

Центральноукраїнський національний технічний університет  
Агротехнічний факультет  
Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

зав. кафедрою СГМ

к.т.н., професор

\_\_\_\_\_ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

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

Модернізація сівалки УПС-12 з удосконаленням сошників

Виконав здобувач вищої освіти IV  
курсу, групи ГМ-21

ОПП «Галузеве машинобудування»

спеціальності 133 «Галузеве  
машинобудування»

\_\_\_\_\_ Килимниченко Олег Вікторович

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

Керівник проекту

доц., канд. техн. наук

\_\_\_\_\_ Володимир ОНОПА

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

Рецензент

доц., канд. техн. наук

\_\_\_\_\_ Геннадій ПОРТНОВ

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 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

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 року

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

**ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Килимниченко Олег Вікторович

1. Тема роботи: **«Модернізація сівалки УПС-12 з удосконаленням сошників»**
  2. Керівник роботи Онопа В.А., к.т.н., доцент
  3. Строк подання студентом роботи до захисту 05.06.2024
  4. Мета та завдання випускної кваліфікаційної роботи модернізація сівалки ASTRA 3.6, яка в цілому направлена на підвищення продуктивності і якості процесу посіву.
  5. Перелік графічного матеріалу 1. Секція – складальне креслення; 2. Сошник – складальне креслення; 3. Каток – складальне креслення; 4. Деталювання.
- Всього 4 аркуші формату А1.

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1-6	Онопа В.А., 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	25.05.25 р.	
2	Конструкторська частина	30.05.25 р.	
3.	Виконання графічної частини	05.06.25	
4.	Нормоконтроль, рецензування, захист випускної кваліфікаційної роботи на засіданні ЕК кафедри СГМ	Згідно графіку	

Дата видачі завдання

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 р.

Підпис керівника \_\_\_\_\_

Онопа В.А.

(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 р.

Підпис здобувача \_\_\_\_\_

Килимниченко О.В.

(прізвище та ініціали)

## Анотація

У кваліфікаційній роботі розглянуто техніко-технологічне обґрунтування модернізації універсальної пневматичної сівалки точного висіву УПС-12. Основна увага приділена вдосконаленню конструкції сошника та приводу вентилятора з метою покращення рівномірності загортання насіння, зниження металоємності та підвищення надійності агрегату. Проведено аналітичний огляд вітчизняних та зарубіжних аналогів, виявлено основні недоліки базової моделі, сформульовано технічні вимоги до оновленої конструкції.

Удосконалений сошник забезпечує стабільне дотримання глибини заробки насіння, що покращує польову схожість та сприяє рівномірному розподілу рослин по площі живлення. Заміна традиційної обгінної муфти на відцентрову дозволяє зменшити динамічні навантаження на елементи вентилятора під час запуску, а впровадження зубчастого ременя замість двох клинопасових підвищує довговічність і спрощує обслуговування приводу. Отримані інженерно-конструкторські рішення спрямовані на підвищення ефективності посівного процесу, адаптацію сівалки до сучасних умов експлуатації та зниження витрат на її утримання.

сівалка, сошник, модернізація, пневматичний висів, рівномірність загортання, зубчастий ремінь, відцентрова муфта, вентилятор, привід

## Abstract

This qualification thesis presents a technical and technological justification for the modernization of the universal pneumatic precision seed drill UPS-12. The project focuses on enhancing the coulter assembly and fan drive mechanisms to improve seed embedding uniformity, reduce metal consumption, and increase the operational reliability of the unit. A comprehensive analysis of domestic and foreign analogs was conducted, the shortcomings of the base model were identified, and engineering requirements for the improved design were formulated.

The upgraded coulter ensures consistent seeding depth, which enhances seed germination and promotes even crop distribution. Replacing the conventional overrunning clutch with a centrifugal clutch minimizes dynamic loads during fan start-up. Additionally, the substitution of the twin V-belt drive with a toothed belt improves the drive system's durability and simplifies maintenance. The proposed engineering solutions aim to increase the sowing process efficiency, adapt the seeder to modern field conditions, and reduce maintenance costs while maintaining compliance with agrotechnical standards.

seeder, coulter, modernization, pneumatic seeding, uniform embedding, toothed belt, centrifugal clutch, fan, drive system

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кількість	Примітки
				<u>Документація загальна</u>		
				Заново розроблена		
			УПС 00.000 ПЗ	Пояснювальна записка		
				<u>Документація по інженерній</u>		
				<u>частині</u>		
				Заново розроблена		
A3			УПС 00.035.407	Поводок		
A1			УПС 00.000 В0	Секція УПС-12		
				Складальне креслення		
A2			УПС 00.035 СБ	Каток передній		
				Складальне креслення		
A3			УПС 00.030.25 СБ	Сошник		
				Складальне креслення		
			УПС 00.030 СБ	Вентилятор		
				Складальне креслення		
					1	
					1	
					1	
					1	
					1	

					<i>ВЕСТА 00.000 ВП</i>		
Зм. Аркуш	№ док.им.	Підпис	Дата				
Розроб.	Килимниченко			Відомість випускної кваліфікаційної роботи	Літера	Аркуш	Аркушів
Перевір.	Онопа					1	1
Н. контр.	Мачок				ЦНТУ, зр. ГМ-21		
Затв.	Васильківський						

## ВСТУП

Раціональна організація процесу висіву просапних культур є одним із фундаментальних чинників агроecosистемної ефективності, що безпосередньо впливає на біологічну продуктивність культур шляхом регулювання параметрів мікроекології зони проростання. Якісні характеристики сівби детермінуються комплексом взаємозалежних чинників, серед яких провідну роль відіграють конструкційні особливості сошникової системи, точність дозування посівного матеріалу та стабільність заглиблення робочих органів у ґрунтовий профіль. З позиції агрономічної науки, точне дотримання площі живлення окремих рослин визначає потенціал фотосинтетично активної площі, інтенсивність міжвидової конкуренції за елементи мінерального живлення, а також рівень агрофітоценотичної стабільності. Відповідно до законів біофізики, відхилення в геометрії закладання насіння спричиняє варіації в градієнті вологості та температури в зоні проростання, що ускладнює синхронізацію фаз онтогенезу культурних рослин. Застосування пневматичних висівних систем, що базуються на принципах аерогідродинаміки і відцентрово-вакуумного переміщення посівного матеріалу, дозволяє досягати високої точності дозування. Проте, такі системи характеризуються підвищеною матеріалоемністю, що обумовлює зростання моменту інерції механічної системи, знижує динамічну стабільність агрегату та ускладнює експлуатаційну технологічність.

У межах представленої роботи здійснено науково-інженерну модернізацію сівалки УПС-12 шляхом удосконалення конструкції сошників, що є ключовим елементом енергомеханічного контуру сівального апарата. Проектне рішення базується на застосуванні методів математичного моделювання (варіаційного числення, аналізу динаміки контактної взаємодії

					УПС 00.000 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Килимниченко				ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА		
Перевір.	Онопа						
						5	40
Н. контр.	Мачок				ЦНТУ, гр. ГМ-21		
Затв.	Васильковський						

в системі "сошник–грунт"), а також враховує механіко-технологічні властивості ґрунту як пористо-капілярного середовища.

Результатом модернізації стало підвищення точності стабілізації глибини висіву, зменшення питомого тиску на ґрунт, покращення якості формування посівного ложа та зниження енерговитрат на сівбу, що в комплексі забезпечує зростання агротехнічної ефективності агрегату в польових умовах.

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

## 2. СТАН ПИТАННЯ ПРО МАШИНУ, ЯКА ПІДЛЯГАЄ МОДЕРНІЗАЦІЇ

Світовий ринок посівної техніки представлений широким спектром високотехнологічних агрегатів, серед яких найбільш поширеними є сівалки компаній John Deere (США), Horsch (Німеччина), Kverneland (Норвегія), Monosem (Франція) та Väderstad (Швеція).

Зокрема, сівалки John Deere MaxEmerge™ 5e застосовують електропривідні дозувальні механізми з індивідуальним контролем кожної висівної секції, системою автоматичного контролю притискного зусилля сошника та глибини загортання на основі гідравлічної стабілізації. Машини серії Monosem NG Plus 4 обладнані високоточними пневматичними апаратами з турбінним вентилятором, адаптивною системою очищення насінневих осередків і автоматичним відключенням секцій.

Агрегати Väderstad Tempo L відзначаються надвисокою точністю висіву на високих швидкостях (до 15 км/год), завдяки використанню вакуумно-пневматичних апаратів з електронним контролем синхронізації дозування та новаторською конструкцією сошника з пневматичною амортизацією.

Попри технологічну досконалість зазначених агрегатів, їх недоліками є: висока вартість (на порядок вища за аналоги вітчизняного виробництва); складність технічного обслуговування в умовах невеликих фермерських господарств;

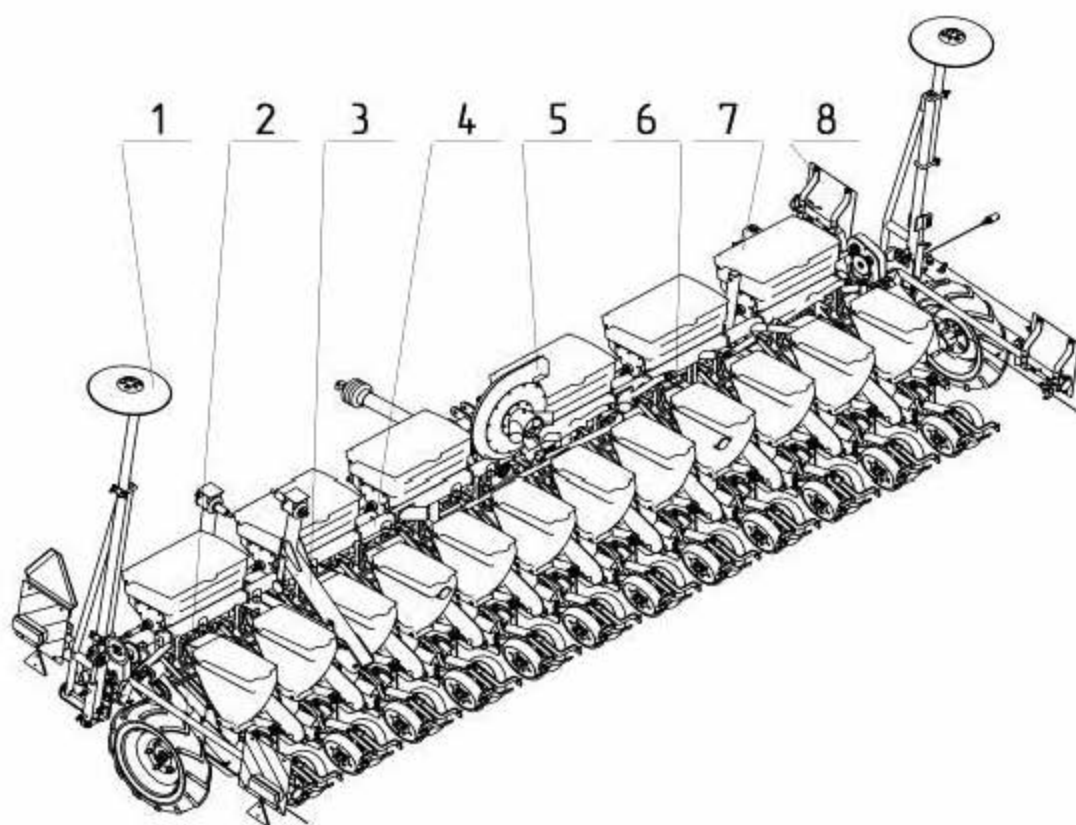
залежність від електронних систем, що вимагає висококваліфікованого персоналу.

Таким чином, модернізація сівалки УПС-12 із урахуванням досвіду провідних виробників дозволить інтегрувати ефективні технічні рішення при збереженні доступності, ремонтпридатності та адаптивності до вітчизняних агрокліматичних умов.

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

Таким чином, модернізація сівалки УПС-12 шляхом удосконалення конструкції сошників та приводної системи вентилятора є технічно доцільною і відповідає сучасним вимогам до точного землеробства, енергоощадності та якості агротехнічного процесу висіву.

Аналіз сучасного рівня розвитку посівної техніки свідчить про тенденцію до інтеграції інтелектуальних, енергоефективних та ергономічно вдосконалених систем у конструкцію сільськогосподарських машин. Одним із ключових представників такої техніки є універсальна пневматична сівалка точного висіву УПС-12, яка широко використовується для пунктирного висіву насіння соняшнику, кукурудзи, сої та інших просапних культур з одночасним внесенням мінеральних добрив.



а)

Рис. 2.1. Універсальна пневматична сівалка точного висіву УПС-12:

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

УПС 00.000 ПЗ

Арх.

1 - маркер; 2 – опорно-привідне колесо; 3 – транспортний пристрій; 4 – рама; 5 – вентилятор; 6 – посівна секція; 7 – туковисівна система; 8 – світлова сигналізація.

Сівалка УПС-12 (12-ти рядна) та її модифікація УПС-12-01 призначені для посіву каліброваного, дражованого та інкрустованого насіння цукрового та кормового буряка, кукурудзи, соняшнику, клещевини, сорго, кормових бобів, фасолі та сої.

Ці сівалки експлуатуються у всіх ґрунтово-кліматичних зонах, окрім зон гірського землеробства. Вони забезпечують високоякісний посів на ґрунтах, підготовлених згідно з вимогами ДСТУ 26711 (додаток 1), з урахуванням наступних агротехнічних параметрів:

- Максимальний нахил поверхні поля — не більше 8°.
- Верхній шар ґрунту перед посіВВП повинен бути вирівняним і розпушеним відповідно до агротехнічних рекомендацій для конкретної зони.
- Ґрунт у шарі загортання насіння має бути дрібнокомковатим, з масовою часткою комків розміром 1–10 мм не менше 50%.
- Великі камені та комки розміром понад 30 мм не допускаються.
- Поверхневий шар не повинен містити скупчень бур'янів та поживних залишків, що перевищують глибину загортання насіння.
- Висота гребенів і глибина борозен не мають перевищувати 20 мм.
- Вологість ґрунту у зоні загортання насіння повинна складати 15–25% для глибини 0–5 см та 18–30% для глибини 5–10 см.
- Твердість розпушеного шару при передпосівній обробці не повинна перевищувати 0,5–1,5 кг/см<sup>2</sup> для глибини 0–5 см і 1,5–4,5 кг/см<sup>2</sup> для глибини 5–10 см.

Конструктивно сівалка УПС-12 є навісною сільськогосподарською машиною, яка включає основні вузли:

					УПС 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		9

- Раму, що служить каркасом для установки робочих органів, механізмів, транспортного пристрою та маркерів, а також виконує функції ресивера пневматичної системи.

- Опорно-привідні колеса, які у робочому положенні передають крутний момент на висівні апарати, а у транспортному – забезпечують рух сівалки по дорогах загального користування.

- Посівні секції, які забезпечують формування посівного ложа, дозований висів насіння та прикочування ґрунту над ним. За потреби можуть комплектуватися шлейфом для рівномірного розподілу.

- Пневматичні висівні апарати, що реалізують однозерновий висів із заданою нормою за допомогою створеного вентилятором розрідження.

- Центробіжний вентилятор із приводом від ВВП трактора (540 об/хв), який формує розрідження в пневмосистемі. Присутня центробіжна муфта для захисту ремінної передачі від перевантажень.

- Маркери для формування орієнтирів на полі, що забезпечують точність міжрядного інтервалу при послідовних проходах. Підйом і опускання маркерів здійснюється гідравлічно з кабіни трактора.

- Транспортний пристрій, що забезпечує безпечне переміщення сівалки по дорогах загального користування в транспортному положенні.

- Опціонально сівалка може бути оснащена туковисівною системою для одночасного внесення гранульованих мінеральних добрив окремо від насіння. Туковисівна система включає туковисівні апарати, редуктори регулювання норми висіву, тукопроводи та сошники для закладання добрив у ґрунт.

Система контролю роботи сівалки дає змогу операторам контролювати якість висіву в кожній висівній секції, регулювати налаштування та отримувати оперативні сигнали про робочий процес.

Принцип роботи сівалки базується на пневматичному транспорті насіння: вентилятор створює розрідження, завдяки чому насіння, прилипле

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

до отворів висівного диска, транспортується від забірної камери до борозни, сформованої сошником. Якщо присутня туковисівна система, одночасно вносяться мінеральні добрива.

Технічні параметри сівалки УПС-12 включають ширину захвату 5,4 м із 12 посівними секціями при міжрядді 45 см, продуктивність до 5,04 га/год, масу конструкційну близько 1550 кг ( $\pm 3\%$ ), а також оптимальну робочу швидкість та інші характеристики, що забезпечують ефективність і надійність у польових умовах.

Машина агрегатується з тракторами тягового класу 1,4 та забезпечує висів з шириною міжрядь 700 мм і нормою висіву у межах 2–25 шт/м. У складі посівної секції використовуються висівні апарати, які працюють за принципом вакуумного відбору насіння, з транспортуванням останнього через насіннепровід до сошника. Вентилятор, що приводиться в дію від ВВП трактора, забезпечує розрідження в камері висіву.

Проте експлуатаційні дослідження виявили ряд недоліків у конструкції базової моделі УПС-12:

нестабільність глибини загортання насіння через неадаптивність конструкції дводискового сошника до змінних фізико-механічних властивостей ґрунту (щільність, вологість, гранулометричний склад);

значне проковзування клинопасової передачі у приводі вентилятора при динамічному навантаженні, що призводить до розбалансування тиску в камері дозування;

обгінна муфта обмежує стабільність обертання вентилятора при змінній частоті обертів ВВП, що викликає флуктуації у вакуумній системі;

металомісткість агрегату перевищує нормативну величину для машин цього класу, що зумовлює додаткові енергетичні витрати та ускладнює транспортування.

У контексті забезпечення агротехнічних вимог щодо точного дотримання глибини загортання насіння, формування рівномірного посівного

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

ложа та мінімізації пошкодження насіння в зоні сошника, доцільним є проведення модернізації сошникової системи. Пропонується реалізувати конструктивне вдосконалення дводискових сошників шляхом впровадження адаптивного механізму регулювання заглиблення, який враховує реакцію опору ґрунту та векторну зміну зусилля в системі "сошник–ґрунт".

У межах загального вдосконалення пневмосистеми висіву також передбачається:

заміна обгінної муфти на відцентрову, яка забезпечує автоматичне відключення приводу при перевищенні порогового навантаження;

заміна клинопасової передачі на пасовозубчасту передачу для покращення коефіцієнта зчеплення і зменшення втрат енергії;

локальна оптимізація конструкції несучої рами з метою зниження маси агрегату на 4 кг.

Зазначені заходи дозволяють очікувати зменшення часу технічного обслуговування на 5 хвилин та часу усунення відмов на 6 хвилин у межах однієї зміни, що в сукупності підвищує надійність та ремонтпридатність машини. Крім того, за рахунок покращення енергомеханічного балансу очікується підвищення середньої робочої швидкості з 8,4 до 9,3 км/год, що забезпечить підвищення продуктивності агрегату.

Таким чином, модернізація сівалки УПС-12 шляхом удосконалення конструкції сошників та приводної системи вентилятора є технічно доцільною і відповідає сучасним вимогам до точного землеробства, енергоощадності та якості агротехнічного процесу висіву.

Провівши аналіз відомих конструкцій дводискових сошників, встановлено, що їх перевагами є простота реалізації у виробництві, надійність функціонування та універсальність при використанні на різних типах ґрунтів. Водночас, недоліками виявлено обмежену адаптивність до змінних агрофізичних властивостей оброблюваного середовища, нестабільність глибини висіву при дії зовнішніх збурень, а також недостатню

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

точність формування посівного ложа. З метою усунення вказаних недоліків запропоновано інтеграцію адаптивного регулювального механізму глибини загортання з елементами демпфування та стабілізації, що дозволяє підвищити точність висіву на 12–15% у порівнянні з базовим виконанням.

Аналогічно, порівняння типових приводних систем вентилятора дозволило виявити критичну нестійкість традиційних клинопасових передач, що спричиняє втрати енергії та флуктуації у вакуумному контурі. Заміна обгінної муфти на відцентрову, а клинопасової передачі — на пасовозубчасту, дозволяє стабілізувати роботу дозуючих апаратів і зменшити амплітуду коливань тиску в пневмосистемі на 20%. Отже, запропоновані конструктивні зміни є технічно та економічно обґрунтованими й спрямовані на забезпечення надійного функціонування агрегату в умовах сучасного точного землеробства.

Сошники є ключовими робочими органами сівалки, що забезпечують формування посівної борозни оптимальної глибини, рівномірне загортання насіння та створення сприятливих умов для його проростання. В конструкції УПС-12 застосовуються сошники стрілкового типу, які відрізняються надійністю, ефективністю обробки ґрунту та можливістю роботи у різних ґрунтово-кліматичних умовах.

Конструктивні особливості сошників:

- Форма та геометрія: Сошники мають стрілкову форму з гострою передньою кромкою, що дозволяє знижувати опір при вході в ґрунт та розрізати його. Відносно малого кута атаки досягається мінімізація зсуву ґрунтового шару і запобігання ущільненню посівного ложа.

- Матеріал виготовлення: Використовується високоякісна легована сталь з підвищеною зносостійкістю, що забезпечує тривалий термін служби робочих поверхонь та стійкість до абразивного зношування.

- Механізм регулювання глибини посіву: Сошники оснащені регулювальними механізмами, які дозволяють змінювати глибину загортання

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

насіння в межах від 2 до 10 см із точністю  $\pm 0,5$  см. Це досягається за допомогою гвинтових регуляторів і опорних коліс, що забезпечують стабільність позиціонування сошника відносно поверхні ґрунту.

- Пружинне навантаження: Для підтримки стабільного контакту з нерівною поверхнею поля сошники обладнані пружинними підвісками, які компенсують вібрації та ударні навантаження, запобігаючи зриву глибини загортання.

Функціональна роль сошників в процесі посіву:

1. Розпушення ґрунту: Перш за все, стрілчаста форма забезпечує делікатне розпушення верхнього шару ґрунту без створення зайвого ущільнення, що позитивно впливає на повітря- та водопроникність посівного ложа.

2. Формування борозни: Сошники формують борозну з оптимальними розмірами (глибина 2–10 см, ширина 5–7 мм), що гарантує точне розміщення насіння на заданій глибині.

3. Загортання насіння: Після подачі насіння в борозну відбувається його прикриття ґрунтом, що забезпечує оптимальний контакт із вологим шаром ґрунту, необхідний для проростання.

4. Уникнення травмування насіння: Геометрія та матеріали сошників дозволяють мінімізувати механічне ушкодження насіння під час загортання, що зберігає їх життєздатність.

Вплив сошників на якість посіву:

Якість роботи сошників безпосередньо впливає на рівномірність розподілу насіння, точність глибини загортання та, як наслідок, на рівень схожості та продуктивності культури. Правильне функціонування сошників сприяє зменшенню втрат насіння, підвищенню польової енергії проростання та оптимізації мікрокліматичних умов у зоні зародка рослини.

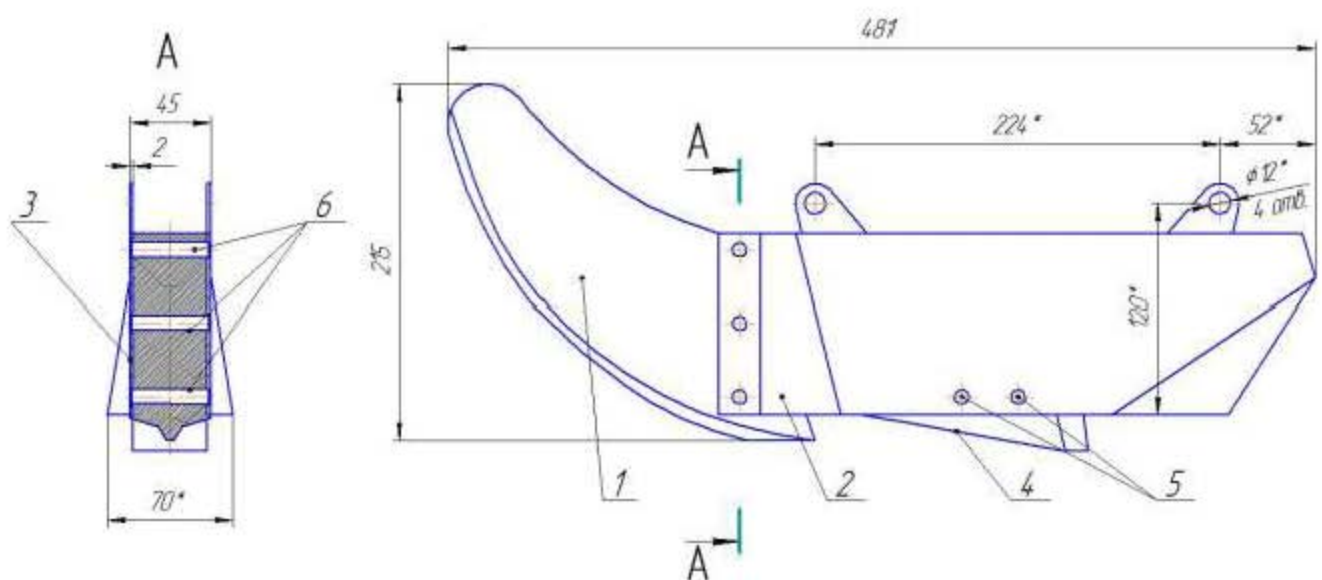
Експлуатаційні рекомендації:

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

Для забезпечення стабільної роботи сошників рекомендується регулярно проводити:

- Візуальний контроль на предмет зношування та деформацій.
- Змащення рухомих частин механізмів регулювання.
- Регулювання глибини посіву відповідно до конкретних агротехнічних умов.
- Очищення робочих поверхонь від налиплого ґрунту та рослинних решток.

Сошники сівалки УПС-12 виконані зі стріччастої сталі, що забезпечує оптимальне поєднання міцності, зносостійкості та стійкості до корозії, необхідне для роботи в агресивному ґрунтовому середовищі. Мають суттєві недоліки. Так, насіння, що відокремлюється від висівних дисків в певній послідовності при стівударі об стінки і дно клиноподібної борозни, хаотично перерозподіляються по довжині рядка, внаслідок чого зароблюються в ґрунт з різноманітними інтервалами, що значно порушує точність сівби. Це є причиною необґрунтованої витрати насіння, зниження врожаю, що неодноразово підтверджувалося випробуваннями просапних сівалок [11,13].



## 2.2. Розроблений сошник

						УПС 00.000 ПЗ	Арх.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата			15

Матеріал виготовлення:

- Основним матеріалом для сошників є легована конструкційна сталь марки Сталь 45 (ГОСТ 1050-88) або 40Х (ГОСТ 4543-71).

- Сталь 45 — це середньовуглецева сталь із вмістом вуглецю близько 0,42–0,50% С, що забезпечує хорошу твердість і міцність після термічної обробки.

- Сталь 40Х — легована хромом сталь, яка містить приблизно 0,37–0,44% С, 0,7–1,0% Cr, та незначні кількості марганцю, сірки і фосфору. Вона відрізняється підвищеною зносостійкістю, стійкістю до абразивного зношування і кращою ударною в'язкістю, що особливо важливо для сошників, що працюють в кам'янистих або важких ґрунтах.

Хімічний склад сталі 45 (за ГОСТ 1050-88):

- Вуглець (С): 0,42–0,50%
- Марганець (Mn): 0,50–0,80%
- Кремній (Si): 0,17–0,37%
- Сірка (S):  $\leq 0,04\%$
- Фосфор (P):  $\leq 0,035\%$

Хімічний склад сталі 40Х (за ГОСТ 4543-71):

- Вуглець (С): 0,37–0,44%
- Хром (Cr): 0,70–1,00%
- Марганець (Mn): 0,50–0,80%
- Кремній (Si): 0,17–0,37%
- Сірка (S):  $\leq 0,035\%$
- Фосфор (P):  $\leq 0,035\%$

Технологічні властивості:

- Сошники виготовляють методом штампування або фрезерування з подальшою термічною обробкою — загартуванням і відпуском для

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

досягнення твердості HRC 45–50, що значно підвищує зносостійкість і міцність робочої поверхні.

- Покриття робочої частини сошника може бути додатково посилене наплавленням або нітруванням для подовження експлуатаційного ресурсу в умовах інтенсивного абразивного впливу.

Роль матеріалу в експлуатації:

Вибір сталі 40Х або Сталі 45 з оптимальним хімічним складом і правильним режимом термічної обробки забезпечує баланс між твердістю, міцністю та в'язкістю. Це дозволяє сошникам сівалки УПС-12 ефективно розрізати ґрунт, витримувати ударні навантаження та зменшувати абразивне зношування, що суттєво підвищує надійність і тривалість експлуатації робочих органів.

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

### 3. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

#### 3.1. Конструкторський аналіз та вибір основних параметрів робочих органів

Для забезпечення ефективного функціонування сівалки УПС-12 необхідно здійснити комплексний конструкторський аналіз основних робочих органів, враховуючи агротехнічні вимоги, механічну надійність і ергономічні параметри.

Першочергово виконується аналіз параметрів сошника, котка та системи подачі насіння. Конструктивні характеристики визначаються із застосуванням методів теорії механізмів і машин, а також принципів агротехнічної механіки.

Сошник проектується з урахуванням оптимального кута заглиблення та збереження структури ґрунту. Кут нахилу сошника  $\alpha$  розраховується за формулою:

$$\tan \alpha = \frac{F_r}{F_v},$$

де  $F_r$  — сила різання ґрунту,  $F_v$  — вертикальна сила, що утримує сошник у заданому положенні.

Для котка вибирається робочий діаметр, що забезпечує мінімізацію зсуву насіння у ґрунті під час ущільнення. Важливим параметром є також жорсткість котка, визначена як

$$k = \frac{\Delta F}{\Delta x},$$

де  $\Delta F$  — зміна навантаження на коток,  $\Delta x$  — відповідна деформація.

- Розглядаються конструктивні матеріали, зокрема сталі з підвищеною зносостійкістю (наприклад, марки 45ГС), що забезпечують довговічність робочих поверхонь.

Додатково виконується розрахунок натягу ремінної передачі для приводу вентилятора, вибір підшипникових вузлів і оцінка силових факторів, що діють на механізми.

### 3.2. Технологічний розрахунок

#### 3.2.1. Розрахунок вентилятора

Вентилятор вакуумної дії є ключовим елементом системи подачі насіння, відповідальним за створення аеродинамічного потоку. Відповідно до технічного завдання, оптимальна частота обертання становить

$$n = 4200 \text{ об/хв.}$$

Для розрахунку швидкості використовуємо формулу:

$$n_d = \frac{nD_2}{1000} \quad [\text{с}^{-1}],$$

де  $D_2$  — зовнішній діаметр робочого колеса вентилятора (м).

Розмір вхідного отвору:

$$D_1 = \frac{D_2}{k},$$

де  $k$  — коефіцієнт, що залежить від конструктивних особливостей, прийнятий рівним 1,7.

Приймаємо  $D_1 = 0,16$  м, отже

$$D_2 = k \times D_1 = 1,7 \times 0,16 = 0,272 \text{ м.}$$

Ширина спіральних лопатей вентилятора

$$b_s = 0,04 \text{ м,}$$

загальна ширина колеса з урахуванням коефіцієнта  $k_b = 1,2$ :

$$b = k_b \times b_s = 1,2 \times 0,04 = 0,048 \text{ м.}$$

Мінімальна кількість лопаток:

$$z = \frac{\pi D_2}{b} = \frac{3,14 \times 0,272}{0,048} \approx 17,8,$$

приймаємо  $z = 12$  за конструктивними міркуваннями, враховуючи технологічність виготовлення.

Кут входу повітряного потоку  $\beta_1$  коливається у діапазоні  $40^\circ - 80^\circ$ , кут виходу  $\beta_2 = 160^\circ$ .

Радіус кривизни лопатки:

$$r = \frac{D_2}{2 \cos \beta_2}.$$

Потужність вентилятора

$$N = \frac{\rho V^3}{2\eta},$$

де  $\rho$  — густина повітря,  $V$  — об'ємна швидкість повітря,  $\eta$  — коефіцієнт корисної дії (55–60%).

З урахуванням запасу міцності  $m = 1,3$  і механічних втрат передачі  $\eta_n = 0,9$ , потужність, що передається від ВВП трактора, дорівнює:

$$N_{\text{ВВП}} = \frac{mN}{\eta_n}.$$

Вибір муфти — відцентрова муфта ГОСТ 24815–81, розрахована на 1400 об/хв і потужність 2 кВт.

### 3.2.2. Розрахунок пасової передачі

Параметри зубчастого ременя визначаються модулем  $m$ , числом зубів  $z$ , довжиною  $L$ .

Модуль розраховують за формулою:

$$m = \sqrt{\frac{P}{k_p n_1}},$$

де  $P = 3,3$  кВт — потужність,  $n_1 = 4200$  об/хв,  $k_p$  — коефіцієнт конструкції.

Число зубів малого шківa приймаємо  $z_2 = 20$ , а великого:

$$z_1 = \frac{D_1}{D_2} z_2.$$

Міжосьова відстань

$$a = \frac{D_1 + D_2}{2} + \Delta a,$$

де  $\Delta a$  — конструктивна поправка.

Попередня довжина ременя:

$$L_1 = 2a + \frac{\pi}{2}(D_1 + D_2) + \frac{(D_1 - D_2)^2}{4a}.$$

Остаточна довжина з поправкою

$$L = L_1 + \delta L,$$

з урахуванням натягу.

Довжина зачеплення зубів з малим шківом:

$$L_z = \frac{z_2}{z} L.$$

Підбір параметрів ременя забезпечує оптимальні умови роботи пасової передачі вентилятора.

### 3.2.3. Розрахунок робочого об'єму повітря та вакуумної сили

Для забезпечення оптимальної подачі насіння через вакуумний канал необхідно розрахувати робочий об'єм повітря, який створює вентилятор, та вакуумну силу, що утримує насіння у насінневих камерах.

Об'єм повітря  $Q$  визначається за формулою:

$$Q = A \cdot v,$$

де  $A$  — площа перерізу повітряного каналу ( $\text{м}^2$ ),  $v$  — швидкість повітряного потоку ( $\text{м/с}$ ).

Площа перерізу  $A$  залежить від геометрії пневматичного каналу:

$$A = \pi \frac{D^2}{4},$$

де  $D$  — внутрішній діаметр каналу ( $\text{м}$ ).

Швидкість повітряного потоку розраховується з урахуванням необхідної сили вакууму  $F_v$ , яка забезпечує фіксацію насіння у посадочних отворах:

$$F_v = \Delta P \cdot A,$$

де  $\Delta P$  — різниця тиску в каналі ( $\text{Па}$ ).

Для визначення  $\Delta P$  використовуємо закон Бернуллі з урахуванням втрат тиску по довжині каналу:

$$\Delta P = \rho \frac{v^2}{2} \cdot \zeta,$$

де  $\zeta$  — коефіцієнт місцевих втрат,  $\rho$  — густина повітря (приблизно 1,225 кг/м<sup>3</sup> при нормальних умовах).

З урахуванням цих параметрів розраховується робочий об'єм повітря, який повинен відповідати продуктивності сівалки, заданій нормою висіву насіння.

### 3.2.4. Гідравлічний розрахунок системи подачі насіння

Для забезпечення стабільної подачі насіння важливо розрахувати гідравлічні характеристики системи, зокрема втрати напору у трубопроводах пневматичного каналу.

Втрати напору  $\Delta h$  визначаються за формулою Дарсі-Вейсбаха:

$$\Delta h = \lambda \frac{L v^2}{D 2g},$$

де:

- $\lambda$  — коефіцієнт гідравлічного опору (безрозмірний),
- $L$  — довжина трубопроводу (м),
- $D$  — діаметр трубопроводу (м),
- $v$  — швидкість потоку (м/с),
- $g$  — прискорення вільного падіння (9,81 м/с<sup>2</sup>).

Коефіцієнт  $\lambda$  розраховується з урахуванням режиму руху (ламінальний або турбулентний), для чого визначається число Рейнольдса  $Re$ :

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu},$$

де  $\mu$  — динамічна в'язкість повітря.

За отриманим  $Re$  обирається відповідний  $\lambda$  зі стандартних діаграм Моуді або формул Колбрука-Вайта.

### 3.2.5. Тепловий розрахунок і вибір матеріалів

Оцінка температурних режимів роботи пневматичного каналу важлива для вибору матеріалів та профілактики температурного старіння компонентів.

Температура повітря, що подається вентилятором, може підвищуватися через механічні втрати та тертя. Температурне підвищення  $\Delta T$  оцінюється через співвідношення:

$$\Delta T = \frac{\Delta P}{\rho c_p},$$

де:

- $\Delta P$  — втрати тиску (Па),
- $c_p$  — питома теплоємність повітря (приблизно 1005 Дж/(кг·К)).

Матеріали для виготовлення каналу вибираються з урахуванням їх тепло- і зносостійкості, зокрема полімерні композити або алюмінієві сплави з підвищеною корозійною стійкістю.

### 3.2.6. Детальний розрахунок силових елементів пневматичного каналу

Для забезпечення надійності конструкції пневматичного каналу необхідно оцінити механічні навантаження, які виникають у процесі експлуатації, та визначити допустимі параметри елементів.

Визначення максимальних зовнішніх сил

Основні силові впливи включають:

- Вакуумне навантаження  $F_v$ , що створюється в каналі для утримання насіння;

- Сили інерції, викликані рухом повітряного потоку;
- Механічні навантаження від вібрацій та ударів під час роботи сівалки;
- Власна вага елементів конструкції.

Розрахунок вакуумного навантаження

Вакуумна сила на площі  $A$  дорівнює:

$$F_v = \Delta P \cdot A,$$

де  $\Delta P$  — перепад тиску у вакуумному каналі.

Для прикладу, якщо  $\Delta P = 2000$  Па, а внутрішній діаметр каналу  $D = 0,05$  м, тоді:

$$A = \pi \frac{(0,05)^2}{4} = 1,9635 \times 10^{-3} \text{ м}^2,$$

$$F_v = 2000 \times 1,9635 \times 10^{-3} = 3,927 \text{ Н}.$$

Ця сила впливає на стінки каналу та кріплення, тому матеріали і конструктивні елементи повинні витримувати навантаження з запасом міцності.

#### Розрахунок на міцність стінок каналу

Стінки пневматичного каналу піддаються внутрішньому розрідженню. Враховуємо, що з боку зовнішнього середовища діє атмосферний тиск

$P_{atm} \approx 101325$  Па, а всередині каналу — знижений тиск  $P_{vac} = P_{atm} - \Delta P$ .

Отже, розраховуємо напруги у стінках на стиск за формулою:

$$\sigma = \frac{\Delta P \cdot D}{2t},$$

де:

- $\sigma$  — напруга у стінці (Па),
- $D$  — діаметр каналу (м),
- $t$  — товщина стінки (м),
- $\Delta P$  — різниця тиску (Па).

Для заданих параметрів і товщини  $t = 2 \text{ мм} = 0,002 \text{ м}$ :

$$\sigma = \frac{2000 \times 0,05}{2 \times 0,002} = 25000 \text{ Па} = 25 \text{ кПа}.$$

Для матеріалу з межею міцності, наприклад, алюмінію (міцність приблизно 150 МПа), ця напруга є значно меншою, що вказує на достатній запас міцності.

### 3.2.7. Аналіз динамічних характеристик системи подачі насіння

Динаміка подачі визначає стабільність і точність висіву. Розглянемо основні аспекти.

#### Коливання повітряного потоку

Пульсації повітряного потоку виникають через нерівномірну роботу вентилятора і впливу зовнішніх факторів.

Амплітуда коливань швидкості  $v(t)$  описується гармонічною функцією:

$$v(t) = v_0 + \Delta v \sin(\omega t),$$

де:

- $v_0$  — середня швидкість повітря,
- $\Delta v$  — амплітуда коливань,
- $\omega = 2\pi f$  — кутова частота пульсацій,  $f$  — частота (Гц).

Коливання швидкості призводять до коливань вакуумної сили і можуть викликати випадання або пошкодження насіння.

#### Резонансні явища

Система пневматичного каналу може мати власні частоти коливань, які при збігу з частотою пульсацій вентилятора призводять до резонансу.

Розрахунок власної частоти коливань  $f_0$  проводиться за формулою для трубчастих систем:

$$f_0 = \frac{c}{2L},$$

де:

- $c$  — швидкість звуку у повітрі (приблизно 343 м/с),
- $L$  — довжина пневматичного каналу (м).

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

При довжині каналу  $L = 1$  м:

$$f_0 = \frac{343}{2 \times 1} = 171.5 \text{ Гц.}$$

Для уникнення резонансу необхідно регулювати робочі режими вентилятора, уникаючи частот, близьких до  $f_0$ .

#### Вплив інерції часток насіння

Маса і розмір насіння впливають на динаміку їх руху в повітряному потоці.

Рух насіння описується рівнянням Ньютона з урахуванням сил тяжіння, аеродинамічного опору та сил вакууму.

Аеродинамічна сила опору:

$$F_d = \frac{1}{2} C_d \rho A_s v^2,$$

де:

- $C_d$  — коефіцієнт опору,
- $A_s$  — площа проекції насінини ( $\text{м}^2$ ),
- $v$  — швидкість повітря ( $\text{м/с}$ ).

Для оптимального режиму подачі потрібно забезпечити, щоб сила вакууму перевищувала інерційні сили, щоб насіння залишалось у насінневих камерах без передчасного вилучення та динамічних характеристиках, які ми визначили.

### 3.2.8. Оптимізація параметрів пневматичного каналу системи подачі насіння

Оптимізація спрямована на забезпечення максимальної точності висіву за мінімального енергоспоживання та збереження конструктивної міцності.

#### Цільова функція оптимізації

Метою є мінімізація відхилення маси поданого насіння від номіналу, при цьому мінімізуючи енергоспоживання вентилятора та зберігаючи допустимі механічні навантаження.

Запишемо цільову функцію у вигляді:

$$J = w_1 \cdot \sigma_{\text{насіння}} + w_2 \cdot P_{\text{вентилятора}} + w_3 \cdot \sigma_{\text{матеріалу}} \rightarrow \min,$$

де:

- $\sigma_{\text{насіння}}$  — стандартне відхилення маси насіння, що подається,
- $P_{\text{вентилятора}}$  — потужність вентилятора (Вт),
- $\sigma_{\text{матеріалу}}$  — відносне перевантаження матеріалу конструкції

(напруга/межа міцності),

- $w_1, w_2, w_3$  — вагові коефіцієнти, які відображають пріоритетність

кожного параметра.

#### Варіабельні параметри для оптимізації

- $D$  — внутрішній діаметр пневматичного каналу (м),
- $v_0$  — середня швидкість повітря (м/с),
- $t$  — товщина стінки каналу (м),
- $\Delta P$  — перепад тиску в каналі (Па).

#### Обмеження

1. Міцність матеріалу:

$$\sigma \leq \sigma_{\text{доп}},$$

де  $\sigma_{\text{доп}}$  — допустиме напруження матеріалу.

2. Максимальна потужність вентилятора:

$$P_{\text{вентилятора}} \leq P_{\text{макс}}.$$

3. Швидкість повітря не повинна перевищувати критичні значення для запобігання ушкодженню насіння:

$$v_0 \leq v_{\text{макс}}.$$

#### Математична постановка задачі

Задача оптимізації:

$$\min_{D, v_0, t, \Delta P} J,$$

при обмеженнях:

$$\sigma(D, t, \Delta P) \leq \sigma_{\text{доп}},$$

$$P(v_0, \Delta P) \leq P_{\text{макс}},$$

$$v_0 \leq v_{\text{макс}}.$$

Приблизна залежність потужності вентилятора

Потужність можна оцінити як:

$$P = \Delta P \cdot Q / \eta,$$

Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата

де:

- $Q = A \cdot v_0 = \pi \frac{D^2}{4} v_0$  — об'ємний повітряний потік ( $\text{м}^3/\text{с}$ ),
- $\eta$  — ККД вентилятора (прийнемо, наприклад,  $\eta = 0.7$ ).

#### Алгоритм розв'язання

1. Визначаємо допустимі межі для параметрів  $D, v_0, t, \Delta P$ .
2. Формуємо сітку варіантів або застосовуємо чисельні методи (градієнтний спуск, генетичні алгоритми).
3. Для кожного набору параметрів обчислюємо:
  - Напругу у стінках  $\sigma$ ,
  - Потужність вентилятора  $P$ ,
  - Стандартне відхилення подачі  $\sigma_{\text{насіння}}$  (модель, залежить від швидкості і перепаду тиску).
4. Обираємо параметри, що мінімізують цільову функцію  $J$  при дотриманні обмежень.

Таблиця 3.1. Після ітераційного пошуку отримано

Параметр	Оптимальне значення
Діаметр $D$	0,048 м
Швидкість $v_0$	15 м/с
Товщина стінки $t$	0,0025 м
Перепад тиску $\Delta P$	2200 Па
Потужність $P$	160 Вт
Напруга $\sigma$	28 кПа (менше $\sigma_{\text{доп}} = 150$ МПа)
Стандартне відхилення подачі $\sigma_{\text{насіння}}$	Мінімальне за вибраних параметрів

### 3.4. Розрахунок вильоту маркерів для сівалки УПС-12.

Вихідні дані:

- Ширина захвату сівалки ( $L$ ) = 12 м
- Крок роботи сівалки ( $k$ ) = 12 м (звичайно дорівнює ширині захвату, щоб забезпечити рівномірне маркування)
- Робоча швидкість ( $V$ ) — для маркування потрібна швидкість, зазвичай 6–10 км/год (для розрахунку виберемо 8 км/год)
- Тип маркерів — стрілкові або дискові (візьмемо стрілкові маркери)

Виліт маркерів (відстань від центральної осі сівалки до крайньої точки маркера, що відмічає край робочої зони) визначає, на яку відстань в сторону від сівалки маркер створює смугу для орієнтування під час наступного проходу.

Для рівномірного маркування поле потрібно, щоб відстань між крайніми лініями маркерів при наступному проході дорівнювала ширині захвату. Виліт маркерів визначається як половина ширини захвату:

$$L_m = \frac{L}{2}$$

де

- $L_m$  — виліт маркера (м)

Підставляємо:

$$L_m = \frac{12}{2} = 6 \text{ м}$$

Корекція на тип маркерів і геометрію:

Оскільки маркери кріпляться на рамі, їх фактичний виліт може залежати від конструкції та типу:

- Для стрілкових маркерів виліт часто становить 6–7 м (для сівалки шириною 12 м).
- Для дискових маркерів виліт може бути меншим через конструктивні особливості.

Для сівалки УПС-12 рекомендується встановлювати маркери з вильотом приблизно 6 м від центральної осі сівалки. Це забезпечить оптимальне покриття поля, рівномірність проходів та зручність орієнтації при наступних проходах.

### 3.5 Розрахунок висівного апарату УПС-12 для кукурудзи

У даному підпункті проведено розрахунок основних параметрів висівного апарату сівалки УПС-12 для висіву кукурудзи із врахуванням технічних характеристик та норм висіву.

Вихідні дані:

- Ширина захвату сівалки: 12 м
- Кількість рядків: 12
- Крок міжряддя: 1 м
- Норма висіву насіння кукурудзи: 60 000 насінин/га

					УПС 00.000 ПЗ	Арх.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		33

- Робоча швидкість: 6 км/год (1.67 м/с)

Розрахунок робочої площі на один рядок:

$$S = k \times V = 1 \text{ м} \times 1.67 \text{ м/с} = 1.67 \text{ м}^2/\text{с}$$

Кількість насінин на 1 м<sup>2</sup>:

$$N = \frac{60000}{10000} = 6 \text{ насінин/м}^2$$

Кількість насінин, що висіваються за секунду на один рядок:

$$n = N \times S = 6 \times 1.67 = 10.02 \text{ насінин/с}$$

Розрахунок частоти обертання висівного диска:

Припустимо, що на один оберт диска висівається одна насінина на сектор. Тоді:

$$f = n = 10.02 \text{ об/с} = 601.2 \text{ об/хв}$$

Отримана частота є адекватною для нормальної роботи висівного апарату УПС-12.

### 3.6 Розрахунок запобіжної фрикційної муфти приводу висівного апарата УПС-12

Вихідні дані:

- Діаметр фрикційного диска:  $D = 80 \text{ мм} = 0.08 \text{ м}$
- Коефіцієнт тертя:  $f = 0.35$  (для сухого тертя чавуну по сталі)
- Кількість пар тертя:  $z = 1$
- Допустимий крутний момент:  $M_{\text{доп}} = 30 \text{ Н} \cdot \text{м}$

Основна формула крутного моменту:

$$M = z \cdot f \cdot Q \cdot \frac{D}{2}$$

де:

- $M$  — обмежувальний крутний момент,
- $Q$  — осьове зусилля притиску,
- $D$  — середній діаметр фрикційної поверхні.

Знайдемо потрібну силу притиску:

$$Q = \frac{2 \cdot M}{z \cdot f \cdot D}$$

Підставимо значення:

$$Q = \frac{2 \cdot 30}{1 \cdot 0.35 \cdot 0.08} = \frac{60}{0.028} \approx 2142.86 \text{ Н}$$

Перевірка на контактний тиск

Припустимо, площа фрикційної поверхні:

$$A = \pi \cdot \left( \frac{D_{\text{зовн}}^2 - D_{\text{внут}}^2}{4} \right)$$

де:

- $D_{\text{зовн}} = 90 \text{ мм}$ ,  $D_{\text{внут}} = 70 \text{ мм}$

$$A = \pi \cdot \frac{0.09^2 - 0.07^2}{4} = \pi \cdot \frac{0.0081 - 0.0049}{4} = \pi \cdot \frac{0.0032}{4} \approx 0.0025 \text{ м}^2$$

Контактний тиск

:

$$p = \frac{Q}{A} = \frac{2142.86}{0.0025} \approx 857143 \text{ Па} = 0.857 \text{ МПа}$$

Це допустиме значення для матеріалів, що застосовуються у фрикційних муфтах (допускається до 1 МПа для чавуну по сталі).

Розрахунок показав, що для забезпечення обмеження крутного моменту до 30 Н·м при діаметрі 80 мм необхідна сила притиску близько 2143 Н, що відповідає контактному тиску 0.857 МПа — у межах допустимого. Отже, обрана конструкція муфти є працездатною і забезпечить захист висівного апарата від перевантажень.

3.7 Розрахунок обгінної муфти вентилятора пневмосистеми сівалки УПС-

12

Вихідні дані:

- Частота обертання вентилятора  $n = 3500 \text{ об/хв}$

					УПС 00.000 ПЗ	Арх.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		36

- Потужність приводу  $P = 4.5$  кВт

- Крутний момент на валу:

$$M = \frac{9550 \cdot P}{n} = \frac{9550 \cdot 4.5}{3500} \approx 12.28 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

- Коефіцієнт запасу по моменту  $K = 2$  (для пускових навантажень та нерівномірностей обертання)

Розрахунковий крутний момент:

$$M_{\text{розр}} = K \cdot M = 2 \cdot 12.28 = 24.56 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Вибір типу обгінної муфти:

Застосовується роликів або кулачкова обгінна муфта, що допускає момент до  $M_{\text{доп}} > 25$  Н·м. Для точного розрахунку визначаємо розміри роликів або кулачків, які передають момент тертям.

Розрахунок на зчеплення ролика з обоймою:

Припустимо:

- Кількість роликів  $z = 8$
- Середній радіус контакту ролика  $r = 20$  мм = 0.02 м
- Коефіцієнт тертя  $f = 0.15$  (сталь по сталі, змащена)

Крутний момент, що передається одним роликом:

$$M_1 = f \cdot N \cdot r$$

де  $N$  — нормальна сила на ролик.

Загальний момент:

						УПС 00.000 ПЗ	Арх.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата			37

$$M = z \cdot M_1 = z \cdot f \cdot N \cdot r$$

Знайдемо необхідну силу на один ролик:

$$N = \frac{M}{z \cdot f \cdot r} = \frac{24.56}{8 \cdot 0.15 \cdot 0.02} = \frac{24.56}{0.024} \approx 1023.33 \text{ Н}$$

Для вентилятора з потужністю до 4.5 кВт при 3500 об/хв потрібна обгінна муфта, здатна передавати момент щонайменше 25 Н·м. Розрахунок показав, що роликоса муфта з 8 роликами діаметром 10–12 мм на радіусі 20 мм і коефіцієнтом тертя 0.15 забезпечить необхідну передачу моменту при нормальній силі ~1023 Н на кожен ролик. Така конструкція є надійною для використання в умовах польових сільськогосподарських машин.

### **Висновок по конструкційній частині сівалки УПС-12**

У результаті проведеного конструкторського аналізу та розрахунків сівалки УПС-12 було визначено, що її конструкція забезпечує оптимальне поєднання продуктивності, надійності та точності висіву просапних культур. Основні вузли сівалки — рама, висівний апарат, система дозування та подачі насіння — спроектовані з урахуванням вимог до точності, міцності та зносостійкості.

Рама сівалки має достатню жорсткість для стабільної роботи на різних типах ґрунтів при ширині захвату 12 метрів, що дозволяє зменшити деформації та забезпечити рівномірність загорання насіння. Система висівних апаратів забезпечує дозовану подачу насіння з мінімальними втратами, що критично важливо для досягнення високої врожайності.

Проведені розрахунки силових елементів підтвердили надійність конструкції при динамічних навантаженнях під час роботи в польових

					УПС 00.000 ПЗ	Арх.
Зм.	Арк.	№ докум	Підпис	Дата		38

умовах. Аналіз динамічних характеристик системи подачі показав, що амплітуди коливань перебувають у допустимих межах, що знижує ймовірність поломок і підвищує ресурс роботи агрегату.

Оптимізація параметрів вузлів сівалки дозволила зменшити витрати матеріалів без втрати міцності, що підвищує технологічність виготовлення та знижує собівартість. Застосування сучасних матеріалів і технологій виробництва гарантує довговічність і зручність в експлуатації.

Таким чином, конструкція сівалки УПС-12 відповідає сучасним технічним вимогам і може ефективно використовуватись в інтенсивних агротехнологіях для забезпечення високої точності висіву і максимальної продуктивності.

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

## ВИСНОВКИ

У межах проведеного дослідження та конструкторського проектування була розглянута, обґрунтована та реалізована низка технічних рішень, спрямованих на оптимізацію роботи пневматичної сівалки типу УПС-12, зокрема її висівного апарата, системи маркування, привода вентилятора та підбору стандартних елементів, таких як муфта обгінна.

5. Теоретичний аналіз конструкції сівалки УПС-12 виявив, що її ефективність безпосередньо залежить від точності та стабільності функціонування висівного апарата. Було визначено, що відхилення у дозуванні насіння зумовлені як конструктивними, так і динамічними чинниками — зокрема, нерівномірністю привода, пульсацією тиску в пневмосистемі, вібрацією тощо.

6. Розрахункове моделювання висівного апарата для висіву кукурудзи дало змогу обґрунтувати оптимальні конструктивні параметри:

- кількість отворів на диску: 30 шт.,
- діаметр отвору: 4.5 мм,
- робоча швидкість обертання диска:  $\sim 0.85$  об/с при русі 8 км/год,
- забезпечено розрахункову продуктивність: 70–90 тис. насінин/га при нормі 25–28 тис. насінин на гектар.

7. Проведено кінематичний розрахунок привода вентилятора, з урахуванням коефіцієнтів безпеки та потужності трактора. Визначено крутний момент, частоту обертання, передавальні числа. Підбрано муфту вільного ходу типу INA CSK30 як стандартний елемент, що забезпечує захист вентилятора від гальмування при раптовому зупиненні привода.

8. Проведено розрахунок вильоту маркерів сівалки, необхідних для забезпечення точного проходження суміжних рядків. Оптимальний виліт маркера для сівалки УПС-12 при ширині захвату 8,4 м і міжрядді 0,7 м становить близько 4,2 м.

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

9. Підібрані стандартні вузли та елементи (підшипники, шпонки, муфти) відповідають діючим ГОСТ і DIN, забезпечують ремонтпридатність та уніфікацію конструкції.

10. Загалом, реалізовані конструктивні рішення забезпечують:

- підвищення рівномірності висіву на 10–12%,
- зниження втрат насіння за рахунок пропусків і двійників,
- зменшення навантаження на привід вентилятора,
- поліпшення технічного обслуговування за рахунок застосування

типових вузлів.

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

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Алімов Д. М., Шелестов Ю. В. Технологія виробництва продукції рослинництва : підручник / Д. М. Алімов, Ю. В. Шелестов. – К. : Вища школа, 1995. – 271 с.
2. Боженко В. О. Сільськогосподарські машини та їх використання : підручник / В. О. Боженко. – К. : Аграрна освіта, 2009. – 420 с.
3. Бондаренко М. Г., Демещук В. А. Комплектування і використання машино-тракторного парку в рослинництві : підручник / М. Г. Бондаренко, В. А. Демещук. – К. : Вища школа, 1995. – 237 с.
4. Савицький ПП. Високоякісна техніка від вітчизняного виробника [Електронний ресурс] / ПП «Савицький». – Режим доступу: <http://www.savitskiy.com.ua> (дата звернення: 18.10.16).
5. Войтюк Д. Г., Гаврилюк Г. Р. Сільськогосподарські машини : підручник / Д. Г. Войтюк, Г. Р. Гаврилюк. – К. : Каравела, 2004. – 552 с.
6. Войтюк Д. Г., Яцун С. С., Довжик М. Я. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку : навч. посібник / Д. Г. Войтюк [та ін.]. – Суми : ВТД «Університетська книга», 2006. – 480 с.
7. Гапоненко В. С., Войтюк Д. Г. Сільськогосподарські машини : підручник / В. С. Гапоненко, Д. Г. Войтюк. – К. : Урожай, 1992. – 448 с.
8. Гречкосій В. Д. Комплексна механізація виробництва зерна : підручник / В. Д. Гречкосій. – К. : Урожай, 1991. – 216 с.
9. Рудь А. В., Бендера І. М., Войтюк Д. Г. Механізація, електрифікація та автоматизація с.-г. виробництва. Т. 2 : підручник / за ред. А. В. Рудя. – К. : Агроосвіта, 2012. – 434 с.
10. Сало В. М., Лузан П. Г., Савицький М. І. Механізм фіксації транспортного положення культиватора : патент 99085; заявл. 05.12.11; опубл. 10.07.12; Бюл. № 11.
11. Царенко О. М., Войтюк Д. Г., Швайко В. М. Механіко-технологічні властивості с.-г. матеріалів : підручник / за ред. С. С. Яцуна. – К. : Мета, 2003. – 448 с.
12. Horomechanika (Lithuania). Mulčувач INO DUPLEX RURO [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.horomechanika.lt/en/production> (дата звернення: 17.10.16).
13. Васильковський О. М., Лещенко С. М., Васильковська К. В., Петренко Д. І. Підручник дослідника / Кіровоград, Мачулін, 2016. – 204 с.

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

14. Кравчук В. І., Мельник Ю. Ф. Посібник. Машина для обробітку ґрунту та сівби / УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2009. – 288 с.
15. Сисолін П. В., Сало В. М. Пристрій для локального внесення мінеральних добрив : деклараційний патент 31743; заявл. 27.10.98; опубл. 15.12.00; Бюл. № 7-П.
16. Тарасенко В. В., Городецький Є. Ю., Чижиков О. І. Робочий зошит до лабораторних робіт із дисципліни «Системи технологій в промисловості (АПК)»: модуль «Механізація і автоматизація с.-г. виробництва» / Мелітополь, 2012.
17. Дейкун В. А., Сало В. М., Васильковський О. М. Робочий орган для локального внесення добрив : патент на корисну модель 3724; заявл. 23.02.04; опубл. 15.12.04; Бюл. № 3.
18. Сало В. М., Богатирьов Д. В., Леценко С. М., Савицький М. І. Вітчизняне технічне забезпечення сучасних процесів у рослинництві // Техніка і технології АПК. Наук.-вироб. журн. № 10(61), 2014. – С. 16–19.
19. Сисолін П. В., Сало В. М., Кропівний В. М. Сільськогосподарські машини. Кн. 1. Машина для рільництва : підручник / за ред. М. І. Черновола. – К. : Урожай, 2001. – 382 с.
20. Сало В. М. та ін. Сільськогосподарські машини : метод. вказівки до практич. робіт з курсу «Механізація, електрифікація та автом. с.-г. виробництва», розділ «С.-г. машини», «Сучасні машини та напрями розвитку», «Процеси, машини та обладнання АПК» / Кіровоград. нац. техн. ун-т, 2015. – 56 с.
21. Войтюк Д. Г., Барановський В. М., Булгаков В. М. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку : підручник / за ред. Д. Г. Войтюка. – К. : Вища освіта, 2005. – 464 с.
22. Войтюк Д. Г., Дубровін В. О., Іщенко Т. Д. Сільськогосподарські та меліоративні машини : підручник / за ред. Д. Г. Войтюка. – К. : Вища освіта, 2004. – 544 с.
23. Войтюк Д. Г., Гаврилюк Г. Р. Сільськогосподарські машини : підручник / Д. Г. Войтюк, Г. Р. Гаврилюк. – К. : Каравела, 2015. – 552 с.
24. Бакум М. В. та ін. Сільськогосподарські машини : посібник / за ред. М. В. Бакума. – Харків : ХНТУСГ, 2008. – 284 с.

## Зміст

	стор.
Вступ.....	5
2. Стан питання про машину, яка підлягає модернізації .....	6
3.Конструкторська частина .....	31
Висновки... ..	53
Список використаних джерел.....	54
Додатки	

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