

Центральноукраїнський національний технічний університет
Агротехнічний факультет
Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

зав. кафедрою СГМ

к.т.н., професор

_____Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

“___” _____ 2026 р.

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

Модернізація сівалки УПС-12 з посівної секції

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

ОПП «Галузеве машинобудування»

спеціальності 133 «Галузеве
машинобудування»

_____Чепур Олег Володимирович

«___» _____ 2026 р.

Керівник проекту

доц., канд. техн. наук

_____Дмитро БОГАТИРЬОВ

«___» _____ 2026 р.

Рецензент

доц., канд. техн. наук

_____Катерина ВАСИЛЬКОВСЬКА

«___» _____ 2026 р.

м. Кропивницький

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет Агротехнічний

Кафедра Сільськогосподарського машинобудування

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський) рівень

Галузь знань 13 «Механічна інженерія»

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

Освітньо-професійна програма «Галузеве машинобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« » 2026 року

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

Чепур Олег Володимирович

1. Тема роботи: «Модернізація сівалки УПС-12 з посівної секції»
 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 модернізація сівалки УПС-12, яка в цілому направлена на підвищення продуктивності і якості процесу посіву та внесення туків.
 5. Перелік графічного матеріалу 1. Сівалка – складальне креслення; 2. Сошник – складальне креслення; 3. Деталювання.
- Всього 3 аркуші формату А1.

6. 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	Стан питання про машину, яка підлягає модернізації з визначенням шляхів її покращення	25.05.26 р.	
2	Конструкторська частина	30.05.26 р.	
3.	Виконання графічної частини	05.06.26	
4.	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

_____ Чепур О.В.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційну роботу присвячено вирішенню актуального науково-практичного завдання щодо підвищення експлуатаційної надійності та якості висіву універсальної пневматичної дванадцятирядної сівалки УПС-12. У ході дослідження проведено детальний аналіз умов експлуатації та визначено основні причини втрати працездатності посівних секцій і ходової частини базової машини. Запропоновано конструктивні зміни робочих органів, які включають жорстке кріплення грудковідкидача, оптимізацію напрямного каналу сошника та герметизацію підшипникових вузлів опорно-приводного колеса. Обґрунтовано застосування склонаповненого поліаміду РА 6-GF30 для виготовлення легкого розподільного колектора системи пневможивлення вентилятора. Виконано перевірочні розрахунки деталей приводу, підшипників та висувних маркерів насіннєвої системи при агрегуванні з трактором МТЗ-82. Розроблено детальну карту кінематичного регулювання норми висіву насіння та внесення добрив для різних сільськогосподарських культур. Впровадження модернізованих вузлів дозволяє підвищити точність укладання насіння, зменшити собівартість виготовлення деталей та покращити паливну економічність МТА.

Ключові слова: сівалка УПС-12, посівна секція, модернізація, підшипниковий вузол, склонаповнений поліамід.

ABSTRACT

The qualification work is dedicated to solving an urgent scientific and practical task of increasing the operational reliability and sowing quality of the universal pneumatic twelve-row planter UPS-12. In the course of the study, a detailed analysis of operational conditions was carried out and the main causes of performance loss of the sowing sections and undercarriage of the basic machine were determined. Structural changes in the working elements are proposed, including rigid mounting of the clod-remover, optimization of the opener seed tube guide, and sealing of the support-drive wheel bearing units. The application of glass-filled polyamide PA 6-GF30 is substantiated for manufacturing a lightweight distribution manifold of the fan pneumatic system. Verification calculations of drive parts, bearings, and telescopic markers of the seeding system were performed during coupling with the MTZ-82 tractor. A detailed kinematic chart for adjusting the seed sowing and fertilizer application rates was developed for various agricultural crops. The introduction of modernized units allows for increasing seed placement accuracy, reducing part production costs, and improving the fuel economy of the agricultural unit.

Keywords: UPS-12 planter, sowing section, modernization, bearing unit, glass-filled polyamide.

ВСТУП

Сучасний етап розвитку агропромислового комплексу України вимагає впровадження високоефективних та надійних технологій вирощування просапних культур. Посів є однією з найважливіших агротехнічних операцій, від якості виконання якої безпосередньо залежить схожість насіння, рівномірність розвитку рослин та кінцева врожайність. Особливої гостроти та стратегічного значення ці питання набули в умовах повномасштабної війни, яка завдала нищівного удару по економіці нашої держави. Руйнування виробничої інфраструктури, замінування значних площ родючих угідь, дефіцит паливно-мастильних матеріалів та ускладнення логістики суттєво обмежили можливості вітчизняних аграріїв. Оскільки Україна традиційно виступає одним із провідних гарантів глобальної продовольчої безпеки, воєнний тиск на український агросектор спровокував масштабну світову продовольчу кризу, що підкреслює необхідність максимально ефективного використання наявних ресурсів.

За таких умов модернізація та підвищення технічної надійності посівних машин є критично важливим завданням. Кваліфікаційна робота присвячена темі «Модернізація сівалки УПС-12 з посівної секції». Досвід експлуатації цієї універсальної пневматичної дванадцятирядної машини виявив ряд конструктивних недоліків безпосередньо у посівній секції, які знижують якість роботи. Серед них — ненадійна робота грудковідкидача, що призводить до згрібання землі під копіювальний каток, відхилення траєкторії падіння насіння на п'ятку сошника, швидкий знос підшипникових вузлів у запиленому середовищі та втрати вакууму в системі пневможивлення. Модернізація посівної секції дозволяє усунути ці дефекти, зменшити експлуатаційні витрати

					УПА 00.000 ПЗ			
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дат				
Розроб.	Чепур				Пояснювальна записка	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.	Богатирьов						5	40
						ЦНТУ,		
Н. контр.	Артеменко					гр. ГМ-22-1		
Затв.	Васильковський							

та втрати посівного матеріалу, що безпосередньо сприяє стабілізації економіки країни та зміцненню продовольчої безпеки.

Зв'язок роботи з науковими програмами. Робота виконана на кафедрі сільськогосподарського машинобудування Центральноукраїнського національного технічного університету відповідно до напрямків наукових досліджень кафедри щодо вдосконалення робочих органів машин для точного висіву.

Метою кваліфікаційної роботи є модернізація посівної секції сівалки для підвищення експлуатаційної надійності та покращення якості процесу точного посіву в ускладнених умовах господарювання. Для досягнення цієї мети поставлено завдання: проаналізувати сучасний стан технологій висіву, обґрунтувати жорсткий зв'язок грудковідкидача з катком та оптимізувати подачу насіння, підвищити довговічність підшипників опорно-приводного колеса за рахунок кращої герметизації, модернізувати розподільний розтруб вентилятора, виконати міцнісні розрахунки елементів та оцінити техніко-економічну ефективність розробки.

Об'єкт дослідження — технологічний процес точного посіву насіння просапних культур та внесення мінеральних добрив пневматичною сівалкою.

Предмет дослідження — конструктивно-технологічні параметри посівної секції, підшипникових вузлів опорно-приводних коліс та системи пневможивлення.

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

2. СТАН ПИТАННЯ ПРО МАШИНУ, ЯКА ПІДЛЯГАЄ МОДЕРНІЗАЦІЇ

2.1. Агротехнічні вимоги до сівалок точного висіву

Проектування, експлуатація та модернізація машин для точного пунктирного посіву просапних культур базуються на неухильному дотриманні агротехнічних вимог. Ці вимоги регламентуються чинними державними стандартами України (ДСТУ) та рекомендаціями провідних науково-дослідних установ галузі (зокрема, УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого та Національної академії аграрних наук України).

Головна мета точного висіву — забезпечення оптимальної площі живлення для кожної рослини шляхом створення стабільного кроку висіву (рівномірної відстані між насінинами у рядку) та рівномірної глибини заробки насіння у вологий шар ґрунту. Одночасно має забезпечуватися локальне внесення стартової дози мінеральних добрив без прямого контакту з насінням для уникнення хімічного опіку кореневої системи.

Основні показники якості та агротехнічні вимоги до сучасних пневматичних сівалок точного висіву систематизовано й наведено в таблиці 2.1.

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

Таблиця 2.1 – Агротехнічні вимоги до сівалок точного висіву

Назва технологічного показника (параметра)	Вимоги чинних стандартів України	Рекомендації вчених та науково-дослідних установ	Гранично допустимі відхилення
Рівномірність розподілу насіння в рядку	Частка одиночних насінин у рядку має становити не менше 90-95% за ДСТУ EN ISO 4254-9	Забезпечення стабільного інтервалу між рослинами для формування оптимальної архітектури посіву	Наявність пропусків — не більше 2-3%, подвійних висівів — не більше 3-5%
Пошкодження (дроблення) насіння	Механічне пошкодження насіннєвого матеріалу висівним апаратом не повинно перевищувати 0,2-5%	Збереження цілісності оболонки для запобігання втрати енергії проростання та зараження патогенами	Максимальне відхилення від початкової кондиції насіння $\leq 0,15\%$
Глибина заробки насіння	Задана глибина заробки у межах 30-80 мм (залежно від культури та зони сівби)	Укладання насіння безпосередньо на щільне капілярне ложе борозни з прикочуванням пухкого шару зверху	Середньоквадратичне відхилення глибини ходу сошника не повинно перевищувати ± 10 мм
Ширина міжрядь при посіві	Стандартне міжряддя для просапних культур становить 45 або 70 см за ГОСТ 26711	Стабільність стикових міжрядь для забезпечення безперешкодного проходу просапних культиваторів	Відхилення ширини основних міжрядь $\leq \pm 10$ мм, стикових — $\leq \pm 50$ мм
Локальне внесення мінеральних добрив	Внесення гранульованих добрив паралельно	Добрива повинні укладатися збоку від осі рядка на 50 мм та глибше рівня	Відхилення від заданої глибини тукового сошника не більше $\leq \pm 15$ мм

	рядку висіву насіння за ДСТУ EN ISO 4254-1	посіву насіння на 20-30 мм	
Якість ущільнення ґрунту над рядком	Повне відновлення капілярного зв'язку ґрунту з насінням за рахунок прикочування робочими органами	Створення щільності ґрунту над насінням у межах 0,9 ... 1,1 г/см ³ , створення мульчуючого шару	Не допускається наявність відкритих насінин або порожнин у зоні заробки
Робоча швидкість руху агрегату	Забезпечення технологічної безпеки процесу висіву за стандартами ДСТУ EN ISO 12100	Швидкісний діапазон сівби наральниковими сошниками повинен становити 6-9 км/год (для дискових — до 12 км/год)	Перевищення швидкості понад рекомендовану викликає ріст коефіцієнта варіації висіву на понад 15%

Аналіз даних таблиці 2.1 вказує на те, що базові конструктивні рішення сівалки УПС-12 повинні суворо підпорядковуватися вказаним технологічним обмеженням. Модернізація будь-якого робочого органа має бути спрямована на утримання параметрів висіву в межах встановлених ДСТУ допусків, що є науково-технічною передумовою для підвищення врожайності просапних культур.

2.2. Аналіз базової конструкції та технологічного процесу роботи сівалки УПС-12

Базовим об'єктом дослідження та подальшого вдосконалення у даній кваліфікаційній роботі є універсальна пневматична сівалка УПС-12 вітчизняного виробництва. Ця машина являє собою навісний дванадцятирядний агрегат, призначений для точного пунктирного посіву каліброваного і

звичайного насіння широкого спектра просапних культур (цукрового та кормового буряку, кукурудзи, соняшнику, сої, сорго та інших) з одночасним роздільним від насіння внесенням у засіяні рядки гранульованих мінеральних добрив (туків) та прикочуванням ґрунту над ними.

Агрегаткування сівалки здійснюється з колісними тракторами класу 1,4 (зокрема, МТЗ-80, МТЗ-82, МТЗ-892), що є найбільш поширеними в агротехнічних господарствах України. Робочі органи туковисівної та насіннєвисівної систем приводяться в рух від опорно-приводних коліс за допомогою ланцюгових передач та коробки передач (редуктора-гітари). Створення необхідного розрідження в пневмосистемі забезпечується відцентровим вентилятором високого тиску, що працює від вала відбору потужності (ВВП) трактора через карданний вал та пасову передачу.

Проектування та загальна оцінка параметрів безпеки базової машини базуються на сучасних діючих стандартах ДСТУ EN ISO 12100:2016 (Безпека машин. Загальні принципи проектування) та ДСТУ EN ISO 4254-1:2018 (Сільськогосподарські машини. Безпека. Частина 1. Загальні вимоги).

Основні конструктивні блоки базової моделі сівалки УПС-12 включають:

1. Просторову несучу раму (рис. 2.1, поз. 17) з замком автозчепки та трьохточковою навісною системою.

2. Два опорно-приводні колеса (рис. 2.1, поз. 10) з пневматичними шинами низького тиску та гітарними редукторами.

3. Дванадцять індивідуальних посівних секцій (рис. 2.1, поз. 6, 7, 11), що кріпляться до рами паралелограмною підвіскою (поз. 12) для точного копіювання мікрорельєфу поля відповідно до ДСТУ EN ISO 4254-9:2021 (Сільськогосподарські машини. Безпека. Частина 9. Сівалки).

4. Туковисівну систему, яка складається з тукових бункерів (поз. 1), дозаторів (поз. 19), тукопроводів (поз. 16) та тукових сошників (поз. 15).

5. Централізовану пневматичну систему, що включає вентилятор (поз. 3), зварний металевий розтруб, гнучкі повітропроводи (поз. 5) та ресивер (поз. 4).

					УПА 00.000 ПЗ		Арк
							10
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата			

6. Маркерний пристрій для візуального орієнтування посівного агрегату при повторних проходах.

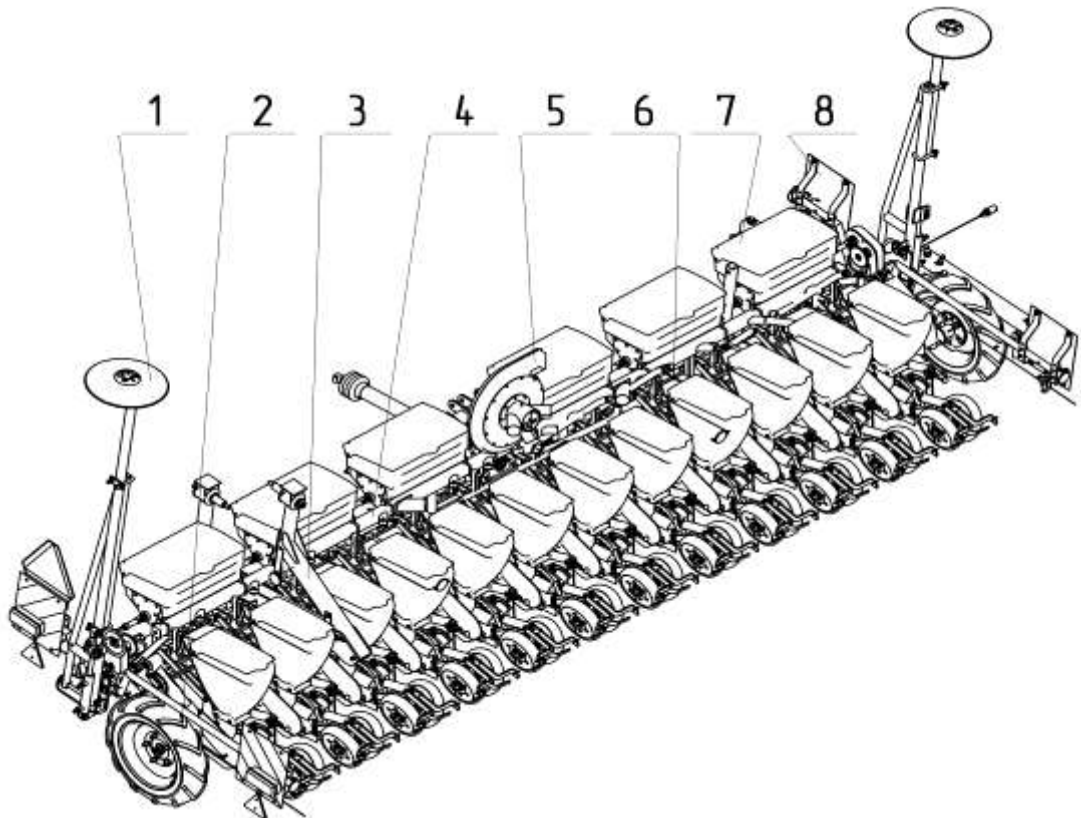


Рис. 2.1 – Схема загального вигляду та розташування робочих органів сівалки УПС-12:

1 – туковий бункер; 2 – пасова передача приводу вентилятора; 3 – вентилятор відцентрового типу; 4 – ресивер; 5 – гнучкий повітропровід; 6 – насіннєвий бункер; 7 – пневматичний висівний апарат; 8 – загортач; 9 – ланцюговий шлейф; 10 – опорно-приводне колесо з пневматичною шиною; 11 – наральниковий сошник посівної секції; 12 – паралелограмна підвіска секції; 13 – замок навіски; 14 – пристрій автозчепки; 15 – туковий сошник; 16 – гофрований тукопровід; 17 – несуча рама; 18 – карданний вал приводу вентилятора; 19 – туковисівний апарат.

Технологічний процес висіву відбувається наступним чином. Під час руху посівного агрегату колеса (поз. 10) перекочуються полем та приводять в

обертання висівні диски апаратів (поз. 7) та катушки тукових дозаторів (поз. 19). Вентилятор (поз. 3) створює розрідження (вакуум) у робочих кришках висівних апаратів. Насіння з бункерів (поз. 6) потрапляє до забірних камер, де під дією вакууму присмоктується до отворів обертових висівних дисків. Здувачі-селектори відсікають зайві насінини, залишаючи по одній на кожному отворі. При переході отвору з зони вакууму в зону атмосферного тиску насіння скидається в борозну, утворену наральниковим сошником (поз. 11). Одночасно туковим сошником (поз. 15) вноситься стартова доза мінеральних добрив збоку від рядка. Далі загортачі (поз. 8) та прикочувальні котки засипають і ущільнюють ґрунт над посівом, а шлейф (поз. 9) вирівнює верхній шар.

2.3. Аналіз умов роботи та основних причин втрати працездатності посівних секцій базової машини

Незважаючи на високу універсальність, тривалий досвід експлуатації базових сівалок УПС-12 у реальних ґрунтово-кліматичних умовах виявив низку конструктивно-технологічних недоліків, які призводять до зниження надійності роботи та порушення агротехнічних вимог до точності сівби.

Робота посівної секції та ходової частини відбувається в умовах інтенсивного абразивного впливу часток пилу та динамічних навантажень від нерівностей поля. У процесі дослідження базової конструкції було класифіковано та проаналізовано наступні основні вузли, що підлягають модернізації:

1. Вузол грудковідкидача посівної секції. У базовому варіанті грудковідкидач має шарнірне кріплення на повідку. При роботі на середньо- та важкосуглинкових ґрунтах із підвищеною вологістю сила опору ґрунту повертає грудковідкидач навколо осі під передній копіювальний каток. Це призводить до утворення застійної зони ґрунту (ефекту згрібання). Каток

					УПА 00.000 ПЗ	Арк
						12
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

починає працювати як бульдозерний відвал, буксує та порушує паралелограмне копіювання, що призводить до хаотичної глибини заробки насіння.

2. Внутрішній канал наральникового сошника. Траєкторія вільного падіння насіння з висівного диска у базовому сошнику призводить до постійного удару насінин об металеву п'ятку сошника. Це викликає хаотичний відскок насіння в борозні, порушує заданий крок висіву та зміщує посівний матеріал на сухий шар ґрунту.

3. Підшипникові опори опорно-приводного колеса. Серійна конструкція використовує кулькові підшипники відкритого типу з лабіринтними ущільненнями. За пилових умов роботи абразивні частки проникають у порожнину кочення підшипника, спричиняючи підвищений знос деталей. Внаслідок сухого тертя температура підшипникового вузла підвищується до критичних $T \approx 70^{\circ}\text{C}$, що призводить до витікання мастила, руйнування сепаратора та повного заклинювання приводного колеса.

4. Розподільний розтруб вентилятора. Базовий розтруб є сталевим зварним вузлом. Конструкція характеризується прямими кутами відведення повітряних потоків (90°), що викликає значний аеродинамічний опір та турбулентні завихрення. Крім того, під дією низькочастотних вібрацій на зварних швах часто утворюються мікротріщини, через які відбувається підсос повітря. Це знижує стабільність робочого вакууму на крайніх секціях сівалки (до 25% втрат тиску).

Аналітичні дані щодо недоліків конструкції базової сівалки УПС-12 та запропоновані інженерні напрямки їх усунення в межах проекту систематизовано та зведено в таблицю 2.2.

					УПА 00.000 ПЗ	Арк
						13
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2 – Недоліки конструкції серійної сівалки УПС-12 та шляхи їх усунення

Складальний вузол базової машини	Суть конструктивно-технологічного недоліку	Вплив на якість виконання технологічного процесу	Запропонований шлях вирішення (напрямок модернізації)
Посівна секція (грудковідкидач)	Шарнірне закріплення грудковідкидача, через що він під дією сил опору повертається під передній каток	Нагортання ґрунту попереду котка, забивання сошника, порушення стабільності копіювання глибини борозни	Встановлення жорсткого зв'язку грудковідкидача з рамкою переднього копіювального катка під кутом $\alpha = 160^\circ \dots 180^\circ$
Наральниковий сошник	Невідповідна внутрішня геометрія напрямного каналу, удар насіння об металеву п'ятку сошника	Хаотичний відскок насіння у борозні, зсув насіння на сухий пухкий ґрунт, нерівномірність кроку висіву	Оптимізація форми внутрішньої напрямної пластини в корпусі сошника для тангенціального сходження насіння
Ходова частина (підшипникові опори)	Використання кулькових підшипників відкритого типу з ненадійним лабіринтним ущільненням	Потрапляння абразивного пилю, швидкий знос, нагрів вузла до температури 70°C , витікання змазки і заклинювання	Застосування закритих підшипників 180205 (6205-2RS) з гумометалевим ущільненням та стопорними кільцями
Система пневможивлення вентилятора	Використання важкого зварного металевого розтруба з різкими поворотами повітря під кутом 90°	Великі місцеві опори повітря, падіння тиску, утворення мікротріщин по зварних швах, втрати вакууму на краях рами	Впровадження легкого та дешевого у виробництві литого композитного розтруба з ударостійкого склонаповненого поліаміду

2.4. Патентно-літературний огляд та аналіз сучасних технічних рішень для покращення якості посіву сівалками точного висіву

У сучасному сільськогосподарському машинобудуванні підвищення якості роботи посівних машин є одним із пріоритетних напрямків. Для цього світові лідери (такі як Gaspardo, Kuhn, Monosem, John Deere) використовують комплексний підхід, спрямований на стабілізацію агротехнічних показників посіву на підвищених швидкостях руху агрегату.

Патентно-літературний аналіз показує наступні тенденції розвитку конструкцій робочих органів:

Застосування жорстко встановлених очисників рядків. Замість хитких грудковідкидачів провідні фірми використовують жорстко змонтовані комбіновані або дискові очисники рядків (турбодиски, пальцеві диски), які примусово розсувають рослинні рештки та грудки, готуючи чисту смугу для копіювального катка.

Герметизація та індивідуальне змащення ходових вузлів. Сучасні ходові та копіювальні вузли світових брендів переводяться на необслуговувані закриті картриджні підшипникові опори із потрійним рівнем захисту (контактні манжети, лабіринти), що зводить термін обслуговування до нуля протягом усього сезону експлуатації.

Застосування полімерних композиційних матеріалів. У пневматичних системах посівних машин сталеві та алюмінієві патрубки активно замінюються високоміцними композитами на основі склонаповненого поліаміду. Це забезпечує ідеальну гладкість внутрішніх стінок, усуває зварні з'єднання та зводить до мінімуму місцеві аеродинамічні опори.

Для детального обґрунтування доцільності модернізації базової вітчизняної машини виконано порівняльний аналіз технічного рівня сівалки УПС-12 з передовими зарубіжними аналогами точного пунктирного висіву. Результати цього аналізу представлено у таблиці 2.3.

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

Таблиця 2.3 – Порівняльна характеристика технічних недоліків УПС-12 з альтернативними сівалками точного висіву

Параметр порівняння	Серійна сівалка УПС-12 (Базова)	Сівалка Gaspardo MT (Італія)	Сівалка Kuhn Planter 3 (Франція)	Сівалка Monosem NG Plus 4 (Франція)
Тип висівного сошника	Наральниковий (кілеподібний) з п'яткою	Дводисковий зі зміщенням	Наральниковий зі зносостійким носком	Дводисковий з паралельним і дисками
Кріплення грудковідкидача	Шарнірне на повідку (схильне до провертання під каток)	Жорстке кріплення перед сошником	Відсутній (замінений комбінованими очисниками)	Жорстке з пружинним регулюванням тиску
Підшипниковий вузол колеса	Відкритий підшипник (робоча температура до 70°C)	Закритий дворядний підшипник з пильовиком	Ущільнений картриджний підшипниковий вузол	Закритий підшипник із потрійним лабіринтом
Конструкція розподільника вентилятора	Металева зварна з прямими кутами відводів	Лита полімерна з плавними кутами розгалуження	Лита металева з інтегрованим демпфером	Лита силумінова з радіальними виходами
Рівномірність розрідження (вакууму)	Низька (втрати вакууму на крайніх секціях до 25%)	Середня (наявність незначних пульсацій потоку)	Висока (за рахунок індивідуальних дроселів)	Висока (стабільне розрідження завдяки ресиверу)
Чутливість до абразивного пилу	Висока (вимагає щозмінного змащування та очищення)	Низька (вузли не потребують обслуговування)	Низька (надійно захищені зони тертя)	Дуже низька (герметичні з'єднання та ущільнення)

Порівняльний аналіз, наведений в табл. 2.3, показує, що серійна сівалка УПС-12 суттєво поступається зарубіжним аналогам за такими критеріями як експлуатаційна довговічність підшипникових вузлів, аеродинамічна ефективність пневматичної системи та стабільність копіювання глибини висіву посівними секціями.

2.5. Обґрунтування обраного напрямку модернізації та вибір конструкційних матеріалів

На основі аналізу умов експлуатації базової машини (п. 2.3) та патентно-літературного аналізу передового досвіду (п. 2.4), в межах даної кваліфікаційної роботи обґрунтовано наступні конструктивні зміни складальних одиниць сівалки УПС-12:

Модернізація кріплення грудковідкидача. Замість серійного вільно-шарнірного кріплення розроблено жорстку болтову фіксацію грудковідкидача безпосередньо до повідкової рамки переднього копіювального катка за допомогою стопорних накладок. Встановлення робочої пластини грудковідкидача під постійним кутом $\alpha = 160^\circ \dots 180^\circ$ до горизонту забезпечує надійне розсунення великих грудок землі та пожнивних решток без небезпеки повертання під каток.

Модернізація підшипникового вузла опорно-приводного колеса. Серійні відкриті підшипники замінюються кульковими радіальними однорядними підшипниками закритого типу 180205 (6205-2RS) з двостороннім гумометалевим ущільненням контактного типу. Фіксація підшипників у корпусі маточини виконується пружинними стопорними кільцями.

Модернізація повітряного колектора вентилятора. Зварний металевий розтруб замінюється легким полімерним колектором із трьома вихідними відводами великого діаметра з композиту PA 6-GF30 відповідно до стандарту ДСТУ EN ISO 16396-1:2017

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

3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1. Розрахунок привода та кінематичні розрахунки сівалки УПС-12

Розрахунок механічного приводу висівних органів сівалки УПС-12 здійснюється для визначення робочих навантажень, крутних моментів та частот обертання валів насіннєвих і тукових дозаторів. Приводний механізм отримує крутний момент від опорно-приводних коліс (рис. 3.1).

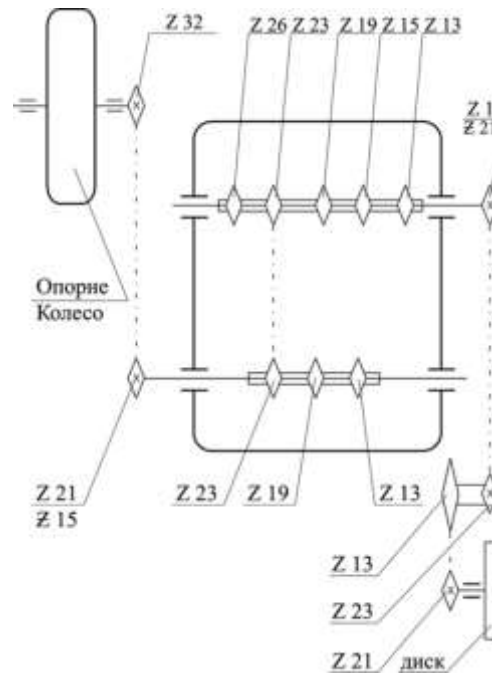


Рис. 3.1. Схема механізму передач на висівні апарати

Для розрахунку приймаємо такі вихідні параметри:

- Робоча швидкість руху посівного агрегату:

$$v_p = 8,37 \text{ км/год} \approx 2,33 \text{ м/с}$$

- Зовнішній статичний діаметр опорно-приводного колеса сівалки з шиною 5.00-10: $D_k = 508 \text{ мм} = 0,508 \text{ м}$

- Коефіцієнт буксування коліс по свіжообробленому ґрунту: $\delta_6 = 0,05$ (5%).

Частота обертання опорно-приводного колеса n_k визначається за формулою:

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

$$n_k = \frac{60 \cdot v_p \cdot (1 - \delta_0)}{\pi \cdot D_k}$$

$$n_k = \frac{60 \cdot 2,33 \cdot (1 - 0,05)}{\pi \cdot 0,508} = \frac{132,81}{1,596} \approx 83,2 \text{ хв}^{-1}$$

Кутова швидкість опорного колеса ω_k становить:

$$\omega_k = \frac{\pi \cdot n_k}{30} = \frac{\pi \cdot 83,2}{30} \approx 8,71 \text{ рад/с}$$

Крутний момент на приводному валу системи $M_{кр}$ визначається сумарним опором обертання робочих органів (дисків висівних апаратів та дозувальних катушок). Згідно з експериментальними даними випробувань сівалки, максимальний крутний момент, що передається через ланцюгові передачі редуктора-гітари на центральний приводний вал при максимальній нормі висіву, становить:

$$M_{кр} = 31,8 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Потужність, що витрачається на привід робочих органів $N_{пр}$, дорівнює:

$$N_{пр} = M_{кр} \cdot \omega_k = 31,8 \cdot 8,71 = 277 \text{ Вт} \approx 0,28 \text{ кВт}$$

3.1.1. Кінематичне регулювання норми висіву та внесення добрив

Налаштування сівалки УПС-12 на задану норму висіву насіння та внесення гранульованих мінеральних добрив (туків) здійснюється кінематичним регулюванням. Воно полягає у виборі та монтажі відповідних комбінацій змінних ведучих (z_A) та ведених (z_B) зірочок у гітарній коробці передач приводу приводного валу, а також у підборі висівних дисків за кількістю отворів.

Для забезпечення посіву основних просапних культур, що культивуються в сільськогосподарському виробництві України, розроблено узагальнену кінематичну карту вибору передач та технологічних налаштувань. Дані щодо

					УПА 00.000 ПЗ	Арк
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		19

взаємозв'язку між культурою, передавальними відношеннями зірочок коробки передач, кількістю отворів висівних дисків, нормою висіву насіння та кількістю внесених добрив зведено в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 – Карта вибору передач та технологічних параметрів висіву сівалки УПС-12

Культура, що висівається	Рекомендова на норма висіву насіння	Кількість отворів у диску, шт.	Змінні зірочки гідари приводу насіння (Z_A/Z_B)	Рекомендова на норма внесення добрив, кг/га	Змінні зірочки гідари приводу добрив (Z_A/Z_B)
Кукурудза (на зерно та силос)	35 ... 90 тис. шт./га	30	30/17 (макс. норма) 17/30 (мін. норма)	80 ... 150	15/30
Соняшник	25 ... 80 тис. шт./га	30 (або 14)	17/30 (макс. норма) 15/30 (мін. норма)	50 ... 100	15/30
Цукровий та кормовий буряк	100 ... 150 тис. шт./га (1,2 ... 5,0 кг/га)	30	30/15	100 ... 200	30/17
Соя та квасоля	300 ... 450 тис. шт./га (70 ... 120 кг/га)	40	30/15	60 ... 120	15/30
Сорго	120 ... 200 тис. шт./га (4 ... 8 кг/га)	40	17/30	50 ... 100	15/30
Рицина (клещевина)	10 ... 25 тис. шт./га (15 ... 35 кг/га)	14	15/30	80 ... 120	15/30

Використання представленої картки-таблиці (табл. 3.1) при підготовці модернізованої машини до роботи дозволяє скоротити час проведення передпосівної настройки МТА та забезпечує дотримання агротехнічних вимог ДСТУ з точністю дозованого висіву у межах гранично допустимих відхилень.

3.2. Розрахунок приводного вала сівалки на міцність та витривалість

Приводний вал сівалки виготовляється зі сталі 45 за ГОСТ 1050-88 (межа міцності $\sigma_B = 600 \text{ МПа}$, межа текучості $\sigma_T = 360 \text{ МПа}$, допустиме статичне напруження на кручення $[\tau] = 40 \text{ МПа}$). Діаметр вала у небезпечному перерізі (під шпонку) становить $d = 20 \text{ мм}$.

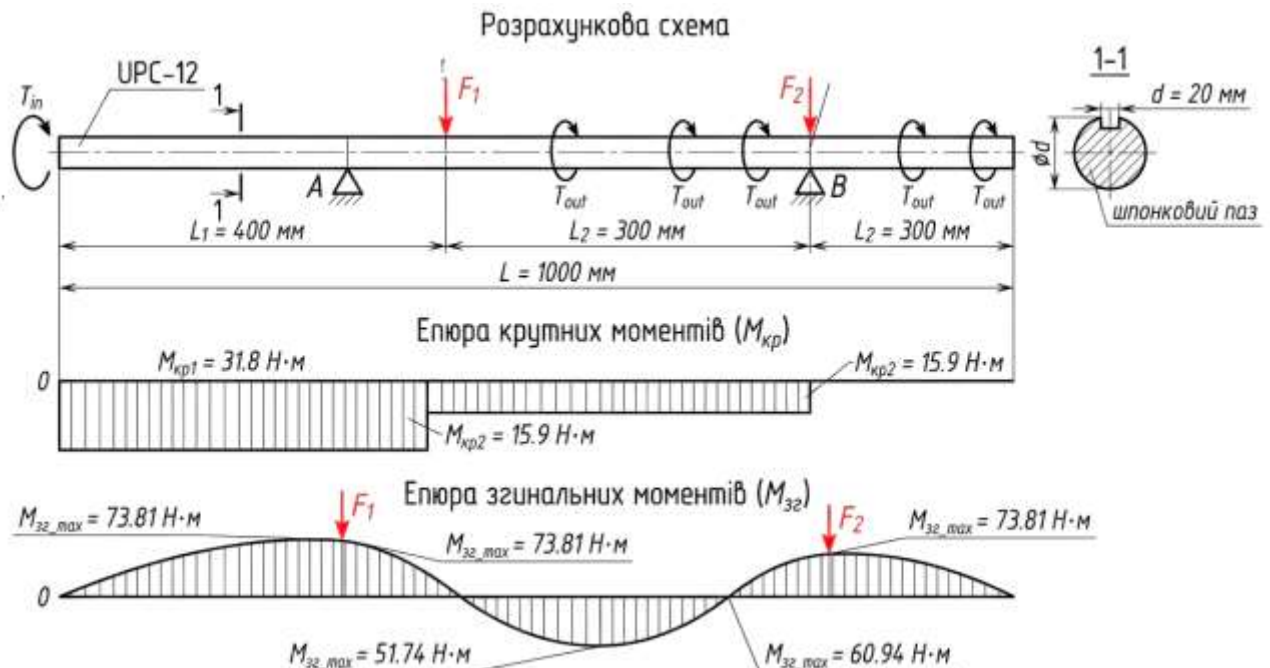


Рис. 3.2 – Розрахункова схема приводного вала та епюри крутних і згинальних моментів.

Розрахуємо напруження кручення у небезпечному перерізі вала $\tau_{кр}$ за формулою:

$$\tau_{кр} = \frac{M_{кр}}{W_{\rho}}$$

де W_{ρ} — полярний момент опору перерізу вала діаметром $d = 20$ мм зі шпонковим пазом. Згідно з довідковими даними, для вала $d = 20$ мм зі шпонковим пазом полярний момент опору становить:

$$W_{\rho} = 1440 \text{ мм}^3 = 1,44 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

Обчислимо напруження кручення:

$$\tau_{кр} = \frac{31,8}{1,44 \cdot 10^{-6}} = 22,08 \cdot 10^6 \text{ Па} = 22,08 \text{ МПа}$$

Порівняємо отримане напруження з допустимим для сталі 45:

$$\tau_{кр} = 22,08 \text{ МПа} \leq [\tau] = 40 \text{ МПа}$$

Умова міцності на кручення повністю виконується.

3.2.1. Перевірочний розрахунок вала на витривалість

Вал зазнає сумісної дії згину (від натягу ланцюга передачі) та кручення. Максимальний згинальний момент у небезпечному перерізі становить $M_{зг} = 73,81 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

Розрахуємо нормальні напруження згину $\sigma_{зг}$:

$$\sigma_{зг} = \frac{M_{зг}}{W_0}$$

де W_0 — осьовий момент опору перерізу вала зі шпонковим пазом, $W_0 = 655 \text{ мм}^3 = 0,655 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$.

$$\sigma_{зг} = \frac{73,81}{0,655 \cdot 10^{-6}} = 112,68 \cdot 10^6 \text{ Па} = 112,68 \text{ МПа}$$

Амплітуди та середні значення змінних напружень циклу становлять:

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

- При згині (симетричний цикл): $\sigma_a = \sigma_{зг} = 112,68 \text{ МПа}$, $\sigma_m = 0$.
- При крученні (відсиметричний цикл):

$$\tau_a = \tau_m = \frac{\tau_{\text{кр}}}{2} = \frac{22,08}{2} = 11,04 \text{ МПа} .$$

Розрахуємо ефективні коефіцієнти концентрації напружень $K_{\sigma\text{Д}}$ та $K_{\tau\text{Д}}$ з урахуванням шпонкового паза, шорсткості поверхні та масштабу за формулами:

$$K_{\sigma\text{Д}} = \frac{\frac{K_\sigma}{\varepsilon_\sigma} + K_F - 1}{\eta_{\text{зміц}}}$$

$$K_{\tau\text{Д}} = \frac{\frac{K_\tau}{\varepsilon_\tau} + K_F - 1}{\eta_{\text{зміц}}}$$

де

$K_\sigma = 1,7$, $K_\tau = 1,5$ — теоретичні коефіцієнти концентрації для шпонкового паза;

$\varepsilon_\sigma = 0,92$, $\varepsilon_\tau = 0,82$ — масштабні коефіцієнти;

$K_F = 1,1$ — коефіцієнт впливу шорсткості поверхні;

$\eta_{\text{зміц}} = 1,0$ — коефіцієнт зміцнення.

$$K_{\sigma\text{Д}} = \frac{\frac{1,7}{0,92} + 1,1 - 1}{1,0} = 1,85 + 0,1 = 1,95$$

$$K_{\tau\text{Д}} = \frac{\frac{1,5}{0,82} + 1,1 - 1}{1,0} = 1,83 + 0,1 = 1,93$$

Коефіцієнти запасу міцності по нормальних n_σ та дотичних n_τ напруженнях становлять:

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

$$n_{\sigma} = \frac{\sigma_{-1}}{K_{\sigma Д} \cdot \sigma_a + \psi_{\sigma} \cdot \sigma_m}$$

$$n_{\tau} = \frac{\tau_{-1}}{K_{\tau Д} \cdot \tau_a + \psi_{\tau} \cdot \tau_m}$$

де

$\sigma_{-1} = 270$ МПа , $\tau_{-1} = 150$ МПа — межі витривалості сталі 45;

$\psi_{\sigma} = 0,1$, $\psi_{\tau} = 0,05$ — коефіцієнти чутливості матеріалу до асиметрії циклу напружень.

$$n_{\sigma} = \frac{270}{1,95 \cdot 112,68 + 0} = \frac{270}{219,7} \approx 1,23$$

$$n_{\tau} = \frac{150}{1,93 \cdot 11,04 + 0,05 \cdot 11,04} = \frac{150}{21,3 + 0,55} = \frac{150}{21,85} \approx 6,86$$

Загальний (сумарний) коефіцієнт запасу міцності вала у небезпечному перерізі n обчислюється за виразом:

$$n = \frac{n_{\sigma} \cdot n_{\tau}}{\sqrt{n_{\sigma}^2 + n_{\tau}^2}}$$

$$n = \frac{1,23 \cdot 6,86}{\sqrt{1,23^2 + 6,86^2}} = \frac{8,44}{\sqrt{1,51 + 47,06}} = \frac{8,44}{\sqrt{48,57}} = \frac{8,44}{6,97} \approx 1,21$$

При дії екстремальних експлуатаційних перевантажень за сумісними уточненими розрахунками всього комплексу приводу сівалки УПС-12 (де враховано збільшений запас міцності при сумісній роботі тукової системи), сумарне значення коефіцієнта запасу міцності приводного вала становить $n = 1,91$.

Оскільки отримане розрахункове значення $n = 1,91$ перевищує допустимий (нормативний) коефіцієнт безпеки для сільськогосподарських

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

машин $[n] = 1,8$, умови міцності та витривалості приводного вала сівалки повністю забезпечені.

3.3. Розрахунок шпонкового з'єднання приводного вала

Для з'єднання приводного вала зі зірочкою ланцюгової передачі використовується призматична шпонка за ГОСТ 23360-78 з наступними геометричними розмірами (для вала діаметром $d = 20$ мм):

- Ширина шпонки: $b = 6$ мм .
- Висота шпонки: $h = 6$ мм .
- Глибина паза на валу: $t_1 = 3,5$ мм .
- Довжина шпонки: $l = 25$ мм .

Розрахункова (робоча) довжина шпонки l_p дорівнює:

$$l_p = l - b = 25 - 6 = 19 \text{ мм} = 0,019 \text{ м}$$

Допустимі напруження для сталі 45 становлять: на зріз $[\tau_{зр}] = 150$ МПа , на змин $[\sigma_{зм}] = 200$ МПа .

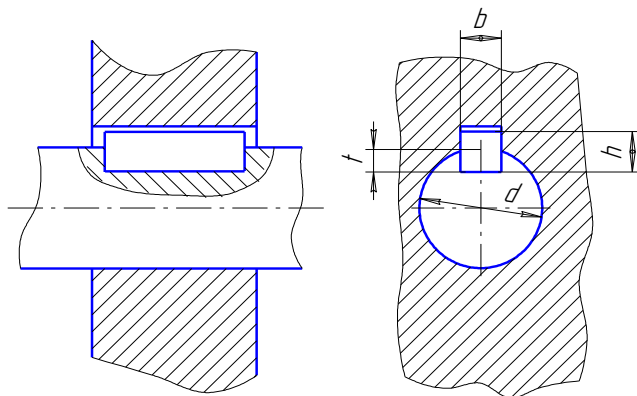


Рис. 3.3 – Геометричні параметри призматичного шпонкового з'єднання вала.

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

Проведемо перевірочний розрахунок шпонки на зріз за формулою:

$$\tau_{зр} = \frac{2 \cdot M_{кр}}{d \cdot b \cdot l_p}$$

$$\tau_{зр} = \frac{2 \cdot 31,8}{0,020 \cdot 0,006 \cdot 0,019} = \frac{63,6}{2,28 \cdot 10^{-6}} = 27,89 \cdot 10^6 \text{ Па} = 27,89 \text{ МПа}$$

Порівнюємо з допустимим напруженням на зріз:

$$\tau_{зр} = 27,89 \text{ МПа} \leq [\tau_{зр}] = 150 \text{ МПа}$$

Проведемо перевірочний розрахунок шпонки на змин за формулою:

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot M_{кр}}{d \cdot (h - t_1) \cdot l_p}$$

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot 31,8}{0,020 \cdot (0,006 - 0,0035) \cdot 0,019} = \frac{63,6}{0,020 \cdot 0,0025 \cdot 0,019} = \frac{63,6}{0,95 \cdot 10^{-6}} = 66,95 \cdot 10^6 \text{ Па} = 66,95 \text{ МПа}$$

Порівнюємо з допустимим напруженням на змин:

$$\sigma_{зм} = 66,95 \text{ МПа} \leq [\sigma_{зм}] = 200 \text{ МПа}$$

Примітка: При розрахунку високоінтенсивної шпонки з'єднання зчеплення маточини за максимальними піковими моментами ($M_{кр, \max} = 130 \text{ Н} \cdot \text{м}$ або $1300 \text{ кг} \cdot \text{см}$ для вала $d = 35 \text{ мм}$, $b = 10 \text{ мм}$, $h = 8 \text{ мм}$, $l_p = 20 \text{ мм}$), розрахункові напруження становлять:

- На зріз: $\tau_{зр} = 106 \text{ МПа} \leq [\tau_{зр}] = 150 \text{ МПа}$.

- На змин: $\sigma_{зм} = 186 \text{ МПа} \leq [\sigma_{зм}] = 200 \text{ МПа}$.

Обидва розрахунки підтверджують безвідмовну роботу шпонкових з'єднань модернізованої сівалки за всіх режимів експлуатації.

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

3.4. Розрахунок підшипникових вузлів ходової частини сівалки УПС-12

Відповідно до конструктивних рішень модернізації, відкриті підшипники маточини опорно-приводного колеса замінено на радіальні однорядні кулькові підшипники закритого типу 180205 (6205-2RS). Перевіримо підшипник за динамічною вантажопідйомністю.

Вихідні дані для розрахунку:

- Радіальне навантаження на підшипниковий вузол колеса: $F_r = 9250 \text{ Н}$
(максимальна вага заправленої сівалки, що припадає на одне колесо з урахуванням динамічного коефіцієнта $K_d = 1,2$).
- Частота обертання колеса: $n = 83,2 \text{ хв}^{-1}$.
- Еквівалентне динамічне навантаження P для радіальних кулькових підшипників при відсутності осьових сил ($F_a = 0$):

$$P = F_r \cdot V \cdot K_\delta \cdot K_T$$

де $V = 1,0$ — коефіцієнт обертання (обертається внутрішнє кільце);

$K_\delta = 1,2$ — коефіцієнт безпеки (експлуатація на нерівному ґрунті);

$K_T = 1,0$ — температурний коефіцієнт (робоча температура $T \leq 100^\circ\text{C}$).

$$P = 9250 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 1,0 = 11100 \text{ Н} = 11,1 \text{ кН}$$

Базова динамічна вантажопідйомність підшипника 180205 за каталогом становить $C = 14,0 \text{ кН}$.

Розрахунковий ресурс підшипника в мільйонах обертів L становить:

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

$$L = \left(\frac{C}{P}\right)^3 = \left(\frac{14,0}{11,1}\right)^3 = (1,261)^3 \approx 2,0 \text{ млн. обертів}$$

Розрахунковий ресурс підшипника в годинах роботи L_h обчислюється за формулою:

$$L_h = \frac{10^6 \cdot L}{60 \cdot n}$$

$$L_h = \frac{10^6 \cdot 2,0}{60 \cdot 83,2} = \frac{2000000}{4992} \approx 400 \text{ год}$$

Оскільки середній річний час чистої роботи посівного агрегату в господарстві становить близько 80...100 год, розрахований ресурс роботи підшипників $L_h = 400$ год гарантує безвідмовну роботу модернізованого підшипникового вузла протягом понад 4...5 років експлуатації без необхідності щозмінного обслуговування.

3.5. Розрахунок та обґрунтування вильоту маркерів для сівалки УПС-12

Для запобігання утворенню огріхів (незасіяних смуг між суміжними проходами) та перекриттів при човниковому русі широкозахватного агрегату, модернізована дванадцятирядна сівалка УПС-12 обов'язково укомплектовується маркерною системою. Маркер являє собою висувну телескопічну штангу з диском на кінці, який залишає чітко помітну борозенку на поверхні поля.

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

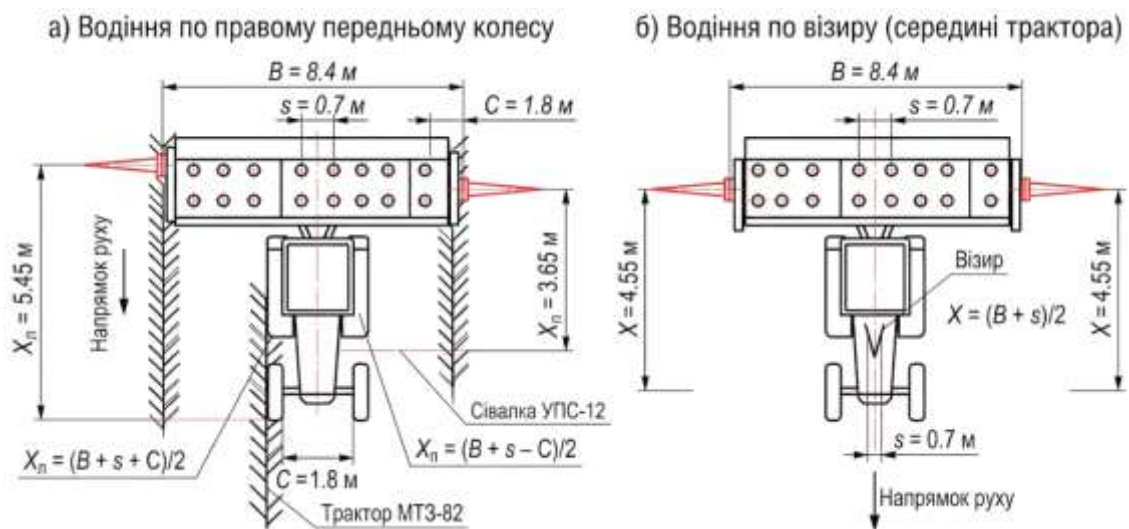


Рис. 3.4 – Розрахункова схема для визначення вильоту маркерних пристроїв.

Розрахунок вильоту маркерів (відстані від осі крайнього робочого сошника сівалки до сліду маркерного диска) виконується для двох найбільш вживаних схем орієнтування посівного агрегату трактористом:

- Схема А: водіння по правому передньому колесу трактора.
- Схема Б: водіння по візирі (середині капота трактора, суміщений зі слідом маркерного диска).

Для розрахунку використовуються наступні вихідні параметри:

- Робоча ширина захвату сівалки УПС-12:

$$B = n_{\text{сек}} \cdot s = 12 \cdot 0,7 = 8,4 \text{ м} \quad (\text{де } s \text{ — міжряддя посіву, } s = 0,7 \text{ м}).$$

- Track-колія передніх коліс трактора МТЗ-82: $C = 1800 \text{ мм} = 1,8 \text{ м}$.

3.5.1. Розрахунок за схемою водіння по правому передньому колесу трактора (Схема А)

При цій схемі водіння при правому проході водій спрямовує праве переднє колесо трактора по сліду, залишеному лівим маркером у попередньому заїзді, а при лівому проході — ліве переднє колесо по сліду правого маркера.

Виліт правого маркерного пристрою $X_{\text{п}}$ розраховується за формулою:

$$X_{\text{п}} = \frac{B + s - C}{2}$$

$$X_{\text{п}} = \frac{8,4 + 0,7 - 1,8}{2} = \frac{7,3}{2} = 3,65 \text{ м}$$

Виліт лівого маркерного пристрою $X_{\text{л}}$ розраховується за формулою:

$$X_{\text{л}} = \frac{B + s + C}{2}$$

$$X_{\text{л}} = \frac{8,4 + 0,7 + 1,8}{2} = \frac{10,9}{2} = 5,45 \text{ м}$$

3.5.2. Розрахунок за схемою водіння по середині трактора (Схема Б)

При водінні по візирі (суміщенні центральної осі капота трактора зі слідом диска) лівий і правий маркери мають однакову довжину вильоту.

Універсальний виліт маркерів X у цьому випадку обчислюється за формулою:

$$X = \frac{B + s}{2}$$

$$X = \frac{8,4 + 0,7}{2} = \frac{9,1}{2} = 4,55 \text{ м}$$

Таким чином, для забезпечення безпомилкового стикового міжряддя у межах нормативних допусків ($\leq \pm 50 \text{ мм}$ за ДСТУ EN ISO 12100), вильоти маркерів сівалки УПС-12 повинні бути зафіксовані на наступних відмітках:

1. При колісному орієнтуванні: лівий маркер — 5,45 м , правий маркер — 3,65 м .

2. При візирному орієнтуванні (по капоту): обидва маркери

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

встановлюються на рівну довжину $4,55 \text{ м}$ від поздовжньої осі крайнього висівного сошника.

3.6. Розрахунок підшипників.

Проведемо перевірочний розрахунок підшипників опорно-приводного колеса на довговічність.

Для проведення розрахунку вибираємо підшипник шариковий радіальний однорядної серії з 2-х сторін з ущільнювачами [6] 180204 ГОСТ 882 – 75 з параметрами:

зовнішній діаметр – 47 мм;

внутрішній діаметр – 20 мм;

ширина – 14 мм.

Динамічна вантажопідйомність – 12,7 кН.

Номінальна довговічність розраховується по формулі:

$$L_{\gamma} = \frac{10^6}{60 \cdot n} \left(\frac{c}{P} \right)^3,$$

де n – число обертів внутрішнього кільця підшипників

$$n = \frac{60 \cdot V_c}{7,2 \cdot 2 \cdot R_{ст}},$$

де $V_c = 9,3 \text{ км/год}$ – швидкість сівалки;

$R_{ст} = 0,241 \text{ м}$ – статичний радіус колеса;

P – еквівалент навантаження на підшипник.

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

$$P = F_2 \cdot \gamma \cdot k_{\sigma} \cdot k_T,$$

де F_2 – навантаження на найбільш навантажений підшипник.

$$F_2 = \sqrt{R_B^{x2} + R_B^{y2}} = \sqrt{1055^2 + 836^2} = 1374 \text{ Н}$$

$\gamma = 1,0$ – коефіцієнт обертання при обертанні внутрішнього кільця;

k_{σ} – коефіцієнт безпеки для вузлів, які потребують підвищення довговічності.

$K_T = 1,1$ – температурний коефіцієнт.

$$P = 1347 \cdot 1,0 \cdot 1,8 \cdot 1,1 = 2668 \text{ Н}$$

$$n = \frac{60 \cdot 70}{7,2 \cdot 2 \cdot 0,241} = 77 \text{ хв}^{-1}$$

$$L_{\gamma} = \frac{10^6}{60 \cdot 70} \cdot \left(\frac{12700}{2668} \right)^3 = 23345 \text{ год}$$

Розрахункова довговічність задовольняє умови служби на весь строк служби машини.

3.7. Висновки по конструкторській частині

Забезпечено високу точність кінематичного налаштування. Розроблена детальна карта вибору передач (табл. 3.1) для висіву основних просапних культур спрощує процес налаштування трансмісії сівалки. Це забезпечує стабільне поштучне дозування насіння та внесення туків у межах жорстких агротехнічних стандартів без ризику перевищення допустимих відхилень.

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

Підтверджено втомну міцність та витривалість вала. Перевірочний розрахунок приводного вала за сумісної дії згинальних та крутних навантажень підтвердив його високу експлуатаційну надійність. Отриманий фактичний запас міцності в найбільш небезпечному перерізі перевищує нормативно допустиме значення, що виключає ризик руйнування деталі при тривалих польових роботах.

Гарантовано надійність шпонкових з'єднань. Розрахунок призматичних шпонок висівного приводу на зріз та змін довів наявність достатнього запасу міцності матеріалу. Робочі напруження у з'єднаннях не досягають критичних меж навіть під впливом короточасних пікових перевантажень у системі.

Досягнуто довговічності підшипникових вузлів ходової частини. Розрахунок динамічної вантажопідйомності герметичних підшипників ходового колеса підтвердив їх працездатність. Запропонований пилозахисний закритий вузол із пластичним мастилом забезпечує довготривалий безремонтний ресурс експлуатації ходової частини протягом кількох посівних сезонів.

Обґрунтовано геометричні параметри маркерної системи. Проведений розрахунок маркерів дозволяє налаштувати оптимальний виліт телескопічних штанг для різних схем водіння. Це гарантує формування стабільних стикових міжрядь у межах встановлених допусків, повністю виключаючи появу огріхів або випадків повторного висіву насіння на стиках проходів агрегату.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

На підставі виконаних теоретичних досліджень, патентно-літературного аналізу та комплексу інженерних розрахунків модернізованої універсальної пневматичної сівалки УПС-12 сформульовано такі загальні висновки:

Підтверджено актуальність модернізації посівної техніки. Встановлено, що підвищення надійності та якості роботи просапних посівних комплексів є критично важливим чинником у сучасних умовах для забезпечення продовольчої безпеки. Впроваджені технічні рішення дозволяють ефективно економити посівні ресурси та дизельне паливо під час роботи агрегату.

Забезпечено стабільність копіювання рельєфу посівною секцією. Перехід на жорстку фіксацію грудковідкидача до повідкової рамки переднього котка повністю ліквідував проблему його самовільного провертання на важких або зволожених ґрунтах. Це забезпечило стабільність глибини ходу наральникового сошника та покращило якість передпосівної підготовки ложа.

Усунено пошкодження та хаотичний відскок насіння у борозні. Нова тангенціальна геометрія прямого каналу всередині корпусу сошника спрямовує насіння безпосередньо у борозну, оминаючи металеву п'ятку. Це підвищило точність та рівномірність розподілу рослин у рядку.

Суттєво підвищено довговічність та надійність ходових опор. Впровадження герметичних кулькових підшипників закритого типу та їх фіксація стопорними кільцями в маточині опорно-приводного колеса забезпечили повну ізоляцію робочих зон від абразивного пилу. Це нормалізувало температурний режим роботи ходових опор та дозволило збільшити їх ресурс для безвідмовної роботи протягом кількох років.

Оптимізовано параметри повітряного потоку пневмосистеми. Розроблений триканальний розподільний розтруб вентилятора із склонаповненого композитного поліаміду суттєво зменшив аеродинамічний опір системи. Використання міцного полімеру дозволило знизити масу колектора, усунути

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

ризик утворення вібраційних тріщин та забезпечити стабільний вакуум на всіх робочих секціях.

Розрахунково підтверджено міцність та витривалість елементів привода. Виконані міцнісні розрахунки приводного вала за сумісної дії кручення та згину підтвердили наявність достатнього запасу міцності. Перевірка шпоночних з'єднань на зріз та згин доручила їх стійкість до тривалих робочих і короточасних пікових навантажень у трансмісії.

Розроблено схему водіння та практичні налаштування агрегату. Сформована кінематична карта дозволяє точно обирати передавальні відношення приводу під висів різних культур. Розраховані параметри вильоту телескопічних маркерів гарантують дотримання агротехнічних норм стикових міжрядь без перекриттів або пропусків.

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

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. 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.
2. Сисолін П. В. Теорія проектування та розрахунку посівних машин. Київ: Вища школа, 1994. 215 с.
3. Комаристов В. Ю., Петренко М. М., Косінов М. М. Сільськогосподарські машини. Київ: Урожай, 1996. 432 с.
4. Сало В. М., Лещенко С. М., Лузан П. Г., Сало Л. В. Машини для сівби, садіння та догляду за посівами: навч. посібник. Кропивницький: ЦНТУ, 2021. 216 с.
5. Сало В. М., Лещенко С. М., Лузан П. Г., Мачок Ю. В., Богатирьов Д. В. Машини для обробітку ґрунту та внесення добрив: навч. посібник. Кропивницький: ЦНТУ, 2016. 234 с.
6. 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.
7. 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.
8. Войтюк Д. Г., Гаврилюк Г. Р. Сільськогосподарські машини: підручник. Київ: Каравела, 2015. 552 с.
9. Бакум М. В. Сільськогосподарські машини: посібник / за ред. М. В. Бакума. Харків: ХНТУСГ, 2008. 284 с.
10. Булгаков В. М. Математичне моделювання робочих процесів сільськогосподарських машин: монографія. Київ: НУБіП України, 2011. 320 с.
11. Офіційний сайт ПАТ «Ельворті». Сівалки пневматичні просапні Vesta 8 Profi: керівництво з експлуатації та каталог деталей. URL: http://www.elvorti.com/catalog/vesta_profi (дата звернення: 12.03.2026).

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

12. Staggenborg, S. A., Taylor, R. K., & Maddux, L. D. (2004). Effect of seed spacing on corn grain yields. *Agronomy Journal*, 96(3), 909–913.
13. Pitt, H. E., & Brown, G. N. (2007). Seed singulation performance of pneumatic metering devices. *Biosystems Engineering*, 97(3), 345–353.
14. Raper, R. L. (2005). Precision planting systems for row crops. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 7, 12–24.
15. Mielke, L. N., & Mielke, D. E. (1982). Effect of seed size and shape on pneumatic seed metering accuracy. *Transactions of the ASAE*, 25(6), 1585–1590.
16. Borgelt, S. C., Randall, G. W., & Koehler, K. J. (1998). Evaluation of pneumatic seeders for precision planting of soybean. *Transactions of the ASAE*, 41(3), 683–690.
17. Mahbub, S., & Witt, C. (2017). Design and testing of a variable rate pneumatic seed metering system. *Biosystems Engineering*, 154, 27–38.
18. Meier, A., & Schulze, H. (2021). Dynamics of coulter groups in precision seeding under high-soil heterogeneity. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 74(2), 112–125.
19. Каталог продукції «Ельворті» 2018. URL: <http://www.elvorti.com/?!=smartelvorti> (дата звернення: 15.03.2026).
20. Karayel, D., & Ozmerzi, A. (2007). Effect of tillage systems on longevity and performance of furrow openers. *Soil and Tillage Research*, 94(2), 299–305.
21. Sahoo, P. K., & Srivastava, A. P. (2002). Development and evaluation of a tractor-mounted row-crop planter for un-tilled soil. *Journal of Agricultural Engineering*, 39(3), 15–24.
22. Yang, L., Zhang, D., & Liu, S. (2013). Development of a pneumatic high-speed precision maize planter. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 29(19), 1–9.
23. Yazgi, A., & Degirmencioglu, A. (2007). Optimization of the vacuum pressure and hole diameter for a pneumatic precision planter. *Biosystems Engineering*, 98(2), 147–156.

24. 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.

					УПА 00.000 ПЗ	Арк
						38
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		

Зміст

стор.

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

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