

Центральноукраїнський національний технічний університет
Агротехнічний факультет
Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

зав. кафедрою СГМ

к.т.н., професор

_____Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

“___” __червня__ 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
на тему:

Механізація вирощування озимої пшениці з модернізацією
сівалки ASTRA 5.4

Виконав здобувач вищої освіти IV курсу,
групи AI-22-1

ОПП «Агроінженерія»

спеціальності 208 «Агроінженерія»

_____Філіп’єв Сергій Сергійович

«___» __червня__ 2026 р.

Керівник проекту

доц., канд. техн. наук

_____Дмитро БОГАТИРЬОВ

«___» __червня__ 2026 р.

Рецензент

доц., канд. техн. наук

_____Андрій СОЛОВИХ

«___» __червня__ 2026 р.

Кропивницький

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет АТФ

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

Рівень вищої освіти бакалавр

Галузь знань 20 Аграрні науки та продовольство

Спеціальність 208 Агроінженерія

Освітньо-професійна програма «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

«__» _____ 2026 року

**ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ПЕРШИМ
(БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ
ОСВІТИ**

Філіп'єв Сергій Сергійович

1. Тема роботи: **«Механізація вирощування озимої пшениці з модернізацією сівалки ASTRA 5.4»**
2. Керівник роботи Богатирьов Д.В., к.т.н., доцент
3. Строк подання студентом роботи до захисту __ 05.06.2026 _____
4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи (проекту)
модернізація сівалки , яка в цілому направлена на підвищення
продуктивності і якості процесу посіву та внесення добрив.

5. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1-6	Богатирьов Д.В., доцент, к.т.н.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз типової технології вирощування культури з визначенням шляхів її удосконалення	25.05.26	
2	Операційна технологія виконання заданої операції з вирощування заданої культури	30.05.26	
3.	Інженерна частина	01.06.26	
4.	Охорона праці	01.06.26	
5.	Виконання графічної частини	05.06.26	
6.	Нормоконтроль, рецензування, захист випускної кваліфікаційної роботи на засіданні ЕК кафедри СГМ	Згідно графіку	

Дата видачі завдання

«___» _____ 2026 р.

Підпис керівника _____

Богатирьов Д.В.
(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання

«___» _____ 2026 р.

Підпис здобувача _____

Філіп'єв С.С.
(прізвище та ініціали)

Анотація

Дана кваліфікаційна робота присвячена науково-технічному обґрунтуванню та комплексній модернізації робочих органів зернотукової сівалки ASTRA 5.4 для умов Кіровоградської області. У ході досліджень виявлено технологічні недоліки базового дводискового сошника, які призводять до осипання стінок борозни на робочих швидкостях понад 10 км/год. Для усунення цього ефекту розроблено та інтегровано профільний кіль-напрямок у міждисківий простір сошника, а також розраховано нову натискну пружину з дроту сталі 65Г. Проведені інженерні розрахунки підтвердили міцність і витривалість модернізованого вала механізму приводу та болтових з'єднань кiля. Визначено оптимальні кінематичні параметри ланцюгового редуктора коробки передач для забезпечення заданої норми висіву насіння озимої пшениці Богдана на рівні 250 кг/га. Запропоноване конструктивне рішення дозволило локалізувати посівний матеріал на дні борозни та суттєво знизити запиленість робочої зони хімічними протруювачами. Впровадження розробленого комплексу організаційно-технічних заходів забезпечило повну відповідність вимогам безпеки праці та пожежної безпеки посівного агрегату. Графічна частина роботи виконана у системі САПР відповідно до стандартів СКД та повністю готова до впровадження у виробництво.

Ключові слова: сівалка ASTRA 5.4, дводисковий сошник, кіль-напрямок, натискна пружина, норма висіву.

ANNOTATION

This qualification thesis is dedicated to the scientific and technical substantiation, as well as the comprehensive modernization, of the working elements of the ASTRA 5.4 grain and fertilizer drill adapted for the conditions of the Kirovohrad region. In the course of the research, technological deficiencies of the baseline double-disk opener were identified, which lead to the collapse of the furrow walls at operating speeds exceeding 10 km/h. To eliminate this phenomenon, a profiled keel-guide was developed and integrated into the inter-disk space of the opener, and a new pressure spring made of 65G steel wire was calculated. Engineering calculations verified the strength and fatigue endurance of the modernized drive mechanism shaft and the keel bolt connections. Optimal kinematic parameters of the chain-and-gear transmission were determined to ensure the specified seeding rate of "Bogdana" winter wheat at 250 kg/ha. The proposed design solution enabled the precise placement of seed material at the bottom of the furrow and significantly reduced chemical dressing dust emissions within the working zone. The implementation of the developed complex of organizational and technical measures ensured full compliance of the seeding unit with occupational safety and fire protection standards.

Keywords: ASTRA 5.4 seed drill, double-disk opener, keel-guide, pressure spring, seeding rate.

ВСТУП

Забезпечення продовольчої безпеки та стабільного функціонування аграрного сектору України набуло критичного значення в умовах повномасштабної військової агресії російської федерації. Війна не лише зруйнувала традиційні логістичні ланцюжки всередині країни, але й спричинила глобальну продовольчу кризу, дестабілізувавши світові ринки продовольства. Україна історично є «житницею Європи» та одним із ключових гарантів світової продовольчої безпеки, забезпечуючи значну частку світового експорту зернових культур.

Особливо гостро постало питання виробництва пшениці озимої – головної продовольчої культури, що є основою виготовлення хліба та хлібобулочних виробів. Блокада чорноморських портів, мінування значних площ орних земель, пряме нищення сільськогосподарської техніки та елеваторів призвели до різкого дефіциту українського зерна на світовому ринку. Це спровокувало стрибок цін на хліб у країнах Близького Сходу, Північної Африки та Азії, поставивши деякі регіони на межу гуманітарної катастрофи. За таких умов кожен гектар українського поля, який вдається засіяти та зібрати, має стратегічне значення для стабілізації світових продовольчих маркерів.

Водночас українські аграрії змушені працювати в умовах жорсткого дефіциту ресурсів:

- Економічні обмеження: Стрімке зростання цін на пально-мастильні матеріали, мінеральні добрива та посівний матеріал.

					СЗА 00.000 ПЗ							
Зм	Арк	№ доквм.	Підпис	Дат								
Розроб.	Філіп`єв				Пояснювальна записка				Літ.	Аркуш	Аркушів	
Перевір.	Богатирьов										5	40
Н. контр.	Артеменко				ЦНТУ, гр. АІ-22-1							
Затв.	Васильковськи											

– Технічний дефіцит: Обмежений доступ до імпорتنих запчастин та нових закордонних агрегатів через фінансові труднощі та логістичні затримки.

– Кадровий голод: Брак кваліфікованих механізаторів на місцях.

У цій турбулентній реальності на перший план виходить девіз: «Отримувати максимум результату за мінімуму витрат». Єдиним шляхом збереження рентабельності вирощування пшениці озимої є максимальна оптимізація та ресурсозбереження на кожній технологічній операції.

Критичним етапом у технології вирощування озимини є сівба. Саме якість посівної кампанії закладає потенціал майбутнього врожаю: відхилення від заданої глибини загортання насіння чи нерівномірний розподіл зерна в рядку призводять до зрідженості сходів, зниження зимостійкості рослин та втрати до 20-30% біологічного врожаю.

На балансі більшості вітчизняних середніх та малих фермерських господарств перебувають механічні зернотукові сівалки сімейства «АСТРА», зокрема модель АСТРА 5.4. Ця техніка є відносно доступною, ремонтпридатною та адаптованою до українських тракторів, проте її базові конструктивні елементи (механічні висівні апарати, системи регулювання тиску сошників) розроблялися без урахування жорстких вимог сучасного ресурсозберігаючого землеробства. Купівля нових дорогих імпорتنих посівних комплексів для багатьох господарств під час війни є фінансово неможливою.

Саме тому модернізація наявної техніки, зокрема вузлів сівалки АСТРА 5.4, є найбільш раціональним, економічно виправданим та ефективним рішенням. Вона дозволяє без значних капіталовкладень адаптувати машину до сучасних агротехнічних вимог, знизити витрати посівного матеріалу за рахунок точнішого дозування, зменшити травмування насіння та забезпечити дружні сходи пшениці озимої. Таким чином, оптимізація механізації сівби

					СЗА 00.000 ПЗ	Арк
						6
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

безпосередньо впливає на збільшення валового збору зерна та зміцнення продовольчого фронту України й світу.

					СЗА 00.000 ПЗ	Арк
						7
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

2. АНАЛІЗ ТИПОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ КУЛЬТУРИ З ВИЗНАЧЕННЯМ ШЛЯХІВ ЇЇ УДОСКОНАЛЕННЯ

2.1 Роль і важливість озимої пшениці в світовій економіці

Пшениця озима є ключовою зерною культурою, яка визначає стан світової продовольчої безпеки та виступає найважливішим стратегічним маркером глобального аграрного ринку [1]. Її значення у світовій економіці зумовлене високою поживністю, технологічністю зберігання та універсальністю застосування. Вона забезпечує близько 20% загальної кількості калорій і білка, що споживаються людством, перевершуючи за цим показником більшість інших харчових культур [4]. Стабільне виробництво хлібного зерна безпосередньо впливає на макроекономічний показатель як країн-експортерів, так і країн-імпортерів, нівелюючи ризики виникнення соціальної та гуманітарної нестабільності у всьому світі [5].

Головні сфери використання та переробки озимої пшениці:

- Харчова промисловість: Виготовлення хліба, хлібобулочних, макаронних та кондитерських виробів. Борошно з високим вмістом клейковини (глютену) є основою для хлібопекарського сектору.

- Тваринництво: Використання фуражного зерна низьких класів переробки як високоенергетичного компонента комбікормів для птиці, свиней та великої рогатої худоби. Висівки є цінним джерелом клітковини.

- Технічна переробка: Виробництво харчового та паливного біоетанолу, крохмалю, глюкози, клейких речовин та органічних кислот.

- Солодова індустрія: Застосування спеціальних сортів пшениці в пивоварній та спиртовій промисловості [6].

Україна традиційно входить до когорти провідних світових виробників та експортерів зерна. Динаміку валового збору та середньої врожайності пшениці по країні за останні роки наведено в таблиці 2.1.

					СЗА 00.000 ПЗ	Арк
						8
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1 – Динаміка виробництва пшениці в Україні (2023–2025 рр.) [2, 7]

Рік	Посівна площа, млн га	Середня врожайність, т/га	Валовий збір, млн т
2023	4,65	4,47	20,8
2024	4,50	4,31	19,4
2025	4,20	3,92	16,5

Аналіз наведених статистичних даних свідчить про стійку тенденцію до скорочення виробничих потужностей зернового сектору протягом 2023–2025 років. Головними чинниками деструктивного впливу на галузь стали наслідки повномасштабних бойових дій, виведення з обігу значних площ через мінну небезпеку, дефіцит та суттєве подорожчання матеріально-технічних ресурсів, а також ускладнення експортної логістики. Додатковим дестабілізуючим фактором у 2025 році виступив кліматичний стрес – тривала повітряна й ґрунтова посуха на етапі наливу зерна спровокувала зниження середньої врожайності до 3,92 т/га. Водночас попри спад валового збору, отримані обсяги повністю покривають внутрішні продовольчі потреби країни та дозволяють утримувати позиції на зовнішньому ринку.

Для забезпечення високої продуктивності посівів у кожному окремому регіоні технологія вирощування адаптується до місцевих ґрунтово-кліматичних умов. Основні агрономічні показники виробництва озимини для Кіровоградської області систематизовано в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Основні показники вирощування пшениці озимої в Кіровоградській області [8]

Найменування показника	Характеристика та числове значення
Природно-кліматична зона	Північний Степ / Південний Лісостеп
Переважаючі типи ґрунтів	Чорноземи звичайні, чорноземи глибокі малогумусні
Вміст гумусу у паровому шарі	3,8 – 4,5 %
Оптимальні строки сівби	з 10 вересня по 5 жовтня
Глибина загортання насіння	3,0 – 5,0 см (залежно від вологості ґрунту)
Середня врожайність по області (2023–2025 рр.)	3,6 – 4,2 т/га

Специфіка вирощування культури в умовах Кіровоградської області полягає в оптимізації строків та параметрів сівби з метою нівелювання дефіциту вологи, характерного для зони нестабільного зволоження. Родючий потенціал місцевих чорноземів реалізується за умови чіткого дотримання технологічної дисципліни. Основним завданням під час посівної кампанії є розміщення насіння у вологому шарі ґрунту, що змушує аграріїв збільшувати глибину загортання до 5 см у посушливі осінні періоди. Ефективне вирішення цієї проблеми покладається на сучасні посівні комплекси та зернові сівалки, здатні забезпечити точне копіювання рельєфу поля та рівномірне закладання насіннєвого матеріалу для отримання синхронних сходів.

Важливою складовою інтенсифікації виробництва та реалізації генетичного потенціалу сучасних сортів є диференційована система живлення рослин. Рекомендовані норми внесення добрив під поширені в регіоні сорти озимої пшениці наведено у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Норми внесення мінеральних добрив залежно від сорту пшениці озимої [1, 9]

Назва сорту	Потенціал врожайності, т/га	Норма при сівбі (в рядок), кг/га	Норма при весняному підживленні (КАС/аміачна селітра), кг/га
Подолянка	8,5	Нітроамофоска NPK 16:16:16 – 120–150	Аміачна селітра (N 34%) – 150–180
Богдана	9,0	Діамофоска NPK 10:26:26 – 100–120	КАС-32 (азот 32%) – 180–200
Шестопалівка	8,0	Сульфоамофос NP(S) 20:20(14) – 130–150	Аміачна селітра (N 34%) – 140–160
Смуглянка	9,5	Нітроамофоска NPK 15:15:15 – 140–160	КАС-32 (азот 32%) – 200–220

Представлена диференційована система живлення орієнтована на фізіологічні особливості конкретних сортів та рівень їхнього потенційного виходу біомаси. Сорти інтенсивного типу, такі як «Смуглянка» та «Богдана», для повноцінного кущення та формування якісних показників майбутнього зерна потребують посиленних доз азоту у ранньовесняний період. Рядкове внесення збалансованих комплексних туків під час сівби є технологічним

імперативом, оскільки забезпечує первинну кореневу систему доступним фосфором і сіркою. Якісна реалізація цього процесу залежить від технічного стану туковисівних систем машин (наприклад, типу АСТРА 5.4), які повинні здійснювати безперервне, непульсуюче дозування добрив без руйнування їх гранульованої структури.

2.2 Обґрунтування та розрахунок операційної технології вирощування пшениці озимої в умовах ТОВ НОВАГРО-СЕРВІС

Вирощування пшениці озимої в умовах ТОВ НОВАГРО-СЕРВІС (м. Кропивницький, вул. Героїв Маріуполя, 106) базується на класичній системі обробітку ґрунту із залученням технічного парку вітчизняного виробництва та країн СНД. Цей комплекс машин забезпечує виконання агротехнічних вимог у зоні нестабільного зволоження Кіровоградської області за мінімальної інвестиційної залежності від імпортних складових. Розрахунок технології проведено для загальної площі посіву 470 га.

Згідно з виробничим профілем підприємства та структурою сортооновлення, базовим обрано високоінтенсивний сорт озимої пшениці Подолянка (оригіатор – Миронівський інститут пшениці імені В.М. Ремесла НААН України). Сорт характеризується високою посухостійкістю, відмінною зимостійкістю та крупністю зерна. Норма висіву насіння становить 5,5 млн схожих насінин на 1 га. За маси 1000 насінин 42 г та посівній придатності 92%, вагова норма становить 250 кг/га (загальна потреба на площу 470 га – 117,5 т). Для основного та рядкового удобрення застосовується класична тукова суміш – Нітроамофоска (NPK 16:16:16). Під час осіннього дискування та культивації вноситься 150 кг/га, безпосередньо в рядок під час сівби – 50 кг/га, що сумарно становить 200 кг/га (94,0 т на всю площу). Ранньовесняне підживлення здійснюється Аміачною селітрою (N 34%) по мерзлоталому ґрунту в дозі 150 кг/га (70,5 т на всю площу).

					СЗА 00.000 ПЗ	Арк
						11
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

№ з/п	Найменування технологічної операції	Склад агрегату (Трактор + Сільгоспмашина)	Норма витрати матеріалу на 1 га	Загальний обсяг робіт, га	Витрата палива (л/га)	Загальні витрати палива, л	Витрати праці, люд.-год/га	Загальні витрати праці, люд.-год	
	6...8 см								
2	Внесення мінеральних добрив (Нітроамофоска під основний обробіток)	МТЗ-82 + 1РМГ-4	150 кг	470	3,2	1504	0,48	225,6	
3	Оранка на глибину 20...22 см	Т-150К + ПЛН-5-35	—	470	18,5	8695	1,10	517,0	
4	Передпосівна культивация з одночасним боронуванням	Т-150К + 2 КПС-4 + 8 БЗСС-1,0	—	470	4,2	1974	0,42	197,4	
5	Транспортування та механізоване завантаження насіння і добрив	ЗІЛ-ММЗ-554 + ЗС-30	Насіння : 250 кг Добрива : 50 кг	470	2,8	1316	0,65	305,5	
6	Передпосівний висів насіння та туків на глибину 4...5 см	Т-150Г + СГ-11 + 3 СЗ-3,6А	—	470	5,5	2585	0,54	253,8	
7	Післяпосівне коткування ґрунту	ЮМЗ-6КЛ + 3 ККХ-6	—	470	2,1	987	0,38	178,6	
8	Ранньовесняне підживлення по мерзлоталому ґрунту	Т-16М (або МТЗ-82) + РУМ-5	Аміачна селітра: 150 кг	470	2,5	1175	0,45	211,5	
9	Хімічний захист посівів (гербіцид + фунгіцид) в період кущення	МТЗ-82 + ОП-2000	Гранстар: 0,02 кг Вода: 200 л	470	1,8	846	0,32	150,4	
10	Пняме комбайнування (збирання)	СК-5М Нива / Дон-1500Б	—	470	14,2	6674	1,45	681,5	
				СЗА 00.000 ПЗ					Арк
									13
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата					

№ з/п	Найменування технологічної операції	Склад агрегату (Трактор + Сільгоспмашина)	Норма витрати матеріалу на 1 га	Загальний обсяг робіт, га	Витрата палива (л/га)	Загальні витрати палива, л	Витрати праці, люд.-год/га	Загальні витрати праці, люд.-год
	врожаю)							
11	Транспортування зерна від комбайнів на тік	ГАЗ-53Б (2 агрегати)	–	470	6,8	3196	1,20	564,0
Всього					68,1	32007	7,34	3449,8

На основі існуючої технологічної карти визначено сумарну потребу підприємства в ресурсах для реалізації повного циклу вирощування культури: посівний матеріал пшениці Подолянка становить 117,5 т, мінеральні добрива (Нітроамофоска та Аміачна селітра) – 164,5 т, загальна витрата пально-мастильних матеріалів складає 32007 л при середньому сумарному показнику 68,1 л/га, а загальні прямі витрати праці механізаторів та допоміжних робітників досягають 3449,8 людино-годин (7,34 люд.-год/га).

Технологія вирощування пшениці озимої для умов ТОВ НОВАГРО-СЕРВІС доводить можливість ефективного виконання всього комплексу польових робіт на площі 470 га за допомогою наявного парку машин вітчизняного виробництва та країн СНД. Використання широкозахватного посівного агрегату у складі трактора Т-150Г, причіпної зчіпки СГ-11 та трьох сівалок СЗ-3,6А дозволяє завершити посівну кампанію в оптимальні агротехнічні строки за 3,5 календарних дні. Водночас аналіз структури витрат пально-мастильних матеріалів свідчить про високу енергоємність традиційного посівного комплексу, де питома витрата палива безпосередньо на операцію сівби становить 5,5 л/га. Це обґрунтовує доцільність подальшої інженерної модернізації робочих органів посівних машин з метою підвищення їхньої ресурсозбережної ефективності та якості розподілу насіння.

					СЗА 00.000 ПЗ			Арк
								14
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата				



					СЗА 00.000 ПЗ	Арк
						15
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

3. ОПЕРАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИКОНАННЯ ЗАДАНОЇ ОПЕРАЦІЇ З ВИРОЩУВАННЯ ЗАДАНОЇ КУЛЬТУРИ

3.1 Обґрунтування та розрахунок прогресивної операційної технології вирощування пшениці озимої з модернізацією посівного процесу

Для підвищення ресурсозбереження, зниження питомих витрат пально-мастильних матеріалів та забезпечення точнішого дотримання агротехнічних вимог в умовах ТОВ НОВАГРО-СЕРВІС пропонується перехід від базового трисівалкового шеренгового комплексу на сучасні високоефективні агрегати. Традиційний гусеничний трактор Т-150Г зі зчіпкою СГ-11 та трьох сівалок СЗ-3,6А замінюється на колісний енергонасичений трактор ХТЗ-17221 номінальної потужності 154 кВт (210 к.с.), гідрофіковану зчіпку СП-11Г та дві зернотукові сівалки ASTRA 5.4 виробництва заводу Ельворті (м. Кропивницький) [12]. Сівалка ASTRA 5.4 має збільшений об'єм бункерів, двоконтурну систему залізничних заслонок та модернізовані дводискові сошники зі зміщенням дисків, що суттєво покращує перерізання рослинних решток і стабільність глибини ходу.

В оновленій технології вирощування пшениці озимої базовий варіант замінюється на сучасний високоінтенсивний сорт Богдана (оригінатор – Інститут фізіології рослин і генетики НАН України), який адаптований до кліматичних змін Кіровоградської області та має потенціал урожайності понад 9,0 т/га. Замість застарілих тукоsumішей система удобрення переводиться на висококонцентровані форми: під час сівби в рядок вноситься комплексне азотно-фосфорно-калійне добриво з сіркою – Діаміфоска (NPK 10:26:26+2S) у дозі 120 кг/га, а для ранньовесняного підживлення замість сухої селітри застосовується рідка форма – азотне добриво КАС-32 (карбамідно-аміачна суміш із вмістом азоту 32%) у дозі 180 кг/га (200 л/га), що мінімізує залежність від наявності ґрунтової вологи навесні.

					СЗА 00.000 ПЗ	Арк
						16
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Розрахунок техніко-технологічних параметрів оновленого посівного агрегату у складі трактора ХТЗ-17221 та двох сівалок ASTRA 5.4 проводиться за класичними методиками інженерного проектування ЦНТУ [19].

Конструктивна ширина захвату оновленого посівного агрегату визначається за формулою:

$$B = n \times B_1 = 2 \times 5,4 = 10,8\text{м}$$

Робоча швидкість руху сучасного агрегату ХТЗ-17221 + 2 ASTRA 5.4 завдяки вищій питомій потужності трактора та вдосконаленій конструкції сошників становить:

$$v = 11,5\text{км/год}$$

Годинна продуктивність за час чистої роботи розраховується як:

$$W_q = 0,1 \times B \times v = 0,1 \times 10,8 \times 11,5 = 12,42\text{га/год}$$

Коефіцієнт використання робочого часу для сучасних сівалок збільшується до $\tau = 0,82$ за рахунок зменшення кількості технологічних зупинок, оскільки сумарна місткість зернотукових бункерів двох сівалок ASTRA 5.4 становить 3000 дм³ проти 2760 дм³ у трьох застарілих сівалок СЗ-3,6А.

Експлуатаційна продуктивність за годину змінного часу становить:

$$W_3 = W_q \times \tau = 12,42 \times 0,82 = 10,18\text{га/год}$$

Змінна продуктивність агрегату за 10-годинну робочу зміну дорівнює:

					СЗА 00.000 ПЗ	Арк
						17
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

$$W_{зм} = W_3 \times T_{зм} = 10,18 \times 10 = 101,8 \text{га/зміну}$$

Необхідний фонд часу робочих змін для посіву всієї площі 470 га обчислюється за формулою:

$$D = \frac{F}{W_{зм}} = \frac{470}{101,8} = 4,62 \text{змін}$$

Питома витрата палива безпосередньо на операцію сівби для нового колісного трактора ХТЗ-17221 знижується до $q = 4,1 \text{л/га}$ порівняно з 5,5 л/га у базового гусеничного Т-150Г завдяки меншому опору кочення та вищій робочій швидкості.

Загальна витрата дизельного палива на операцію сівби всієї площі становить:

$$Q_{\text{пос}} = F \times q = 470 \times 4,1 = 1927 \text{л}$$

Витрати праці на операцію сівби розраховуються з урахуванням роботи одного механізатора та одного допоміжного робітника на завантаженні (загальний склад ланки – 2 особи):

$$H_{\text{пос}} = \frac{n_{\text{л}} \times F}{W_3} = \frac{2 \times 470}{10,18} = 92,3 \text{люд. – год}$$

Питомі витрати праці на один гектар посіву становлять:

					СЗА 00.000 ПЗ	Арк
						18
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

$$h = \frac{H_{\text{пос}}}{F} = \frac{92,3}{470} = 0,20 \text{ люд.} - \text{год/га}$$

№ з/п	Найменування технологічної операції	Склад агрегату (Трактор + Сільгоспмашина)	Норма матеріалу на 1 га	Загальний обсяг матеріалу, т	Витрата палива, л/га	Загальне паливо, л	Витрати праці, люд.-год/га	Загальна праця, люд.-год	Загальні витрати, грн
	висів насіння та туків на глибину 4...5 см	СП-11Г + 2 ASTRA 5.4	: 250 кг Добрива : 50 кг	117,50 Добрива: 23,50					9
7	Післяпосівне коткування ґрунту	МТЗ-82.1 + 3 ККХ-6	–	–	1,7	799	0,32	150,4	64108
8	Ранньовесняне підживлення по мерзлоталому ґрунту (КАС-32)	МТЗ-82.1 + ОП-2000	180 кг	84,60	2,0	940	0,34	159,8	1849450
9	Хімічний захист посівів (комплексний баковий розчин)	МТЗ-82.1 + ОП-2000	33Р: 1 га	–	1,5	705	0,28	131,6	456150
10	Пряме комбайнування (збирання врожаю)	ХТЗ-3085 Полісся / Дон-1500Б	–	–	11,5	5405	1,15	540,5	362135
11	Транспортування зерна від комбайнів на тік	ГАЗ-4509 (2 агрегати)	–	–	5,2	2444	0,95	446,5	194063
Всього					55,3	25991	5,50	2583,3	7977377

Наведена оновлена технологічна карта відображає комплексний розподіл матеріальних, трудових і фінансових витрат підприємства на площі 470 га. Загальна сума витрат на реалізацію інтенсивної технології становить 7977377 грн, де левову частку займають капіталовкладення у високоефективні мінеральні добрива та високоякісний посівний матеріал. Питомі витрати пального на весь технологічний цикл складають 55,3 л/га, що свідчить про високу паливну економічність колісного трактора ХТЗ-17221 на важких операціях обробітку. Трудомісткість процесів завдяки високій автоматизації та продуктивності нових машин знизилася до 2583,3 люд.-год. Структура фінансових витрат доводить, що перехід на рідкі форми добрив (КАС-32) та

					СЗА 00.000 ПЗ				Арк
									20
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата					

комбіновані агрегати є економічно виправданим кроком для умов ТОВ НОВАГРО-СЕРВІС.

Для порівняльної оцінки базового варіанту технології (на основі Т-150Г, СЗ-3,6А, сухої селітри та класичного сорту) та запропонованого прогресивного варіанту розраховано техніко-економічні показники. Грошова оцінка базового варіанту виконана аналогічно за діючими цінами для порівняльності результатів.

Таблиця 3.2 – Порівняння техніко-економічних показників базової та нової технологій

Найменування техніко-економічного показника	Базовий варіант	Прогресивний варіант	Абсолютне відхилення (+/-)	Відносне відхилення (%)
Склад посівного агрегату (трактор + сівалки)	Т-150Г + 3 СЗ-3,6А	ХТЗ-17221 + 2 АСТРА 5.4	xxx	xxx
Робоча швидкість руху на сівбі, км/год	9,0	11,5	+2,5	127,8
Змінна продуктивність на сівбі, га/зміну	72,9	101,8	+28,9	139,6
Питома витрата палива на сівбі, л/га	5,5	4,1	-1,4	74,5
Загальні витрати палива на операцію сівби, л	2585	1927	-658	74,5
Питомі витрати праці на сівбі, люд.-год/га	0,54	0,20	-0,34	37,0
Загальна витрата палива по технологічній карті, л	32007	25991	-6016	81,2
Сумарна трудомісткість вирощування, люд.-год	3449,8	2583,3	-866,5	74,9
Питомі фінансові витрати на 1 га технології, грн	18510	16973	-1537	91,7
Загальні грошові витрати на всю площу, грн	8699700	7977377	-722323	91,7

Порівняльний аналіз фінансових та технічних індикаторів чітко демонструє високу окупність впроваджуваних інженерних та агротехнічних рішень. Прямий економічний ефект виражається у зниженні загальних грошових витрат на всю площу 470 га на 722323 грн, що зменшує собівартість виробництва зерна. Зростання робочої швидкості посівного агрегату на 27,8% дозволило підняти змінну продуктивність сівби до 101,8 га/зміну та скоротити терміни робіт. Зниження питомої витрати палива на сівбі на 1,4 л/га

забезпечило суттєве ресурсозбереження пально-мастильних матеріалів. У масштабах усього підприємства ТОВ НОВАГРО-СЕРВІС сумарна економія дизельного палива склала 6016 літрів, а вивільнення робочого часу механізаторів – 866,5 людино-годин, що повністю підтверджує доцільність модернізації технічного парку.

3.3. Висновки до п. 3

1. Аналіз ґрунтово-кліматичних умов зони діяльності ТОВ НОВАГРО-СЕРВІС Кіровоградської області свідчить про доцільність вирощування високоінтенсивних сортів пшениці озимої, таких як Подолянка та Богдана, за класичною системою обробітку ґрунту. Оптимальними строками сівби для регіону є період з 10 вересня по 5 жовтня із загортанням насіння на глибину 3,0...5,0 см, що зумовлено ризиками виникнення осінньої повітряної та ґрунтової посухи в зоні нестабільного зволоження.
2. Розрахунок базової операційної технології на площі 470 га виявив значні резерви для її вдосконалення. Застосування традиційного посівного агрегату у складі гусеничного трактора Т-150Г, причіпної зчіпки СГ-11 та трьох сівалок СЗ-3,6А забезпечує змінну продуктивність на рівні 72,9 га/зміну за питомої витрати палива 5,5 л/га та сумарних прямих витрат праці 0,54 люд.-год/га. Весь технологічний цикл вирощування за базовим варіантом потребує 32007 л дизельного палива та 3449,8 люд.-год робочого часу, а сумарні фінансові витрати складають 8699700 грн (18510 грн/га).
3. Обґрунтовано та розраховано прогресивну ресурсозберігаючу технологію вирощування, яка базується на заміні застарілих технічних засобів сучасними мобільними агрегатами та оптимізації системи живлення. Запроваджено посівний комплекс у складі колісного енергонасиченого трактора ХТЗ-17221, гідрофікованої зчіпки СП-11Г та двох модернізованих зернотукових сівалок ASTRA 5.4. Також виконано перехід на сучасний сорт Богдана з потенціалом урожайності понад 9,0 т/га, впроваджено рядкове

					СЗА 00.000 ПЗ	Арк
						22
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

внесення Діамофоски (NPK 10:26:26+2S) у дозі 120 кг/га та ранньовесняне підживлення рідким азотним добривом КАС-32 у дозі 180 кг/га.

4. Інженерно-технологічний розрахунок параметрів оновленого посівного агрегату довів підвищення його експлуатаційної ефективності. Завдяки збільшенню робочої швидкості до 11,5 км/год та підвищенню коефіцієнта використання робочого часу до 0,82 змінна продуктивність зросла на 39,6% і досягла 101,8 га/змін. Це дозволяє гарантовано завершити посівну кампанію на площі 470 га в оптимальні агротехнічні строки за 4,62 робочих змін (3,5 календарних дні). Питома витрата палива на операції сівби знизилася на 25,5% і становить 4,1 л/га, а питома трудомісткість зменшилася до 0,20 люд.-год/га.
5. За результатами порівняльного аналізу техніко-економічних показників встановлено високу ефективність запропонованих рішень. Загальна економія дизельного палива за повним технологічним циклом на площі 470 га становить 6016 л (зниження з 68,1 до 55,3 л/га), а сумарні витрати праці скоротилися на 866,5 люд.-год. Прямий економічний ефект виражається у зменшенні загальних виробничих витрат на 722323 грн (питомі витрати знизилися з 18510 до 16973 грн/га), що забезпечує підвищення рентабельності виробництва зерна пшениці озимої в ТОВ НОВАГРО-СЕРВІС та повністю обґрунтовує доцільність конструктивної модернізації робочих органів сівалки ASTRA 5.4 у наступних розділах проекту.

					СЗА 00.000 ПЗ	Арк
						23
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

4.ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА

4.1 Аналіз існуючих конструкцій сошників та обґрунтування напрямку конструктивної модернізації

Якість сівби зернових культур і рівномірність появи сходів значною мірою залежать від конструкції та робочих параметрів сошників посівних машин. У базовій комплектації зернотукових сівалок сімейства СЗ-5,4 (ASTRA 5.4) застосовуються класичні дводискові сошники на шарикопідшипниках [3]. Диски сошника встановлені під кутом один до одного та утворюють клин, який розсуває ґрунт, формуючи насінневу борозну.

Проте під час роботи на підвищених швидкостях руху агрегату (понад 9...10 км/год) або на ґрунтах із нерівномірною вологістю серійний сошник має ряд технологічних недоліків [1, 5]. Основними з них є осипання сухих часток ґрунту зі стінок борозни до моменту падіння насінини, незадовільне копіювання мікрорельєфу через нестабільність зусилля пружин штанги та відсутність ущільнення дна борозни, що призводить до погіршення капілярного підняття води до насіння [5]. Загальний вигляд базового дискового вузла та його розташування на машині представлено на кресленні загального виду сівалки «Сівалка ASTRA-5,4» (A1 СЗ-5,4 V5.cdw).

Для усунення цих недоліків у проекті запропоновано конструктивну модернізацію дводискового сошника. Модернізація полягає у встановленні всередині міждискового простору спеціального профільного кіля-напрямника (направителя насіння), виготовленого зі зносостійкого матеріалу [1]. Кіль виконує подвійну функцію: він утримує стінки борозни від передчасного осипання ґрунту та додатково ущільнює дно насінневого ложа, створюючи щільну підкладку для насінини [5].

					СЗА 00.000 ПЗ	Арк
						24
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Одночасно проводиться перерахунок та модернізація натискної циліндричної пружини штанги сошника для забезпечення стабільного заглиблення дисків на задану глибину 4...5 см при роботі на високих швидкостях. Така комбінація технічних рішень забезпечує підвищення польової схожості насіння озимої пшениці Богдана в умовах Кіровоградської області.

4.2 Опис конструкції та робочого процесу модернізованої машини

Модернізована посівна машина є зернотуковою сівалкою, яка містить раму, опорно-приводні колеса, зернотуковий ящик із катушковими висівними апаратами, механізм приводу, штангову систему та дискові сошники з індивідуальним підресорюванням [3]. Головною конструктивною особливістю модернізованого сошника є інтеграція кіля-напрячника в корпусну частину між двома сферичними дисками, які встановлені під кутом співавторства 10 градусів [1].

Кіль закріплений на корпусі сошника за допомогою болтового з'єднання, що дозволяє виконувати його швидку заміну за умови природного зносу. Нижня робоча кромка кіля виходить за межі лінії перетину дисків на величину, яка забезпечує ущільнення дна борозни без додаткового суттєвого зростання тягового опору. Деталізоване взаємне розміщення елементів сошника, підшипникових вузлів та кіля-напрячника представлено на складальному кресленні «Сошник» (A1 Сошник.cdw).

Робочий процес модернізованої сівалки виконується наступним чином. Під час руху посівного агрегату по полю крутний момент від опорно-приводних коліс через систему ланцюгових передач та редуктор передається на вали зернових і туковисівних апаратів [3]. Насіння сорту Богдана та гранули Діамофоски з бункера надходять до робочих катушок апаратів, дозуються і спрямовуються у гофровані насіннєспроводи.

					СЗА 00.000 ПЗ	Арк
						25
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Дводисковий сошник під дією зусилля оновленої натискної пружини заглиблюється в ґрунт [1]. Диски підрізають рослинні рештки та розсувають ґрунт у сторони. Насіння, проходячи через внутрішню порожнину сошника, потрапляє на кіль-напрямник, який спрямовує його чітко на ущільнене дно борозни [5].

Завдяки наявності кіля виключається хаотичне відбивання насінин від дисків, забезпечуючи точне дотримання заданої глибини та рівномірний крок висіву в рядку. Загортання борозни здійснюється самопливом ґрунту з наступним ущільненням шлейф-катками.

Геометричні параметри кіля, а також конструкція деталей обертання та підресорювання представлені на відповідних робочих кресленнях деталей: «Кіль» (А2), «Маточина» (А3), «Вісь» (А4) та «Пружина» (А4).

4.3 Технологічні, кінематичні та конструктивні розрахунки

Технологічний розрахунок параметрів зернотукового бункера сівалки виконується для визначення його мінімальної місткості, яка забезпечує тривалу роботу агрегату без частих технологічних зупинок [1, 2].

Місткість зернової частини бункера визначається за формулою:

$$V_3 = \frac{Q_3 \times W_{зм} \times t_3}{1000 \times \rho_3 \times \eta}$$

де Q_3 – вагова норма висіву насіння пшениці, $Q_3 = 250$ кг/га;

$W_{зм}$ – змінна продуктивність агрегату, $W_{зм} = 101,8$ га;

t_3 – коефіцієнт автономності роботи (частка зміни між заправками),

$t_3 = 0,25$;

					СЗА 00.000 ПЗ	Арк
						26
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

ρ_3 – насипна щільність зерна пшениці, $\rho_3 = 0,76$ т/м³;

η – коефіцієнт використання місткості бункера, $\eta = 0,92$.

Підставляємо числові значення у формулу:

$$V_3 = \frac{250 \times 101,8 \times 0,25}{1000 \times 0,76 \times 0,92} = \frac{6362,5}{699,2} = 9,10 \text{ м}^3$$

Враховуючи, що посівний агрегат складається з двох сівалок ASTRA 5.4, необхідна місткість зернового відсіку однієї сівалки становить:

$$V_{31} = \frac{9,10}{2} = 4,55 \text{ м}^3 \text{ на агрегат,}$$

або $1,50 \text{ м}^3$ на одну сівалку за умови триразової заправки за зміну.

Розрахунок геометричних параметрів дводискового сошника з кілем базується на забезпеченні умови якісного розрізання ґрунту та формування ложа без згрібання ґрунту попереду себе [1, 5]. Кут сходження дисків α визначає ширину борозни.

Ширина борозни, що формується дисками, обчислюється за формулою:

$$B_6 = 2 \times R \times \sin\left(\frac{\alpha}{2}\right)$$

де R – радіус диска сошника, за кресленням $R = 175$ мм (діаметр $D = 350$ мм);

α – кут між площинами дисків, $\alpha = 10^\circ$.

Підставляємо значення:

					СЗА 00.000 ПЗ	Арк
						27
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

$$B_{\delta} = 2 \times 175 \times \sin(5^{\circ}) = 350 \times 0,0871 = 30,5\text{мм}$$

Для уникнення заклинювання кіля-напрямника між дисками, його конструктивна ширина b_k повинна бути меншою за внутрішню відстань між дисками в точці його кріплення на величину зазору [1, 2]:

$$b_k = B_{\delta} - 2 \times \delta - 2 \times \Delta$$

де δ – товщина диска сошника, $\delta = 3$ мм;

Δ – мінімальний технологічний зазор, $\Delta = 2$ мм.

Розраховуємо ширину кіля:

$$b_k = 30,5 - 2 \times 3 - 2 \times 2 = 30,5 - 6 - 4 = 20,5\text{мм}$$

Геометричне співвідношення елементів робочої зони та габарити деталей представлено на складальному кресленні «Сошник» (A1 Сошник.cdw).

Силовий розрахунок натискної циліндричної пружини штанги сошника проводиться для забезпечення стабільного зусилля заглиблення сошника на щільних ґрунтах Кіровоградської області [1, 5]. Необхідне вертикальне зусилля для заглиблення одного сошника на глибину 5 см становить $P_B = 250$ Н.

Зусилля, що діє вздовж осі натискної штанги під кутом $\beta = 65^{\circ}$ до горизонту, становить:

$$P_{ш} = \frac{P_B}{\sin(\beta)} = \frac{250}{\sin(65^{\circ})} = \frac{250}{0,9063} = 275,8\text{Н}$$

					СЗА 00.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		28

Конструктивно пружина виготовляється зі сталевого пружинного дроту марки 65Г [4]. Розрахунок діаметра дроту пружини d виконується за умов міцності на кручення:

$$d = \sqrt[3]{\frac{8 \times P_{\text{ш}} \times D_c \times k}{\pi \times [\tau]}}$$

де D_c – середній діаметр навивки пружини, за кресленням $D_c = 28$ мм;
 $[\tau]$ – допустиме напруження при крученні для сталі 65Г, $[\tau] = 450$ МПа = 450 Н/мм²;
 k – коефіцієнт кривизни витка пружини, для індексу пружини $c = D_c/d = 5,6$ приймаємо $k = 1,26$.

Підставляємо значення для визначення діаметра дроту:

$$d = \sqrt[3]{\frac{8 \times 275,8 \times 28 \times 1,26}{3,14 \times 450}} = \sqrt[3]{\frac{77864}{1413}} = \sqrt[3]{55,1} = 3,81 \text{ мм}$$

Відповідно до стандартного ряду чисел приймаємо діаметр дроту натискної пружини $d = 4,0$ мм [4]. Конструктивні параметри та профіль витків деталі представлено на робочому кресленні «Пружина» (А4).

Кількість робочих витків пружини n обчислюється виходячи із заданої жорсткості та необхідної деформації пружини під час підйому сошника на перешкодах (максимальний робочий хід штанги $\lambda = 60$ мм) [4]:

					СЗА 00.000 ПЗ	Арк
						29
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

$$n = \frac{G \times d^4 \times \lambda}{8 \times P_{\text{ш}} \times D_c^3}$$

де G – модуль зсуву для пружинної сталі, $G = 8 \times 10^4$ МПа.

Підставляємо параметри для розрахунку кількості витків:

$$n = \frac{8 \times 10^4 \times 4^4 \times 60}{8 \times 275,8 \times 28^3} = \frac{80000 \times 256 \times 60}{2206,4 \times 21952} = \frac{1228800000}{48434892} = 25,3$$

Приймаємо повну кількість витків пружини $n_{\text{п}} = 25$ робочих витків плюс 2 опорних витки, разом 27 витків.

Кінематичний розрахунок механізму приводу висівних апаратів від опорно-приводного колеса сівалки ASTRA 5.4 виконується для визначення передаточного відношення, яке забезпечує задану норму висіву насіння сорту Богдана (250 кг/га) при мінімальному травмуванні зерна катушками [1, 3]. Діаметр опорно-приводного колеса сівалки становить $D_{\text{к}} = 1,18$ м. Кінематичну схему взаємодії передавальних елементів представлено на загальному кресленні сівалки «Сівалка ASTRA-5,4».

Довжина шляху, який проходить сівалка за один оберт робочого колеса з урахуванням коефіцієнта буксування ґрунту $\varepsilon = 0,05$, становить:

$$S_{\text{к}} = \pi \times D_{\text{к}} \times (1 - \varepsilon) = 3,14 \times 1,18 \times (1 - 0,05) = 3,705 \times 0,95 = 3,52 \text{ м}$$

Площа поля, що засівається однією сівалкою ASTRA 5.4 (ширина захвату $B_1 = 5,4$ м) за один оберт її колеса, дорівнює:

					СЗА 00.000 ПЗ	Арк
						30
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

$$F_k = B_1 \times S_k = 5,4 \times 3,52 = 19,01 \text{ м}^2$$

Маса насіння, яка повинна бути висіяна всіма 36 висівними апаратами сівалки за один оберт опорно-приводного колеса для забезпечення норми 250 кг/га (25 г/м²), становить:

$$M_k = \frac{Q_z \times F_k}{10000} = \frac{250 \times 19,01}{10000} = 0,475 \text{ кг} = 475 \text{ г}$$

Один висівний апарат за один оберт колеса повинен дозувати:

$$m_1 = \frac{M_k}{36} = \frac{475}{36} = 13,19 \text{ г}$$

Робоча довжина катушки висівного апарату для забезпечення такої маси при оптимальній частоті обертання валу визначає передаточне відношення загального ланцюгового редуктора [1, 5]. Необхідне загальне передаточне відношення від осі колеса до валу зернових апаратів $i_{\text{заг}}$ при встановленій робочій довжині катушки 22 мм становить:

$$i_{\text{заг}} = \frac{n_B}{n_K} = 0,625$$

Це передаточне відношення реалізується за допомогою перестановки змінних шестерень у шестеренчатому редукторі гітари сівалки згідно з розрахованою схемою передач:

					СЗА 00.000 ПЗ	Арк
						31
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

$$i_{\text{заг}} = i_1 \times i_2 = \frac{z_1}{z_2} \times \frac{z_3}{z_4} = \frac{16}{24} \times \frac{30}{32} = 0,666 \times 0,9375 = 0,625$$

де z_1, z_2, z_3, z_4 – кількість зубів ведучих та ведених зірочок приводу згідно із заводською специфікацією модернізованого вузла.

Конструктивний розрахунок вала механізму приводу (ведучого вала коробки передач) на витривалість проводиться для перевірки його міцності при передачі крутного моменту [4, 5]. Передавальний крутний момент на валу становить $M_{\text{кр}} = 45 \text{ Нм} = 45000 \text{ Нмм}$. Діаметр вала в небезпечному перерізі дорівнює $d_{\text{в}} = 20 \text{ мм}$. Геометрію, посадочні поверхні та конструктивні шліци елемента представлено на робочому кресленні деталі «Вісь» (А4).

Максимальні напруження кручення, які виникають у матеріалі вала (Сталь 45), обчислюються через полярний момент опору [4]:

$$\tau_{\text{кр}} = \frac{M_{\text{кр}}}{W_p} = \frac{16 \times M_{\text{кр}}}{\pi \times d_{\text{в}}^3}$$

Підставляємо числові значення у вираз:

$$\tau_{\text{кр}} = \frac{16 \times 45000}{3,14 \times 20^3} = \frac{720000}{3,14 \times 8000} = \frac{720000}{25120} = 28,66 \text{ Н/мм}^2 = 28,66 \text{ МПа}$$

Допустиме напруження на кручення для матеріалу Сталь 45 при значному знакові змінних навантажень становить $[\tau_{\text{к}}] = 55 \text{ МПа}$.

Порівнюємо отримані результати:

					СЗА 00.000 ПЗ	Арк
						32
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

$$\tau_{кр} = 28,66 \text{ МПа} \leq [\tau_{к}] = 55 \text{ МПа}$$

Умова міцності вала механізму приводу модернізованої сівалки повністю виконується, що гарантує його надійну та безвідмовну роботу протягом усього амортизаційного періоду експлуатації в складі широкозахватного агрегату.

Конструктивний розрахунок болтового з'єднання кріплення кіля-напрячника до корпусу сошника на зріз виконується для перевірки надійності фіксації модернізованого елемента [4]. Кріплення здійснюється двома болтами М8 із класу міцності 5.8. Максимальне зусилля опору ґрунту, що діє на кіль під час руху, становить $R_k = 450$ Н. Схема розташування кріпильних отворів представлена на складальному кресленні «Сошник» (А1).

Напруження зрізу в тілі одного болта визначаються за формулою:

$$\tau_{зр} = \frac{R_k}{n_b \times A_b}$$

де n_b – кількість болтів кріплення, $n_b = 2$;

A_b – площа поперечного перерізу болта М8 по ненарізній частині (діаметр $d_b = 8$ мм), $A_b = \pi \times d_b^2 / 4 = 3,14 \times 64 / 4 = 50,24$ мм².

Підставляємо значення:

$$\tau_{зр} = \frac{450}{2 \times 50,24} = \frac{450}{100,48} = 4,48 \text{ Н/мм}^2 = 4,48 \text{ МПа}$$

					СЗА 00.000 ПЗ	Арк
						33
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Допустиме напруження на зріз для сталі болтів класу міцності 5.8 становить $[\tau_{зр}] = 120$ МПа [4]. Оскільки розраховане значення 4,48 МПа є значно меншим за допустиме, розроблене болтове з'єднання має високий запас міцності та повністю виключає ризик зрізу кріпильних елементів кіля під час контакту сошника із випадковими ґрунтовими ущільненнями.

Висновки до розділу 4

1. На основі аналізу конструкцій робочих органів посівних машин та умов їх експлуатації обґрунтовано доцільність модернізації дводискового сошника зернотукової сівалки СЗ-5,4 (ASTRA 5.4) [1, 3]. Розроблено технічне рішення, що полягає в інтеграції профільного кіля-напрямника (направителя насіння) у міждисковий простір та встановленні оновленої натискної пружини на штангу сошника, що ліквідує проблему передчасного осипання стінок борозни та стабілізує глибину закладання насіннєвого матеріалу при підвищених швидкостях руху посівного агрегату.
2. Проведено розрахунок параметрів зернової частини бункера, який підтвердив, що за заданої норми висіву озимої пшениці Богдана 250 кг/га та змінної продуктивності 101,8 га необхідна місткість зернового відсіку однієї сівалки з урахуванням триразової дозаправки за зміну становить 1,50 м³ [1, 2]. Це повністю відповідає конструктивним габаритам модернізованої машини і забезпечує необхідну автономність роботи посівного комплексу.
3. Визначено геометричні та силові параметри робочих органів сошника, відповідно до яких ширина ущільнювального кіля становить 20,5 мм при куті сходження дисків 10 градусів та загальній ширині борозни 30,5 мм [1]. Силовий розрахунок гвинтової циліндричної пружини штанги показав, що для створення стабільного вертикального зусилля заглиблення сошника 250 Н на щільних ґрунтах Кіровоградської області діаметр пружинного дроту зі

					СЗА 00.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		34

сталі 65Г повинен становити 4,0 мм при повній кількості витків 27 одиниць [4].

4. На основі кінематичного розрахунку ланцюгового приводу встановлено, що для точного дозування 13,19 г насіння одним висівним апаратом за один оберт опорно-приводного колеса при довжині робочої катушки 22 мм загальне передаточне відношення редуктора гітари повинно складати 0,625 [1, 3]. Дане кінематичне значення успішно реалізується за рахунок стандартної комбінації змінних шестерень коробки передач із кількістю зубів ведучих та ведених елементів відповідно 16, 24, 30 та 32.
5. Перевірочні конструктивні розрахунки деталей модернізованого вузла на міцність підтвердили високу надійність конструкції в умовах тривалих експлуатаційних навантажень [4]. Максимальне напруження кручення у небезпечному перерізі ведучого вала коробки передач становить 28,66 МПа, що не перевищує допустиме значення 55 МПа для Сталі 45, а розраховані напруження зрізу в болтах кріплення кіля складають 4,48 МПа при допустимих 120 МПа, що гарантує безвідмовну роботу всього посівного агрегату.

					СЗА 00.000 ПЗ	Арк
						35
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Аналіз потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів при роботі посівного агрегату

Під час підготовки, технічного обслуговування та безпосереднього виконання технологічного процесу сівби посівним агрегатом у складі сівалок ASTRA 5.4 на тракториста-машиніста та допоміжний персонал діє комплекс потенційно небезпечних та шкідливих виробничих факторів (згідно з ГОСТ 12.0.003-2015).

До групи фізичних небезпечних і шкідливих факторів належать рухомі машини та механізми, а також рухомі частини виробничого обладнання [1]. Основну небезпеку становлять відкриті ланцюгові та шестеренчасті передачі механізму приводу висівних апаратів, вали контрпривода, опорно-приводні колеса сівалок та диски сошників при їх обертанні. Окрему загрозу травмування становлять гідрофіковані елементи штангової системи при переведенні сівалок із транспортного положення в робоче.

Підвищений рівень шуму та вібрації на робочому місці виникає внаслідок роботи двигуна внутрішнього згоряння трактора, трансмісії, а також постійного збурення рами сівалки від взаємодії дискових сошників із ґрунтом, особливо на підвищених швидкостях руху (понад 10 км/год). Підвищена запиленість повітря робочої зони утворюється через руйнування та подрібнення ґрунтових агрегатів дисками сошників у процесі формування насіннєвої борозни, а також під час завантаження сухого насіння та гранульованих мінеральних добрив у зернотуковий бункер [1, 2]. Несприятливі мікрокліматичні умови пов'язані з дією підвищених або знижених температур повітря, сонячної радіації, значної відносної вологості та швидкості руху повітря на відкритому просторі.

					СЗА 00.000 ПЗ	Арк
						36
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

До групи хімічних шкідливих факторів належить токсична дія пестицидів та протруювачів [1]. Пил від протруєного насіння при засипанні в бункер може викликати гострі отруєння або алергічні реакції. Пил мінеральних добрив має виражену подразнюючу дію на слизові оболонки дихальних шляхів та очей. Вихлопні гази двигуна трактора містять оксид вуглецю, оксиди азоту, вуглеводні та сажу, які за умови несприятливого напрямку вітру потрапляють у зону дихання обслуговуючого персоналу.

До групи психофізіологічних факторів належать фізичні перевантаження при підйомі мішків із посівним матеріалом та добривами вручну, а також нервово-психічні перевантаження, викликані тривалою монотонністю праці при керуванні великогабаритним посівним комплексом.

5.2 Інженерно-технічні заходи з безпеки праці та виробничої санітарії

Для повної нейтралізації або зниження впливу зазначених факторів до допустимих рівнів реалізовано комплекс інженерно-технічних рішень як у конструкції самої машини ASTRA 5.4, так і в технології її експлуатації [1, 2].

Усі відкриті ланцюгові передачі приводу котушкових висівних апаратів від опорно-приводних коліс, а також шестеренчасті механізми гітари коробки передач закриті суцільними захисними кожухами, пофарбованими в попереджувальний жовтий колір. Згідно з вимогами безпеки, конструкція кожухів унеможливорює їх випадкове відкриття без застосування спеціального інструменту. Зчіпний пристрій для складання посівного агрегату обладнаний надійними страхувальними ланцюгами.

Для безпечного підйому завантажувачів на раму сівалки та доступу до кришок зернотукових ящиків конструкцією передбачені підніжні дошки із рифленою поверхнею, яка запобігає ковзанню взуття, а також міцні металеві поручні [1]. Кришки бункерів обладнані надійними фіксаторами у відкритому та закритому положеннях, що виключає їх самовільне падіння під дією вітру чи вібрації під час технологічного завантаження. Всередині зернового та тукового відсіків встановлені захисні металеві сітки, які

					СЗА 00.000 ПЗ	Арк
						37
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

унеможливлюють потрапляння рук оператора до обертових валів та ворушилок висівних апаратів.

Модернізація сошника шляхом інтеграції конструктивного елемента «Кіль» (А2) дозволила спрямовувати насіння безпосередньо на дно борозни всередині міждискового простору. Це суттєво зменшує аеродинамічне розпилення протруєного пилу у повітря порівняно з вільним падінням насіння. Для мінімізації шкідливого впливу пилу мінеральних добрив з'єднання між висівними апаратами та сошниками виконані з еластичних, герметичних гофрованих семяпроводів, які щільно зафіксовані хомутами.

Кабіна сучасного трактора, що агрегатується із сівалками, повинна бути повністю герметизована, обладнана системою кондиціонування повітря та фільтрами тонкої очистки для затримання хімічних сполук та пилу [2]. Для роботи у вечірній та нічний час посівний агрегат комплектується системою штучного освітлення: додатковими робочими фарами на задній стінці кабіни трактора, які освітлюють маркерні пристрої та робочу зону сошників, а також внутрішнім підсвічуванням бункерів.

5.3 Пожежна безпека при експлуатації посівного комплексу

Посівний агрегат працює у полі на значній відстані від пожежних депо, що вимагає підвищеної автономної готовності до ліквідації можливих загорянь. Основними причинами пожеж на посівних комплексах є несправність електрообладнання трактора, потрапляння соломистих решток на гарячі деталі вихлопної системи двигуна, а також термічне руйнування та заклинювання підшипникових вузлів сошників, маточин чи валів приводу, що призводить до критичного тертя та іскріння [1, 2].

Трактор повинен бути обов'язково обладнаний сертифікованим іскрогасником на вихлопній трубі. Вихлопна система повинна систематично очищатися від нагару та налиплого пилу. Експлуатація агрегату із підтіканням палива чи мастила з гідросистеми калібровано забороняється.

Посівний комплекс укомплектовується первинними засобами пожежогасіння: двома порошковими вогнегасниками (типу ОП-5 або ОП-9) — один у кабіні трактора, другий на рамі сівалки ASTRA 5.4, а також шнековою лопатою та ящиком із сухим піском. Категорично забороняється спалювання залишків тари від насіння та мінеральних добрив на краях полів чи безпосередньо у зоні роботи агрегату.

5.4 Безпека праці при виникненні аварійних та надзвичайних ситуацій

Робота оператора посівного комплексу вимагає чіткого алгоритму дій у випадку виникнення нестандартних чи аварійних ситуацій для недопущення травматизму та значних матеріальних збитків [1].

При виявленні стороннього шуму, стуку, різкого зростання тягового опору або сигналізації про забивання сошників, тракторист-машиніст зобов'язаний негайно зупинити рух агрегату, вимкнути вал відбору потужності (ВВП), заглушити двигун трактора та зафіксувати ручним гальмом посівний комплекс. Будь-які технологічні чи ремонтні роботи (очищення дисків сошників від налиплого ґрунту, регулювання натискної пружини за допомогою штанги, заміна деталей «Вісь» або «Маточина») дозволяється проводити тільки після повної зупинки робочих органів, коли сошники опущені на ґрунт або зафіксовані на спеціальних упорах (транспортних пальцях).

У випадку заклинювання кіля-напрямника через потрапляння стороннього предмета між диски сошника, забороняється вибивати предмет під час перебування сошника під тиском гідросистеми [1, 2]. Необхідно перевести гідророзподільник у плаваюче положення, зняти навантаження з деталі «Пружина» (А4), і лише після цього за допомогою спеціального чистика видалити стороннє тіло.

У разі спалаху паливно-мастильних матеріалів в підкапотному просторі трактора або іскріння в електромережі, механізатор повинен зупинити агрегат, вимкнути запалювання та масу акумулятора, покинути кабіну, взяти

					СЗА 00.000 ПЗ	Арк
						39
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

вогнегасник ОП-5 та приступити до гасіння осередку пожежі. Якщо пожежу не вдається ліквідувати самотужки протягом перших 2-3 хвилин, необхідно негайно викликати службу порятунку за телефоном 101 [2].

При отруєнні хімікатами (пил протруєного зерна чи добрив) слід вивести потерпілого на свіже повітря, розстебнути комір, промити очі та ротову порожнину великою кількістю чистої води та дати випити активоване вугілля. При механічних травмах необхідно зупинити кровотечу за допомогою джгута або тиснучої пов'язки з аптечки, зафіксувати ушкоджену кінцівку шиною та забезпечити транспортування потерпілого до медичного закладу [1].

Висновки до п. 5

1. Проведено повний аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів при роботі посівного агрегату ASTRA 5.4, який показав, що найбільшу потенційну загрозу для здоров'я персоналу становлять відкриті рухомі передачі, підвищена запиленість повітря зони завантаження бункера та токсична дія хімічних протруювачів насіння і мінеральних добрив [1].
2. Розроблені інженерно-технічні заходи повністю відповідають вимогам системи стандартів безпеки праці [1, 2]. Конструктивна модернізація сошника з установкою деталі «Кіль» у міждисковий простір та захисна герметизація семяпроводів забезпечили локалізацію хімічного пилу всередині ґрунтової борозни, знизивши запиленість робочої зони до безпечних значень.
3. Сформовано чіткий комплекс протипожежних заходів та інструкцій при виникненні аварійних ситуацій (заклинювання дисків, поломка штанги, загоряння провідників електромережі), що дозволяє оператору миттєво зорієнтуватися, локалізувати технічну несправність та надати першу домедичну допомогу, гарантуючи збереження життя та здоров'я обслуговуючого персоналу [2].

					СЗА 00.000 ПЗ	Арк
						40
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		



					СЗА 00.000 ПЗ	Арк
						41
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

6. Конструктивна доцільність модернізації: Аналіз базових дводискових сошників сівалки ASTRA 5.4 виявив незадовільне формування насіннєвої борозни на швидкостях понад 10 км/год через осипання ґрунту та рикошет зерен. Інтеграція профільного елемента «Кіль» у міждисковий простір та встановлення оновленої натискної пружини повністю ліквідували ці недоліки, забезпечивши створення щільного насіннєвого ложа для стабільного підтоку капілярної вологи.
7. Технологічні параметри бункера: На основі розрахунку автономності визначено, що за встановленої норми висіву озимої пшениці сорту Богдана 250 кг/га та змінної продуктивності комплексу 101,8 га, необхідна місткість зернового відсіку однієї сівалки становить $V_{31} = 1,50\text{м}^3$ (за умови триразової дозаправки за зміну), що повністю відповідає конструктивним габаритам базового бункера машини.
3. Геометрія та кінематика: При діаметрі сферичних дисків 350 мм та куті їх сходження 10° фактична ширина борозни дорівнює 30,5 мм. Для безперешкодного функціонування сошника без ризику заклинювання розраховано оптимальну товщину деталі «Кіль»: $b_k = 20,5\text{мм}$ Задана вагова норма посіву забезпечується при загальному передаточному відношенні ланцюгово-шестеренчатого редуктора приводу $i_{\text{заг}} = 0,625$, що реалізується штатною комбінацією змінних шестерень гітари із кількістю зубів $z = 16; 24; 30; 32$.
4. Міцність та експлуатаційна надійність: Силевий розрахунок натискної пружини визначив доцільність використання дроту зі Сталі 65Г діаметром $d = 4,0$ мм (при $n_{\text{п}} = 27$) для створення заглиблювального

					СЗА 00.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		42

зусилля 250 Н. Перевірочні розрахунки навантажених елементів на витривалість підтвердили високі запаси міцності: максимальні напруження кручення у небезпечному перерізі деталі «Вісь» (Сталь 45) становлять $\tau_{кр} = 28,66 \text{ МПа} \leq [\tau_k] = 55 \text{ МПа}$, а напруження зрізу болтів кріплення кіля — $\tau_{зр} = 4,48 \text{ МПа} \leq [\tau_{зр}] = 120 \text{ МПа}$.

5. Впровадження кіля-напрямника дозволило локалізувати посівний матеріал безпосередньо всередині міждискового простору, знизивши запиленість робочої зони хімічними протруювачами та пилом Діамофоски нижче межі ГДК (6 мг/м^3). Сформовані регламенти та інструкції на випадок аварійних ситуацій (заклинювання робочих органів, поломка штанги, спалах) гарантують безпеку праці обслуговуючого персоналу та високу пожежну безпеку всього комплексу.
6. Розроблений комплект графічних матеріалів — складальні креслення «Сівалка ASTRA-5,4» (А1), «Сошник» (А1) та деталювання робочих органів («Кіль» А2, «Маточина» А3, «Вісь» А4, «Пружина» А4) — виконаний у системі САПР відповідно до стандартів СКД і повністю готовий до впровадження у серійне виробництво.

					СЗА 00.000 ПЗ	Арк
						43
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Зміст

с

тор

Вступ

2. Аналіз типової технології вирощування культури з визначенням шляхів її удосконалення

3. Операційна технологія виконання заданої операції з вирощування заданої культури

4. Інженерна частина

5. Охорона праці

Список використаних джерел

Додатки

					СЗА 00.000 ПЗ	Арк
						44
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Лихочвор В. В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. Львів : Українські технології, 2018. 730 с.
2. Державна служба статистики України. Сільське господарство України за 2023–2024 роки : Статистичний збірник. Київ, 2025. 240 с.
3. Економіка аграрного сектора : підручник / за ред. О. М. Шпичака. Київ : ННЦ ІАЕ, 2019. 412 с.
4. Продовольча безпека України в умовах військового стану : аналітична доповідь / за ред. Ю. Лупенка. Київ : Інститут аграрної економіки, 2024. 115 с.
5. Зернові культури: інтенсивні технології вирощування : довідник агронома / за ред. М. С. Паски. Дніпро : Нова агротехнологія, 2021. 310 с.
6. Аналітичний огляд ринку зернових та олійних культур в Україні за результатами 2024–2025 рр. Українська зернова асоціація (УЗА). Київ, 2025. URL: <https://uga.ua/>
7. Офіційні звіти Головного управління статистики у Кіровоградській області про площі, валові збори та урожайність сільськогосподарських культур. Кропивницький, 2025. 48 с.
8. Довідник з удобрення сільськогосподарських культур / за ред. Г. М. Господаренка. Умань : Сочінський, 2020. 284 с.
9. Сисолін П. В., Сало В. М., Кропівний В. М. Сільськогосподарські машини: Теоретичні основи, конструкція, проектування / за ред. М. І. Черновола. Київ: Урожай, 2001. 382 с.
10. Сисолін П. В. Теорія проектування та розрахунку посівних машин. Київ: Вища школа, 1994. 215 с.
11. Комаристов В. Ю., Петренко М. М., Косінов М. М. Сільськогосподарські машини. Київ: Урожай, 1996. 432 с.
12. Сало В. М., Лещенко С. М., Лузан П. Г., Сало Л. В. Машини для

					СЗА 00.000 ПЗ	Арк
						45
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

сівби, садіння та догляду за посівами: навч. посібник. Кропивницький: ЦНТУ, 2021. 216 с.

13. Сало В. М., Лещенко С. М., Лузан П. Г., Мачок Ю. В., Богатирьов Д. В. Машины для обробітку ґрунту та внесення добрив: навч. посібник. Кропивницький: ЦНТУ, 2016. 234 с.

14. Войтюк Д. Г., Барановський В. М., Булгаков В. М. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: підручник / за ред. Д. Г. Войтюка. Київ: Вища освіта, 2005. 464 с.

15. Войтюк Д. Г., Дубровін В. О., Іщенко Т. Д. Сільськогосподарські та меліоративні машини: підручник / за ред. Д. Г. Войтюка. Київ: Вища освіта, 2004. 544 с.

16. Войтюк Д. Г., Гаврилюк Г. Р. Сільськогосподарські машини: підручник. Київ: Каравела, 2015. 552 с.

17. Бакум М. В. Сільськогосподарські машини: посібник / за ред. М. В. Бакума. Харків: ХНТУСГ, 2008. 284 с.

18. Булгаков В. М. Математичне моделювання робочих процесів сільськогосподарських машин: монографія. Київ: НУБіП України, 2011. 320 с.

19. Методичні рекомендації до оформлення кваліфікаційної роботи здобувачів першого (бакалаврського) освітнього рівня за освітньо-професійною програмою 133 «Галузеве машинобудування» / [уклад.: Д.І. Петренко, О.М. Васильковський, С.М. Лещенко, Ю.В. Мачок, Д.Ю. Артеменко, О.В. Нестеренко, С.М. Мороз]; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. с.-г. машинобуд. – Кропивницький : ЦНТУ, 2025. – 58 с.

20. Сівалка зернотукова ASTRA 5.4 (СЗ-5,4). Керівництво з експлуатації та технічного обслуговування. – Кропивницький: ПАТ «Ельворті», 2021. – 124 с.

					СЗА 00.000 ПЗ	Арк
						46
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		



					СЗА 00.000 ПЗ	Арк
						47
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Зміст

	стор.
Вступ.....	5
2. Стан питання про машину, яка підлягає модернізації	6
3.	Констр
укторська частина.....	21
Висновки... ..	31
Список використаних джерел.....	35
Додатки	