологічні інновації стають важливим інструментом забезпечення сталого розвитку аграрного виробництва.

Одним із ключових напрямів технологічного розвитку аграрного сектора є впровадження цифрових технологій та елементів точного землеробства. Використання GPS-навігації, автоматизованих систем управління технікою, безпілотних літальних апаратів, датчиків моніторингу стану ґрунтів і посівів дозволяє оптимізувати виробничі процеси, зменшити витрати ресурсів та підвищити врожайність сільськогосподарських культур.

Серед основних інноваційних напрямків, які активно розвиваються в АПК України, варто виділити цифровізацію, автоматизацію та екологічні технології. Цифровізація є одним з найважливіших трендів у аграрному секторі. Впровадження систем управління даними, таких як ERP (Enterprise Resource Planning), дозволяє агровиробникам оптимізувати процеси управління, контролювати запаси, а також аналізувати ринкові тенденції. Цифрові платформи забезпечують доступ до актуальної інформації, що дозволяє агровиробникам швидше реагувати на зміни на ринку і підвищувати свою конкурентоспроможність [2].

Важливе значення має також використання інноваційних технологій у тваринництві. Автоматизація процесів годівлі, доїння, контролю стану тварин та управління виробництвом сприяє підвищенню продуктивності праці, покращенню якості продукції та зниженню виробничих витрат.

У тваринництві провідного значення в сучасних умовах господарювання у сукупності технологічних інновацій набули селекційні інновації, автоматизація виробничих процесів та в годівлі. Селекційні інновації означають використання сучасних методів селекції, які дозволяють покращувати породи тварин, з кращими фізіологічними характеристиками, що спрямовані на збільшення їх продуктивності –молока, м'яса чи яєць. Також йдеться про підвищення стійкості до захворюваності, отже, економію на ліках та інших витратах [3].

Суттєву роль у підвищенні конкурентоспроможності аграрного сектора відіграє впровадження енергоощадних і ресурсозберігаючих технологій. Раціональне використання водних, енергетичних і матеріальних ресурсів забезпечує зниження собівартості продукції та підвищення ефективності діяльності аграрних підприємств.

Крім того, технологічні інновації сприяють розвитку екологічно орієнтованого виробництва та реалізації принципів сталого розвитку. Використання сучасних біотехнологій, органічного виробництва та екологічно безпечних методів господарювання дозволяє зменшити негативний вплив на навколишнє середовище та підвищити якість аграрної продукції.

У довгостроковій перспективі стратегії підвищення конкурентоспроможності повинні включати розвиток кластерних об’єднань, кооперативного руху та агрохолдингів нового типу, орієнтованих на сталий розвиток, екологічну відповідальність та соціально-економічну стабільність регіонів. Перспективним напрямом є формування ланцюгів доданої вартості від виробництва сировини до глибокої переробки, що дозволить Україні перейти від ролі постачальника сировини до потужного гравця на світових ринках харчової

продукції. Водночас інтеграція у глобальні економічні процеси передбачає не лише розширення експорту, але й активну участь у міжнародних організаціях, торговельних союзах та інноваційних консорціумах, що забезпечує доступ до передових технологій, стандартів якості та сучасних моделей управління [4].

Серед ключових проблем, що стримують інноваційно-інвестиційний розвиток аграрного сектору, необхідно виділити: нерозвиненість аграрної науки та слабкий зв'язок між науковими установами і виробничою сферою; відсутність розвиненої інноваційної інфраструктури — агротехнопарків, інноваційних центрів, демонстраційних ферм; обмежений доступ підприємств до довгострокового фінансування на прийнятних умовах; низький рівень захисту прав інтелектуальної власності; недостатній розвиток ринку аграрного страхування, що підвищує ризики інноваційних проєктів. Вирішення цих проблем вимагає координованих зусиль держави, бізнесу та наукового співтовариства [5].

Отже, впровадження технологічних інновацій є важливою передумовою підвищення конкурентоспроможності аграрного сектора економіки. Використання сучасних цифрових, автоматизованих та ресурсозберігаючих технологій сприяє підвищенню ефективності аграрного виробництва, зміцненню ринкових позицій підприємств та забезпеченню сталого розвитку аграрної сфери.

Список використаних джерел

1. Людвік І. Підвищення конкурентоспроможності АПК України через інноваційні стратегії: розробка та застосування моделей аналізу ефективності в умовах глобалізації. *Економіка та суспільство*, 2024, № 68. https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-68-79

2. Кучер, Л. "Впровадження інноваційних проектів у агробізнесі 4.0 в Україні." Капітал та національні пріоритети в межах бюджету ЄС після 2020 року: Монографія, Варшава: Інститут аграрної економіки та продовольства, 2018, с. 262–278.

3. Романюк І.А. Вплив конкурентної боротьби на управління маркетинговою діяльністю сучасних підприємств. Молодь і сільськогосподарська техніка у XXI сторіччі: Зб. матер. XVI-й Міжнар. форум молоді. Харків : ХНТУСГ. 2020. С. 206.

4. Вініченко І. І., Дідур К.М., Зеленський В.В.. Забезпечення конкурентоспроможності аграрних підприємств в умовах структурної модернізаціїнаціональної економіки. *Ефективна економіка*. 2025. No 9. http://doi.org/10.32702/2307-2105.2025.9.33

5. Котвицька Н. М., Тихонович О. Ю. Роль інновацій та інвестицій у підвищенні конкурентоспроможності аграрного бізнесу. 2026. *Академічні візії.* Випуск 51. https://doi.org/10.5281/zenodo.18732738

УДК 339.9:656

КОНКУРЕНЦІЯ ЗА ЛОГІСТИЧНІ ШЛЯХИ ЯК ФАКТОР ТРАНСФОРМАЦІЇ ГЛОБАЛЬНИХ ЛАНЦЮГІВ ДОДАНОЇ ВАРТОСТІ: МОЖЛИВОСТІ ДЛЯ УКРАЇНИ

Шилов Д. О. аспірант, Кравченко Ю.М. к.е.н., доцент

Державний Біотехнологічний університет

Досліджено вплив конкуренції за логістичні шляхи на трансформацію глобальних ланцюгів доданої вартості. Проаналізовано основні логістичні маршрути світової економіки та визначено роль України як важливого транзитного, енергетичного й продовольчого вузла у глобальній логістичній системі.

Конкуренція за контроль над логістичними шляхами в сучасній глобальній економіці перетворюється на один із ключових факторів трансформації ланцюгів доданої вартості. Якщо раніше визначальними були дешевизна виробництва та доступ до ресурсів, то сьогодні дедалі більшого значення набуває можливість забезпечити безперебійність, швидкість і безпеку переміщення товарів, енергоносіїв і даних. У цьому контексті, проблема глобальної економіки зараз в тому, що логістичні маршрути як ніколи виступають інструментом геоекономічного впливу, здатним змінювати конфігурацію глобальних економічних зв'язків [1; 2].

Проблематика глобальних ланцюгів вартості та логістичних систем досліджувалась у працях М. Портера, Г. Джереффі, Р. Болдвіна, а також міжнародних організацій, які підкреслюють зростання ролі геоекономічних факторів.

Системно основні логістичні шляхи світової економіки доцільно поділити на чотири взаємопов'язані групи: морські стратегічні вузли, сухопутні транспортні коридори, енергетичні маршрути та цифрові логістичні мережі. Кожна з цих груп має власну специфіку функціонування, рівень ризиків і ступінь впливу на формування доданої вартості.

Першу групу становлять морські стратегічні вузли або так звані chokepoints, серед яких ключову роль відіграють Ормузька протока, Суецький канал, Панамський канал та Малаккська протока. Їхня стратегічність обумовлена тим, що вони є «вузькими місцями» глобальної торгівлі, через які проходить значна частка світових вантажопотоків. Наприклад, через Ормузьку протоку транспортується приблизно п'ята частина світової нафти, що робить її критично важливою для енергетичної безпеки. Суецький канал, у свою чергу, є найкоротшим маршрутом між Європою та Азією, і його функціонування прямо впливає на вартість і швидкість контейнерних перевезень [3].

Сучасні події демонструють високий рівень вразливості цих вузлів. Блокування Суецького каналу в 2021 році стало яскравим прикладом того, як локальний інцидент може мати глобальні економічні наслідки, порушивши ланцюги постачання в усьому світі [4]. Подальші події, пов'язані з атаками на

судноплавство в Червоному морі у 2023–2024 рр., змусили логістичні компанії змінювати маршрути та використовувати обхідні шляхи через мис Доброї Надії, що призвело до збільшення транспортних витрат і строків доставки. Аналогічно, геополітична напруга навколо Ормузької протоки створює постійний ризик дестабілізації енергетичних ринків.

У результаті таких ризиків глобальні компанії змінюють підходи до організації ланцюгів доданої вартості. Відбувається відхід від моделі «just-in-time», орієнтованої на мінімізацію запасів, до моделі «just-in-case», яка передбачає створення резервів і диверсифікацію маршрутів. Це підвищує стійкість системи, але одночасно збільшує її вартість [2; 5].

Друга група – сухопутні транспортні коридори – охоплює залізничні, автомобільні та трубопровідні маршрути, що забезпечують зв'язок між континентами. Особливе значення тут має ініціатива Один пояс, один шлях, яка спрямована на формування альтернативних шляхів між Азією та Європою. Сухопутні маршрути мають перевагу швидкості порівняно з морськими перевезеннями, що робить їх привабливими для транспортування товарів із високою доданою вартістю [6].

Однак після 2022 року ці маршрути зазнали суттєвих змін. Війна в Україні та санкційна політика щодо Росії призвели до зниження привабливості традиційних транзитних шляхів через її територію. У відповідь почалося активне формування альтернативних маршрутів, зокрема через Каспійський регіон і Туреччину. Так званий «Середній коридор» поступово набуває значення як новий транспортний хребет між Сходом і Заходом. Це сприяє перерозподілу логістичних потоків і посиленню ролі нових транзитних країн.

Третю групу становлять енергетичні логістичні шляхи, які включають транспортування нафти, природного газу та скрапленого газу. На відміну від інших типів логістики, енергетичні маршрути характеризуються високим рівнем інфраструктурної прив'язаності та довгостроковими контрактами. Трубопроводи, такі як Дружба, формують стійкі економічні зв'язки між країнами й можуть виступати інструментом політичного впливу.

Після 2022 року глобальна енергетична логістика зазнала радикальних змін. Європейський Союз значно скоротив залежність від російських енергоносіїв, що призвело до різкого зростання імпорту зрідженого природного газу з інших регіонів, зокрема США та Катару. Водночас Росія переорієнтовує свої енергетичні потоки на азійські ринки. Це спричинило формування нових ланцюгів постачання, які змінюють географію розміщення виробництва та переробки [3; 7].

Четверта група – цифрові логістичні шляхи – є відносно новою, але надзвичайно важливою складовою глобальної економіки. Йдеться про підводні інтернет-кабелі, дата-центри та цифрову інфраструктуру, яка забезпечує функціонування міжнародної торгівлі, фінансових операцій і управління ланцюгами постачання. Більшість глобального інтернет-трафіку проходить саме через кабельні мережі, що робить їх критично важливими для стабільності світової економіки [5].

З огляду на зазначене, актуалізується питання визначення механізмів посилення позицій України у конкуренції за логістичні шляхи в умовах трансформації глобальних ланцюгів доданої вартості. Україна має потенціал для зміцнення свого впливу на регіональні логістичні процеси через розвиток транзитної, транспортної та інфраструктурної функцій, а також формування важливого вузла у продовольчих, енергетичних і транспортних потоках.

Одним із ключових напрямів є посилення ролі України у глобальних аграрних товарних потоках. Значний експорт зернових через Чорноморський регіон формує передумови для закріплення України як важливого елемента системи міжнародної продовольчої безпеки, насамперед для країн Близького Сходу та Африки. Підвищенню геоекономічного значення України можуть сприяти укладення довгострокових міждержавних контрактів, розвиток комплексних логістичних послуг, що поєднують транспортування, страхування та супровід поставок, а також забезпечення стабільності експортних маршрутів.

Важливим чинником є також вигідне географічне положення України на перетині транспортних коридорів між Європою та Азією. У сучасних умовах зростає значення альтернативних маршрутів, які можуть доповнювати або частково заміщувати традиційні транзитні напрями через територію Росії та Білорусі. У цьому контексті стратегічного значення набувають інтеграція України до європейської транспортної мережі TEN-T, розвиток маршрутів Польща – Україна – Чорне море та Балтія – Україна – Туреччина, а також модернізація прикордонної та транспортної інфраструктури.

Окрему роль у посиленні логістичного потенціалу України відіграє енергетичний фактор. Наявність значних підземних газових сховищ, розвиненої транзитної інфраструктури та потенціалу розвитку водневої енергетики створюють передумови для поглиблення інтеграції України до європейського енергетичного ринку. Перспективними напрямами є розвиток реверсних потоків, використання газосховищ як елементу енергетичної безпеки ЄС та участь у формуванні нових енергетичних маршрутів.

Суттєвого значення набуває розвиток транспортно-логістичних вузлів (hubs), зокрема морських портів, сухих портів, мультимодальних терміналів і центрів перевалки вантажів. Саме логістичні вузли забезпечують концентрацію, перерозподіл та створення доданої вартості у глобальних потоках товарів. У зв’язку з цим доцільним є розвиток інфраструктури зберігання, переробки та мультимодального транспортування вантажів.

Водночас сучасна логістика дедалі більше залежить від цифрової інфраструктури та управління інформаційними потоками. Цифровізація митних процедур, впровадження платформ управління перевезеннями, систем моніторингу та відстеження вантажів сприяють підвищенню ефективності логістичних процесів і конкурентоспроможності транспортної системи держави.

Не менш важливими умовами розвитку логістичного потенціалу є забезпечення безпеки транспортних маршрутів, інституційна стабільність, зниження корупційних ризиків та формування довіри міжнародних партнерів. У сучасній глобальній економіці конкурентоспроможність логістичних маршрутів

значною мірою визначається рівнем надійності, передбачуваності та швидкості переміщення товарів.

Отже, можливість України посилювати свій вплив на глобальні економічні процеси через логістику пов'язана насамперед із розвитком транзитного потенціалу, модернізацією транспортної та енергетичної інфраструктури, створенням логістичних вузлів і впровадженням цифрових рішень. За умови комплексної реалізації зазначених напрямів Україна може зміцнити свої позиції у глобальних ланцюгах доданої вартості та посилити роль у міжнародній логістичній системі.

Список використаних джерел

1. Gereffi G. Global Value Chains and Development. Cambridge University Press, 2018.
2. Baldwin R. The Great Convergence: Information Technology and the New Globalization. Harvard University Press, 2016.
3. World Bank. Global Economic Prospects 2024. Washington, 2024.
4. The Conversation. How the Suez Canal blockage disrupted global trade. 2021.
5. OECD. Global Value Chains and Trade. Paris, 2023.
6. Asian Development Bank. Trade and Connectivity in Eurasia. Manila, 2022.
7. International Energy Agency. World Energy Outlook 2023. Paris, 2023.

УДК 658.005:330.34

СТРАТЕГІЧНІ НАПРЯМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ ПІДПРИЄМСТВА В СУЧАСНИХ УМОВАХ ГОСПОДАРЮВАННЯ

Ляхоцька О.К., здобувач вищої освіти першого рівня, Кравченко Ю.М. к.е.н., доцент

Державний Біотехнологічний університет

Досліджено стратегічні напрями забезпечення сталого розвитку підприємства в сучасних умовах господарювання. Визначено роль економічних, соціальних та екологічних чинників у підвищенні ефективності діяльності підприємства.

У сучасних умовах господарювання забезпечення сталого розвитку підприємства є одним із пріоритетних завдань ефективного управління. Глобалізаційні процеси, економічна нестабільність, посилення конкуренції, цифровізація економіки та екологічні виклики зумовлюють необхідність формування нових стратегічних підходів до функціонування підприємств. Саме концепція сталого розвитку дозволяє забезпечити збалансоване поєднання економічних, соціальних та екологічних цілей діяльності підприємства.

Концепція сталого розвитку суспільства на разі є основоположною у глобальному масштабі. Вперше визначення терміну «сталий розвиток» було проголошено у звіті «Our Common Future» Всесвітньою комісією з навколишнього середовища та розвитку ООН (World Commission on Environment and Development) як «розвиток, що задовольняє потреби теперішнього часу,

проте не ставить під загрозу здатність майбутніх поколінь задовольняти свої власні потреби» [1].

Попри деталізацію незмінним лишається те, що в основу концепції сталого розвитку покладено три принципово основоположні складові, а саме:

-економічне зростання (збереження та розвиток капіталу, що забезпечуватиме створення необхідного для поточного й перспективного розвитку комплексу ресурсів [2, с. 42]; економне використання природних ресурсів, застосування екологічних технологій, створення продукції з дотриманням екологічних стандартів, мінімізацію, переробку і знищення відходів [3, с. 104-106]);

-прогрес у соціальній сфері (збереження стабільності соціальних і культурних систем, справедливий розподіл благ, скорочення руйнівних конфліктів між людьми; збереження культурної спадщини і різноманіття);

-захист навколишнього середовища (забезпечення життєздатності екосистем, цілісності біологічних і фізичних природних систем, від яких залежить стабільність усієї біосфери). Тут основна увага приділена створенню передумов для здатності екосистеми до самовідтворення, а не збереження її в статичному «ідеальному» стані [4].

Сталий розвиток підприємства передбачає здатність суб'єкта господарювання забезпечувати стабільне економічне зростання, ефективне використання ресурсів, соціальну відповідальність та мінімізацію негативного впливу на навколишнє середовище. Реалізація принципів сталого розвитку сприяє підвищенню конкурентоспроможності підприємства, зміцненню його ринкових позицій та забезпеченню довгострокової ефективності діяльності.

Одним із ключових стратегічних напрямів забезпечення сталого розвитку підприємства є впровадження інноваційних технологій та цифрових рішень. Використання сучасних інформаційних систем, автоматизація виробничих процесів і цифровізація управління дозволяють підвищити продуктивність праці, оптимізувати витрати та покращити якість продукції й послуг.

Важливе значення має також екологічна складова стратегії сталого розвитку. Підприємства повинні орієнтуватися на раціональне використання природних ресурсів, впровадження енергозберігаючих технологій, скорочення обсягів відходів та зниження рівня забруднення навколишнього середовища. Реалізація екологічно орієнтованої політики сприяє формуванню позитивного іміджу підприємства та підвищенню рівня його соціальної відповідальності.

Так, на думку, Степаненко Т.О., економічний розвиток підприємства відбувається через нарощування економічних індикаторів (впровадження інновацій, фінансові ресурси і механізми, темпи приросту виробництва, рівень конкурентоспроможності, капіталовкладення, управління ризиками) [5, с. 137]. Васильчук І.П. вважає, що еко номічна складова сталого розвитку передбачає підтримку поступового стійкого росту частки ринку та обсягів реалізації продукції, які мають призвести і до зростання фінансових результатів, але за умов зниження витрат і не нанесення шкоди навколишньому середовищу. При цьому фінансовий результат має досягатися за умов скорочення шкідливого

впливу результатів діяльності підприємства на навколишнє середовище, включаючи і людство як частину природи [6, с. 41].

Соціальна складова сталого розвитку передбачає створення належних умов праці, розвиток трудового потенціалу персоналу, забезпечення соціального захисту працівників та підтримку корпоративної культури. Ефективне управління людськими ресурсами сприяє підвищенню мотивації працівників і продуктивності праці.

Крім того, важливим стратегічним напрямом є забезпечення фінансової стійкості підприємства. Раціональне управління фінансовими ресурсами, диверсифікація джерел фінансування та впровадження сучасних методів фінансового планування дозволяють підвищити адаптивність підприємства до змін зовнішнього середовища.

Процес формування ефективного механізму сталого розвитку промислових підприємств включає п’ять блоків:

1. Сукупний потенціал підприємства – визначення ключових показників і факторів, що характеризують стійкість компанії, її ресурси, фонди, резерви, можливості та джерела для здійснення господарської діяльності.

2. Цілі сталого розвитку – визначення стратегічних завдань і пріоритетів сталого розвитку підприємства.

3. Сукупність факторів, методів і принципів сталого розвитку – включає три важливі складові механізму: принципи, фактори, методи та інструменти управління сталим розвитком.

4. Оцінка рівня стійкості – вибір відповідних показників для оцінки сталого розвитку підприємства з урахуванням специфіки та особливостей виробничої діяльності.

5. Адаптація управлінських рішень і коригування цілей, функцій, принципів і методів – прийняття рішень та коригування управлінської стратегії відповідно до результатів оцінки рівня стійкості підприємства [7].

Отже, забезпечення сталого розвитку підприємства в сучасних умовах господарювання потребує комплексного підходу, що поєднує економічні, соціальні та екологічні аспекти діяльності. Реалізація стратегічних напрямів сталого розвитку сприятиме підвищенню ефективності функціонування підприємства, зміцненню його конкурентних переваг та забезпеченню довгострокового розвитку.

Список використаних джерел

1. Our Common Future. World Commission on Environment and Development.URL: http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf

2. Мельничук, Л.С. Теоретичні засади та проблеми втілення концепції сталого розвитку підприємств в Україні. *Науковий вісник Херсонського державного університету.* Серія Економічні науки, 20916, №17(3), С. 41-43.

3. Захарченко, О.В. Наукові основи сталого розвитку. *Наукові праці НУХТ*. 2014, Том 20, N 4, С.104-110.

4. Заблоцький О., Андрусіва К., Карвацка Н. (2024). Концепція сталого розвитку як основа формування та оцінки стратегії підприємства. *Grail of Science*, 2024, № 36, С. 76–82. https://doi.org/10.36074/grail-of-science.16.02.2024.011

5. Степаненко Т. О. Теоретичні та методичні засади сталого розвитку підприємства. *Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського.* Серія: Економіка і управління. 2020. № 6. С. 135–141. DOI: https://doi.org/10.32838/2523-4803/70-6-238

6. Васильчук І. П. Оцінка діяльності корпорацій в контексті сталого розвитку. *Вісник соціально-економічних досліджень.* 2012. № 2. С. 39–44.

7. Теплюк, М., & Дмитренко, А. Ентропійні аспекти та обґрунтування напрямів забезпечення сталого розвитку підприємства. *Сталий розвиток економіки*, 2025, №3 (54), С. 64-71. https://doi.org/10.32782/2308-1988/2025-54-10

УДК 658.5:338.45

ОПТИМІЗАЦІЯ ВИТРАТ НА ВИРОБНИЦТВО ПРОДУКЦІЇ ЯК НАПРЯМ ПІДВИЩЕННЯ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА

Мовчан А.С., здобувач вищої освіти першого рівня, Кравченко Ю.М. к.е.н., доцент

Державний Біотехнологічний університет

Досліджено основні напрями оптимізації витрат на виробництво продукції та їх вплив на підвищення конкурентоспроможності підприємства. Визначено роль ефективного управління витратами у забезпеченні сталого розвитку підприємства.

У сучасних умовах господарювання важливим чинником забезпечення ефективної діяльності підприємства є раціональне управління витратами на виробництво продукції. Посилення конкуренції, нестабільність економічного середовища та необхідність підвищення ефективності використання ресурсів зумовлюють потребу в пошуку резервів зниження витрат і вдосконаленні системи управління виробничими процесами. Саме оптимізація витрат виступає одним із ключових напрямів підвищення конкурентоспроможності підприємства.

Витрати – це вартісні значення використання всіх видів ресурсів: матеріальних, фінансових, трудових та інформаційних для досягнення мети підприємства – отримання прибутку. Також бажано звернути увагу на те, що менеджери при прийнятті рішень повинні володіти більш глибокою інформацією про витрати, яка відображається у відповідних класифікаційних групах витрат [1].

Витрати на виробництво продукції формують собівартість продукції та безпосередньо впливають на фінансові результати діяльності підприємства. Високий рівень витрат знижує прибутковість виробництва, обмежує можливості розвитку підприємства та негативно впливає на його ринкові позиції. У зв’язку з

цим підприємства повинні здійснювати постійний контроль за витратами та впроваджувати сучасні механізми їх оптимізації.

На рівні підприємств основними питаннями є формування та рівень собівартості продукції. Витрати виробництва та рівень цін визначають оптимальний обсяг виробництва продукції та послуг, зручність використання тих чи інших технологій виробництва і в кінцевому підсумку головну мету бізнесу — прибутковість. Водночас слід зазначити, що сільське господарство є галуззю, на яку впливає багато факторів зовнішнього середовища (насамперед природного середовища). На формування витрат виробництва, як і на будь-який господарський процес, впливають і об'єктивні економічні закони — загальні, основні та спеціальні, що відповідають певному ступеню суспільно-економічного розвитку. Отже, з точки зору загальної економіки або макроекономіки витрати виробництва повинні формуватися відповідно до вимог загальних законів економіки праці, відповідно до яких суспільні витрати виробництва повинні бути мінімізовані. Одним із основних напрямів зниження виробничих витрат є впровадження інноваційних технологій та автоматизація виробничих процесів. Використання сучасного обладнання, цифрових систем управління виробництвом і ресурсозберігаючих технологій дозволяє підвищити продуктивність праці, скоротити втрати ресурсів та зменшити собівартість продукції [2].

Важливу роль у процесі оптимізації витрат відіграє ефективне використання матеріальних, трудових і фінансових ресурсів підприємства. Раціональна організація виробництва, вдосконалення логістичних процесів, скорочення непродуктивних витрат та підвищення рівня кваліфікації персоналу сприяють підвищенню ефективності діяльності підприємства.

Стратегічне управління витратами є системою методів обліку і аналізу витрат, що забезпечує вибір стратегії на основі планування та прогнозування раціонального використання витрат підприємства, контроль за забезпеченням необхідного рівня витрат у процесі фінансово господарської діяльності та інформаційну підтримку при ухваленні всіх управлінських рішень, що дозволяє реалізовувати стратегію підприємства [3].

Крім того, значне значення має впровадження сучасних методів управління витратами, зокрема бюджетування, контролінгу, системи управлінського обліку та аналізу витрат. Використання таких інструментів дозволяє своєчасно виявляти резерви економії ресурсів і приймати ефективні управлінські рішення.

Необхідність стратегії мінімізації витрат викликана нестабільністю ринкового середовища, неповнотою інформації про її майбутній стан [4].

Результативна стратегія підприємства повинна ґрунтуватися на напрямках скорочення витрат, залежно від обсягів та виду діяльності. Така програма мінімізації витрат включає окремі проекти, наприклад: оптимізація виробництва, енергозбереження, оптимізація рекламної кампанії та маркетингових витрат тощо. Кожен із проектів повинен містити назву, конкретні статті витрат для оптимізації (наприклад, закупівля енергозберігаючих ламп, утеплювача,

фінансування проведення відповідних робіт), факторів пливу (валютні ризики, цінові обмеження, терміни тощо), сутність заходу (обґрунтування та етапи впровадження), вартість (калькуляція статей витрат із повним обґрунтуванням) [5].

Оптимізація витрат на виробництво продукції позитивно впливає на конкурентоспроможність підприємства, оскільки забезпечує можливість зниження ціни продукції, підвищення її якості та зміцнення ринкових позицій підприємства. Це створює передумови для стабільного розвитку підприємства та підвищення ефективності його функціонування в довгостроковій перспективі.

Отже, оптимізація витрат на виробництво продукції є важливим напрямом підвищення конкурентоспроможності підприємства. Реалізація сучасних підходів до управління витратами сприяє підвищенню ефективності виробництва, зміцненню фінансового стану та забезпеченню сталого розвитку підприємства.

Список використаних джерел

1. Ляшенко Г., Овсяннікова, В. Витрати підприємства та управління ними. *Економіка та суспільство*, 2022, № 45, https://doi.org/10.32782/2524-0072/2022-45-27

2. Олійник А. С., Могилевський М. В., Лявінець І. О.. Оптимізація виробничих витрат при формуванні стратегії розвитку підприємства в бізнес-середовищі. *Інвестиції: практика та досвід*, 2023, № 21, С.84-90.

3. Проданчук М. А. Стратегічне управління витратами аграрних підприємств. *Облік і фінанси*. 2012. No 3.С. 150—156.

4. Саєнко М.Г. Стратегія підприємства: підручник. Тернопіль: "Економічна думка". 2006. 390 с.

5. Соломатіна Т. В. Вибір програми оптимізації вит рат компанії в нестабільному ринковому середовищі. *Гроші, фінанси і кредит.* 2017. No 16. С. 802—805.

УДК 338.43 : 658.52

ДИВЕРСИФІКАЦІЯ ДІЯЛЬНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВ

Філімонов Ю.Л., к.е.н., доцент, Ісаєвський А.В. аспірант

Державний біотехнологічний університет

Мета дослідження полягає у розробці теоретичних та методичних засад диверсифікації діяльності сільськогосподарських підприємств. Матеріали включають дослідження тенденцій диверсифікації у сільському господарстві країни, розробку маркетингових інструментів диверсифікації сільського господарства, уточнення фінансових аспектів диверсифікації аграрних підприємств та удосконалення інструментів управління ланцюгами постачань.

У контексті сталого розвитку диверсифікація виступає дієвим інструментом для досягнення економічної, екологічної й соціальної стійкості.

Важливим напрямом впровадження принципів циркулярної економіки у суспільне виробництво виступає біоекономіка, яка базується на використанні сировини, основним джерелом якої є сільське господарство, яке забезпечує інтеграцію засад сталого розвитку в економічну модель з акцентом на екологічну і соціальну відповідальність [1,2].

Основним пріоритетом у системі стратегічних цілей аграрної політики України залишається забезпечення продовольчої безпеки. Станом на 2021 рік населення України залишається недостатньо забезпеченим молоком і молочними продуктами – на рівні 95,2 %, плодами, ягодами і виноградом – на 79,3 %, рибою і рибними продуктами – лише на 19 %. Аграрні товаровиробники зосереджуються на виробництві прибуткових видів продукції, а нерентабельні галузі занепадають. Таким чином, саме диверсифікація зможе оптимізувати і гармонізувати галузеву структуру аграрного сектора України.

У 1990-2000 рр. в аграрному секторі України спостерігалися тенденції, що спричинили суттєвий занепад у виробництві продукції тваринництва та майже повну відмову від неї більшості малих і середніх господарств. Останніми роками частка продукції рослинництва демонструвала стійку тенденцію до зростання і у 2024 р. досягла 83,2 % від загального обсягу.

Основними продуктами, що визначають структуру галузі рослинництва, традиційно є зернові та технічні культури; тваринництва – приріст і молоко. Частка зернових культур мала тенденцію до підвищення з 2011 до 2021 р. та зросла на 11,2 %, а з 2022 р. почався спад, що становив у 2024 р. – 13,5 %. Технічні культури відзначаються чіткою тенденцією до зростання питомої ваги, приріст якої становив 10,3 %; овочеві культури та картопля мають стабільну частку на рівні 6-10 %. Виробництво молока скоротилось на 4,5 %, а приросту худоби – на 1,5 %. Найбільш строкатою виробнича структура була у 2021 р., коли на тваринництво припадало лише 17,8 %, тоді як у 2024 р. – вже 22,9 %.

Дослідження вказують на значні структурні зміни, які відбуваються у рослинництві і сприяють підвищенню рівня спеціалізації. Якщо у 2011 р. зернові і технічні культури займали у структурі рослинництва 65,4 %, то у 2021 р. їх частка виросла до 82,2 %, проте у 2024 р. знов скоротилась до 68,9 %. Найвищі темпи приросту демонструють технічні культури, зокрема: соя – 6,9 %, соняшник – 2,9 і ріпак – 2,7 %.

Впродовж досліджуваного періоду чистий прибуток с.-г. підприємств України виріс у 5 разів, а питома вага прибуткових господарств зросла на 9,4 %. Рівень рентабельності як операційної, так і господарської діяльності в цілому знизився на 3,5 і 3,4 % і становив у 2022 р. 21,0 і 14,1 % відповідно.

При аналізі рівня диверсифікації виробничої діяльності ми застосовували два основних підходи для визначення коефіцієнта диверсифікації:

1. Формула Херфіндаля-Хіршмана.

2. Формула коефіцієнта зосередження галузей.

Розрахунки демонструють, що результати, отримані з використанням зазначених методів, є близькими за абсолютними значеннями, а на їх основі можна зробити наступні висновки:

1. У період з 2011 по 2021 рр. в сільському господарстві України прослідковувалась чітка тенденція зниження рівня диверсифікації, оскільки коефіцієнт Херфіндаля-Хіршмана скоротився на 0,096, а коефіцієнт зосередження галузей – на 0,068.

2. З 2022 по 2024 р. спостерігається тенденція підвищення коефіцієнтів диверсифікації на 0,075 і 0,052 відповідно, що свідчить про позитивні процеси її розвитку.

3. На основі ліній трендів за весь досліджуваний період можна констатувати тенденцію зниження коефіцієнта Херфіндаля-Хіршмана в середньому на 0,004, а коефіцієнта зосередження галузей – на 0,003, тобто зниження рівня диверсифікації сільського господарства України.

Серед напрямів диверсифікації діяльності аграрних підприємств України, на нашу думку, основними є:

1. Удосконалення маркетингових інструментів.

Серед ключових факторів формування асортименту продукції слід виокремити ринкові аспекти, що дозволяють оцінити поточний та потенційний попит, рівень продажів, а також елементи, пов’язані з організацією та управлінням. Вони включають організаційну структуру, систему управління, адаптивність до змін, спеціалізацію виробництва та ефективну взаємодію [3].

Рівень і динаміка цін на продукцію є одним із основних спонукальних чинників, що впливають на диверсифікацію виробництва в аграрних підприємствах. Результати аналізу зміни цін протягом 2023 р. свідчать про їх зниження по зернових і олійних культурах на 11,3 і 12,9 % відповідно, по овочах – на 17,3 %. Найбільш відчутне зростання зафіксоване по плодах і ягодах – на 54,2 %. Протягом 2010-2023 рр. спостерігалося і суттєве зростання цін на приріст живої маси тварин – у 4,9 рази, на молоко – у 4,2 рази, на яйця – у 6,5 разів. У 2023 році порівняно з 2022-м найбільше подорожчали приріст живої маси тварин – на 16,4 % і яйця – на 30,9 %.

Протягом останніх років аграрний сектор України стикається з серйозною проблемою цінової нестабільності на сільськогосподарську продукцію, яка проявляється як у межах календарного, так і маркетингового року. Подібна ситуація посилює ризики диверсифікації операційної діяльності. Найвищий рівень нестабільності у 2022 році було зафіксовано при реалізації яєць. При середній вартості десятка яєць у 22,51 грн розмах цін складав 3,15.

Для ефективного впровадження стратегій диверсифікації аграрним підприємствам доцільно інтегрувати цифрові канали просування, зокрема інвестувати в SEO, використовувати контекстну рекламу, соціальні мережі, SMM, Email-, контент- та мобільний маркетинг.

2. Фінансове забезпечення диверсифікації аграрних підприємств.

В структурі активів аграрних підприємств України найбільшу питому вагу займають оборотні кошти (більше 60 %), а в структурі пасивів найбільша частка належіть власному капіталу (більше 50 %). Питома вага поточних значно перевищує частку довгострокових зобов’язань і становить 34,3-42,5 %. Отже, значна кількість аграріїв в умовах сьогодення недоотримують прибуток, що

призводить до нестачі власних оборотних засобів для розширеного відтворення, що знижує ефективність виробництва.

Важливим кроком є вибір оптимальних методів фінансування для реалізації стратегії диверсифікації. До потенційних джерел можна віднести власний капітал, банківські кредити, залучення інвесторів чи використання програм державної підтримки [4].

3. Управління ланцюгами постачань аграрних підприємств.

У сучасних умовах зростає значення інтеграції в ланцюгах постачань як стратегічного інструменту для зміцнення конкурентоспроможності підприємств. Водночас можна спостерігати зміщення акценту з конкуренції між окремими компаніями на боротьбу між цілими ланцюгами постачань [5].

Бізнес-процеси в межах ланцюга постачань повинні бути розроблені з урахуванням виключення зайвих елементів, які не додають додаткової вартості та не збільшують їх значимість для споживача. У цьому контексті особливо важливим стає питання застосування ефективних методів моделювання бізнес-процесів в управлінні ланцюгами постачань.

Список використаних джерел

1. Талавиря М.П., Клименко А.М., Жебка В.В. Розвиток біоекономіки та управління природокористуванням в умовах глобалізації: монографія. Київ, 2012. 339 с.

2. Байдала В., Бутенко В. Методичні підходи до оцінки потенціалу біоекономіки. *Бізнес-Інформ.* 2015. №4. С. 29-34.

3. Власова Н.О., Безгінова Л.І., Гросул В.А., Дядюк М.А. Формування ефективної цінової політики підприємств торгівлі на продовольчі товари: монографія. Харк. держ. ун-т харч. та торгівлі. Харків: ХДУХТ, 2012. 376 с.

4. Свиноус І.В., Сатир Л.М. Організаційно-економічні аспекти диверсифікації виробничої діяльності сільськогосподарських підприємств. *Вісник аграрної науки.* 2015. № 8. С. 66-70.

5. Christopher M. Logistics and supply chain management: Creating value-adding networks. London: Prentice Hall, 2005. 288 с.

УДК: 332.146:330.322

АГРОБІЗНЕС В УМОВАХ ВІЙНИ: НАСЛІДКИ ТА ВИКЛИКИ

Шубний В.В., здобувач рівня вищої освіти другий (магістерський)

(Державний біотехнологічний університет)

У роботі обґрунтовано наслідки, виклики, аналіз та оцінку агробізнесу в умовах війни. Встановлено, що аграрний сектор залишається ключовим джерелом валютних надходжень, формуючи понад половину товарного експорту України.

Агробізнес в Україні під час повномасштабної війни продемонстрував надзвичайну стійкість, адаптувавшись до екстремальних умов, але зазнав колосальних збитків. Аналіз наслідків агресії Росії проти України доводить

зниження продуктивності сільськогосподарського сектору, який є стратегічною основою національної економіки та глобальної продовольчої безпеки. Найбільш очевидним наслідком є значне скорочення посівних площ. Дослідження, що охоплює періоди до конфлікту (2006-2013 роки), часткової окупації (2014-2021 роки) та повномасштабного вторгнення (з 2022 року) [1], констатує істотне зменшення обсягів вирощування культур. Це прямо пов'язане з тимчасовою втратою контролю над територіями, масовим відтоком населення та неможливістю проводити агротехнічні заходи в зонах активних бойових дій. Зниження виробництва супроводжується руйнуванням критичної інфраструктури: складів для зберігання, переробних потужностей, транспортних магістралей та енергетичних об'єктів, що ускладнює не лише збирання врожаю, а й його подальшу реалізацію.

Фінансова стабільність аграрних підприємств перебуває під серйозною загрозою. Війна спричинила різке зростання операційних витрат, зокрема на забезпечення безпеки, відновлення пошкоджених активів та компенсацію втрат від прямих ударів. Крім того, ускладнення доступу до фінансування та кредитних ресурсів через загальну економічну нестабільність та підвищений ризик інвестування в аграрний сектор призводить до дефіциту оборотних коштів. Аналіз фінансових результатів показує негативну динаміку: зниження прибутковості, зростання заборгованості та загальне погіршення фінансового стану багатьох підприємств. Серед ключових викликів, з якими стикається аграрна галузь – проблема забезпечення національної та глобальної продовольчої безпеки [2, с.166]. Україна, будучи одним із світових лідерів з експорту зернових та олійних культур, змушена була шукати альтернативні логістичні коридори після блокування чорноморських портів, що значно збільшило витрати на експорт і знизило його обсяги. Ця ситуація не лише вплинула на внутрішній ринок, але й спричинила хвилю нестабільності на світових продовольчих ринках, що особливо загострило проблему продовольчої безпеки в країнах Африки та Близького Сходу.

Іншим важливим викликом є необхідність адаптації бізнес-моделей до нових реалій. Аграрні підприємства змушені переглядати свої стратегії, інтегруючи цифрові технології для підвищення прозорості, ефективності управління ризиками та доступу до фінансування. Також актуалізується питання інтеграції в європейські ринки, що вимагає відповідності новим стандартам якості та безпеки продукції. Ключові макропоказники агросектору України у 2025 році представлені в табл. 1.

Таблиця 1. Ключові макропоказники агросектору України у 2025 році

Показник	Значення
Обсяг аграрного експорту	22,71 млрд доларів США
Виробництво зерна	61,0 млн тонн (+8,2% порівняно з 2024 роком)
Основні ринки експорту	ЄС, Азія, Африка (92% експорту)

Оцінка стану та перспектив агробізнесу вимагає комплексного підходу. З одного боку, аналіз ризиків у шокові періоди показує високу вразливість агровиробників до макроекономічної нестабільності, що негативно впливає на їхню інвестиційну привабливість. З іншого боку, дослідження вказують на високу стійкість (resilience) сектору, яка проявляється в гнучкості малого та середнього бізнесу, здатності до швидкої адаптації та пошуку інноваційних рішень навіть у воєнних умовах. Ця стійкість підтримується державною підтримкою у формі субсидій, гарантованих закупівель та спеціальних кредитних програм, а також міжнародною технічною та фінансовою допомогою. Майбутнє українського агробізнесу залежатиме від здатності поєднати оперативну адаптацію до воєнних викликів зі стратегічними ініціативами щодо модернізації, диверсифікації та інтеграції в глобальні сталі аграрні ланцюги.

Варто зауважити, що станом на кінець 2024 року загальні прямі та непрямі втрати агросектору оцінюються майже у $84 млрд [3]. Через порушення технологічних процесів, нестачу добрив та погодні аномалії врожайність основних культур (пшениця, соняшник, соя) зменшилася. Знищено техніку, складські приміщення, елеватори та транспортні вузли. Величезні площі родючих земель (особливо на півдні та сході) є замінованими або забрудненими боєприпасами, що унеможливлює їх обробіток. Втрата традиційних морських шляхів змусила шукати нові, дорожчі маршрути, що підвищило собівартість продукції. Мобілізація та міграція спричинили суттєву нестачу робочої сили.

Агробізнес переорієнтувався на вирощування менш енергозатратних, але більш прибуткових культур. Аграрії навчилися працювати в умовах постійних загроз. Попри проблеми, західні регіони України стали хабами, де агробізнес продовжує розвиватися, демонструючи високі показники [4, с.183]. Також варто зауважити, що незважаючи на війну, інвестування в агробізнес поступово відновлюється (завдяки адаптації, новим технологіям та експортному потенціалу). Впровадження точного землеробства та цифрових платформ управління допомагає оптимізувати витрати в умовах дефіциту ресурсів. Попри спад індексу інвестиційної привабливості, іноземний капітал поступово повертається, орієнтуючись на переробку продукції з доданою вартістю. Понад 70% малих фермерів в Україні оцінюють вплив агрохолдингів як негативний, відзначаючи системну нерівність у доступі до землі та ресурсів. Основними наслідками є монополізація угідь, виснаження ґрунтів через монокультури, відтік молоді та скорочення робочих місць через автоматизацію.

Висновок. Попри війну, агробізнес демонструє надзвичайну гнучкість, забезпечуючи 7-8% ВВП та понад 40% валютної виручки в економіці країни. Сільське господарство залишається важливою складовою ВВП країни. Український агросектор пройшов стадію шоку і перейшов до фази «життя в умовах війні». У 2025 році спостерігалося відновлення виробництва зернових до понад 61 млн тонн. Не зважаючи на воєнні ризики, експорт агропродукції у 2025 році перевищив 22 млрд дол. США. Стійкість забезпечується гнучкістю бізнесу, підтримкою західних партнерів та розвитком альтернативних логістичних

шляхів. Проте, без повноцінного розмінування та розблокування морської торгівлі, стале зростання залишається обмеженим.

Список використаних джерел

1. Антощенкова В. В., Пересада М.О. Сучасний стан інвестиційної діяльності в Україні. Journal of Management, Economics and Technology. Журнал з менеджменту, економіки та технологій. № 3, 2025. С. 95-107. DOI: 10.69803/3083-6034-2025-3-95 https://journal-met.kh.ua/jme032508.html

2. Lomovskykh L., Filimonov Yu., Antoshchenkova V., Hlyan T. Economic Development of Crop Production in Ukraine. Журнал з менеджменту, економіки та технологій. 2024. № 3. P. 161-172. DOI: 10.69803/3083-6034-2024-3-161 https://journal-met.kh.ua/jme032413.html

3. Підсумки функціонування аграрного сектору України у 2025 році. Національний інститут стратегічних досліджень (НІСД). https://niss.gov.ua/doslidzhennya/ekonomika/pidsumky-funktsionuvannya-ahrarnoho-sektoru-ukrayiny-u-2025-rotsi

4. Herasymenko, Y.,Ryzhikova, N., Antoshchenkova, V. Birchenko, N., Chertov, V.The labor market as a component of the economic security system of ukraine. Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu, 2024, (4), pp. 180-186 https://doi.org/10.33271/nvngu/2024-4/180

УДК 631.3:338.43:004.9

ІНЖЕНЕРНО-ЕКОНОМІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО РОЗВИТКУ АГРАРНОГО СЕКТОРА В УМОВАХ ЦИФРОВІЗАЦІЇ

Білик Роман, здобувач ВО;
Міненко С. І., доктор філософії з менеджменту, доцент

Державний біотехнологічний університет

Обґрунтовано роль агроінженерних рішень у забезпеченні технологічного та економічного розвитку аграрного сектору. Розглянуто напрями підвищення ефективності використання машинно-тракторного парку, цифрового моніторингу технічного стану машин, енергоощадного використання ресурсів та оптимізації виробничих витрат аграрних підприємств.

Ключові слова: агроінженерія, машинно-тракторний парк, технічний сервіс, цифровізація, аграрний сектор, енергоефективність, економічна ефективність.

Сучасний розвиток аграрного сектору економіки України значною мірою залежить від рівня технологічного оновлення виробництва, ефективності використання сільськогосподарської техніки, якості технічного сервісу та здатності аграрних підприємств адаптуватися до ресурсних, логістичних і кадрових обмежень. У цих умовах особливого значення набувають інженерні підходи до організації аграрного виробництва, оскільки саме вони забезпечують практичне впровадження технологічного прогресу, підвищення

ефективності використання техніки, раціональне управління ресурсами та стабільність функціонування агропромислового комплексу.

Технологічний розвиток аграрного сектору не може розглядатися лише як оновлення машин і обладнання. Він охоплює комплекс взаємопов'язаних процесів: раціональне формування машинно-тракторного парку, підвищення надійності техніки, впровадження елементів точного землеробства, цифровий контроль виконання технологічних операцій, оптимізацію витрат пального, скорочення простоїв машин і підвищення продуктивності праці. Водночас кожне технічне рішення має бути економічно обґрунтованим та спрямованим на зниження собівартості продукції, підвищення прибутковості й конкурентоспроможності аграрного підприємства.

Одним із ключових напрямів агроінженерного забезпечення розвитку аграрного сектору є ефективне управління машинно-тракторним парком. В умовах обмеженого доступу до фінансових ресурсів аграрні підприємства не завжди мають можливість швидко оновлювати техніку. Тому особливого значення набувають заходи з продовження ресурсу машин, планово-попереджувального технічного обслуговування, діагностики несправностей, модернізації окремих вузлів і агрегатів, а також раціонального розподілу техніки між виробничими операціями.

Доцільним є перехід від реактивної моделі технічного сервісу, коли ремонт здійснюється після виникнення поломки, до превентивної та прогнозної моделі обслуговування. Такий підхід передбачає використання даних про напрацювання техніки, витрати пального, навантаження на агрегати, умови експлуатації та результати технічного огляду. Для аграрних підприємств це дає змогу зменшити ризик аварійних простоїв, підвищити коефіцієнт технічної готовності машин і забезпечити своєчасність виконання польових робіт.

Важливим чинником технологічного розвитку є цифровізація агроінженерних процесів. Використання GPS-моніторингу, електронних карт полів, датчиків контролю витрат пального, систем дистанційного моніторингу технічного стану машин, програмного забезпечення для планування технічного обслуговування та обліку виробничих операцій дозволяє підвищити прозорість управління технічними ресурсами. Цифрові інструменти створюють інформаційну основу для прийняття обґрунтованих рішень щодо завантаження техніки, вибору оптимальних технологічних маршрутів, контролю якості виконання робіт і оцінювання економічної ефективності окремих операцій.

Особливої актуальності набуває питання енергоефективності аграрного виробництва. Значна частка витрат аграрних підприємств припадає на пальне, мастильні матеріали, запасні частини та ремонт техніки. Тому впровадження енергоощадних технологій, оптимізація режимів роботи тракторних агрегатів, правильний добір машин до конкретних технологічних операцій, зменшення холостих переїздів і простоїв мають безпосередній економічний ефект. Для агроінженерії це означає необхідність поєднання технічних знань із розумінням економіки експлуатації машин.

Інженерно-економічне обґрунтування технологічного розвитку аграрного підприємства доцільно здійснювати за такими основними показниками: продуктивність машинно-тракторних агрегатів, витрати пального на одиницю виконаної роботи, коефіцієнт технічної готовності машин, тривалість простоїв, витрати на технічне обслуговування і ремонт, собівартість механізованих робіт, рівень окупності інвестицій у технічне оновлення та цифрові рішення. Саме поєднання технічних і економічних показників дозволяє оцінити реальний вплив агроінженерних рішень на розвиток підприємства.

В умовах воєнного стану агроінженерні рішення мають також безпекове та відновлювальне значення. Пошкодження інфраструктури, дефіцит кадрів, перебої з логістикою, зростання вартості комплектуючих і пального ускладнюють стабільну роботу аграрних підприємств. Тому підвищення ремонтопридатності техніки, розвиток локального технічного сервісу, підготовка фахівців з експлуатації та обслуговування сучасних машин, використання доступних цифрових інструментів і гнучке планування виробничих процесів є важливими умовами стійкості аграрного сектору.

Перспективним напрямом є формування на аграрних підприємствах інтегрованої системи інженерно-економічного управління технічними ресурсами. Така система має включати облік наявної техніки, моніторинг її технічного стану, планування технічного обслуговування, аналіз витрат на експлуатацію, оцінку ефективності використання машин, прогноз потреби в оновленні або модернізації та підготовку персоналу до роботи з цифровими технологіями. Її впровадження дозволить перейти від фрагментарного використання техніки до системного управління технічним потенціалом підприємства.

Отже, технологічний та економічний розвиток аграрного сектору безпосередньо залежить від якості агроінженерного забезпечення виробничих процесів. Для сучасного аграрного підприємства техніка є не лише засобом виконання операцій, а стратегічним ресурсом, від ефективності використання якого залежить собівартість продукції, своєчасність технологічних робіт, продуктивність праці та загальна конкурентоспроможність. Подальший розвиток інженерних рішень в аграрному виробництві має бути спрямований на цифровізацію технічного сервісу, підвищення енергоефективності, раціональне використання машинно-тракторного парку та зміцнення економічної стійкості аграрних підприємств.

Список використаних джерел

1. Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні : Закон України від 08.09.2011 № 3715-VI. Відомості Верховної Ради України. 2012. № 19–20. Ст. 166.

2. FAO. The State of Food and Agriculture 2022. Leveraging automation in agriculture for transforming agrifood systems. Rome : FAO, 2022. DOI: 10.4060/cb9479en.

3. Wolfert S., Ge L., Verdouw C., Bogaardt M.-J. Big Data in Smart Farming – A review. Agricultural Systems. 2017. Vol. 153. P. 69–80. DOI: 10.1016/j.agsy.2017.01.023.

4. ISO 50001:2018. Energy management systems — Requirements with guidance for use. Geneva : International Organization for Standardization, 2018.

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

ТЕХНІЧНИЙ ПРОГРЕС В АПК

МАТЕРІАЛИ XXI МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ

21-22 травня 2026 року



Державний біотехнологічний університет
Факультет мехатроніки та інжинірингу

Матеріали публікуються у авторському варіанті

Відповідальний за випуск	Р. В. Антощенков
Редактор	І. В. Галич
Комп’ютерний набір та верстка:	Наукове товариство здобувачів вищої освіти факультету мехатроніки та інжинірингу

Формат 64x84 1/16. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman.

590