

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерно-технологічний

Кафедра механічної та електричної інженерії

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти

бакалавр

на тему: «Розробка конструкції комбінованого пристрою для навантаження та протравлювання насіння»

КРБ.133ГМбд_41.01.00.00.000 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти
за освітньо-професійною програмою
*«Машини та обладнання
сільськогосподарського виробництва»*
спеціальності 133 *«Галузеве
машинобудування»*
ступеня вищої освіти *бакалавр*
групи 133ГМбд_41
БАГЛАЙ Віталій

Керівник: ЗУБКО Владислав

Полтава – 2026 року

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра механічної та електричної інженерії

Освітньо-професійна програма *«Машини та обладнання
сільськогосподарського виробництва»*

Спеціальність *133 «Галузеве машинобудування»*
Ступінь вищої освіти *бакалавр*

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
механічної та електричної
інженерії,
канд. техн. наук, доцент,
_____ Станіслав ПОПОВ
03 грудня 2025 р.

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Віталій БАГЛАЙ

1 Тема роботи: *«Розробка конструкції комбінованого пристрою для навантаження та протравлювання насіння»*

керівник роботи ***доктор техн. наук, доцент ВЄТОХІН Володимир,***
затверджено засіданням кафедри, протокол №9 від 03 грудня 2025 р.

2 Строк подання здобувачем вищої освіти роботи – до 31 травня 2026 р.

3 Вихідні дані до роботи – *аналіз літературних джерел Національної бібліотеки України імені Володимира Вернадського; аналіз літературних джерел Полтавської обласної універсальної наукової бібліотеки імені Івана Котляревського; сучасний досвід підприємств машинобудування та АПК за тематичним спрямуванням.*

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

Розділ 1. *Загальний*

Розділ 2. *Технологічний*

Розділ 3. *Конструкторський*

Розділ 4. *Економіка, охорона праці та навколишнього середовища*

5 Перелік графічного матеріалу: *кресленик загального виду пристрою; складальний кресленик вузла пристрою, що виносить на розгляд; робочі кресленики деталей вузла.*

6 Консультанти розділів *кваліфікаційної роботи*

Розділ	Власне ім'я, прізвище та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання отримав
Економіка, охорона праці та навколишнього середовища	Інна МИКОЛЕНКО, професор кафедри економіки та публічного управління		
	Володимир ДУДНИК, доцент кафедри механічної та електричної інженерії		
	Павло ПИСАРЕНКО, завідувач кафедри екології, збалансованого природокористування та захисту довкілля		

7 Дата видачі завдання 03 грудня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з.п.	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вибір, затвердження теми роботи	До 03.12.2025 р.	
2	Складання, затвердження розгорнутого плану, завдання на кваліфікаційну роботу	15.12-28.12.2025 р.	
3	Опрацювання літературних джерел		
4	Збір, вивчення, обробка інформації, необхідної для виконання роботи		
5	Виконання розділів роботи, графічної частини	04.05-31.05.2026 р.	
6	Оформлення тексту роботи		
7	Попередній захист роботи на кафедрі	До 31.05.2026 р.	
8	Нормалізаційний контроль		
9	Доопрацювання роботи з урахуванням зауважень і пропозицій		
10	Захист кваліфікаційної роботи	3 01.06.2026 р.	

Здобувач вищої освіти _____ Віталій БАГЛАЙ
(підпис)

Керівник роботи _____ Володимир ВЕТОХІН
(підпис)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 4 розділи, 4 рисунки, 9 таблиць, 25 використаних джерел, 1 додаток, 44 сторінки.

Об'єкт розробки – процес навантаження та протруювання насіння сільськогосподарських культур.

Предмет розробки – конструкція комбінованого пристрою для навантаження та протруювання насіння.

Постановка актуальної технічної задачі – дослідити шляхи підвищення ефективності передпосівної підготовки насіння шляхом поєднання процесів навантаження та протруювання в одному технічному засобі, що забезпечить скорочення витрат праці, підвищення продуктивності роботи та покращення якості обробки насіннєвого матеріалу, а також розробити комплект конструкторської документації.

Мета кваліфікаційної роботи бакалавра – розробка конструкції комбінованого пристрою для навантаження та протруювання насіння.

Практичне значення кваліфікаційної роботи бакалавра полягає у розробленні конструкторської документації на комбінований пристрій для навантаження та протруювання насіння, який може бути використаний під час виготовлення нових та модернізації існуючих машин для передпосівної підготовки насіння.

У **загальному розділі** проаналізовано технологічний процес навантаження та протруювання насіння, розглянуто існуючі конструкції завантажувачів і протруювачів насіння, виконано аналіз їх переваг і недоліків та обґрунтовано напрям удосконалення конструкції.

У **технологічному розділі** виконано аналіз технологічності деталі «Секція шнека», розроблено технологічний процес її виготовлення, обґрунтовано вибір заготовки, способів обробки, схем базування, маршруту виготовлення та визначено основні технологічні параметри.

У **конструкторському розділі** запропоновано конструкцію комбінованого пристрою для навантаження та протруювання насіння, виконано розрахунок продуктивності шнекового робочого органу, потужності приводу, параметрів клинопасової передачі та розроблено комплект конструкторської документації.

					КРБ.133ГМ5д_41.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

У розділі **техніко-економічного обґрунтування, охорони праці та навколишнього середовища** визначено економічну ефективність запропонованої розробки, розроблено заходи щодо забезпечення безпечних умов праці та захисту довкілля.

Практичні результати роботи – розроблено комплект конструкторської документації на комбінований пристрій для навантаження та протруювання насіння.

Рекомендації щодо використання результатів роботи – результати роботи можуть бути використані машинобудівними підприємствами, ремонтними виробництвами та сільськогосподарськими підприємствами під час виготовлення та модернізації обладнання для підготовки насіння до сівби.

Сфера застосування результатів роботи – підприємства агропромислового комплексу, машинобудівні підприємства.

Графічна частина роботи становить 3 аркуші формату А1.

Результат перевірки тексту пояснювальної записки на плагіат за допомогою сервісу StrikePlagiarism: унікальність 97,5 %.

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота бакалавра присвячена розробці конструкції комбінованого пристрою для навантаження та протруювання насіння, який забезпечує виконання двох технологічних операцій в одному робочому процесі, що дозволяє підвищити продуктивність підготовки насіння з матеріалу до сівби, скоротити витрати праці, зменшити кількість технологічних операцій та покращити якість нанесення протруйників на поверхню насіння.

КОМБІНОВАНИЙ ПРИСТРІЙ, НАВАНТАЖЕННЯ ТА ПРОТРУЮВАННЯ НАСІННЯ, ШНЕКОВИЙ ТРАНСПОРТЕР, ПРОТРУЙНИК, СЕКЦІЯ ШНЕКА, ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ, ОХОРОНА ПРАЦІ

ANNOTATION

The bachelor's qualification work is devoted to the development of a design of a combined device for loading and seed treatment, which ensures the performance of two technological operations in one work process, which allows to increase the productivity of seed preparation for sowing, reduce labor costs, reduce the number of technological operations and improve the quality of applying seed treatments to the seed surface.

COMBINED DEVICE, LOADING AND SEED TREATMENT, SCREW CONVEYOR, TREATMENT, SCREW SECTION, ECONOMIC EFFECT, LABOR SAFETY

					КРБ.133ГМ5д_41.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	9
1.1 Значення передпосівної підготовки насіння в сучасному рослинництві	9
1.2 Аналіз технологічного процесу навантаження та протруювання насіння	10
1.3 Аналіз існуючих конструкцій машин і пристроїв для навантаження насіння	12
1.4 Аналіз існуючих протруювачів насіння та комбінованих технічних засобів	15
1.5 Обґрунтування напрямку удосконалення машин для навантаження та протруювання насіння	17
2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	20
2.1 Аналіз технологічності деталі	20
2.2 Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення деталі	21
2.3 Обробка поверхонь деталі	23
2.4 Розробка схем базування деталі	24
2.5 Розробка маршруту виготовлення деталі	24
2.6 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів	25
2.7 Розрахунок коефіцієнта використання матеріалу	26
3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	28
3.1 Обґрунтування конструктивного рішення	28
3.2 Опис конструкції та принцип роботи пристрою	28
3.3 Конструктивні розрахунки	30
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	34
4.1 Техніко-економічне обґрунтування розробки	34
4.2 Охорона праці	38
4.3 Охорона навколишнього середовища	40
ВИСНОВКИ	42
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	45
ДОДАТКИ	48

КРБ.133ГМБд_41.01.00.00.000 ПЗ				
Змн	Арк	№ докум.	Підпис	Дата
Розробив		Баглай В.М.		
Перевішив		Зубко В.М.		
Н. Контр.		Зубко В.М.		
Керівник		Зубко В.М.		
Зав.кафедр		Попов С.В.		
Розробка конструкції комбінованого пристрою для навантаження та протравлювання насіння				
		Літ.	Арк.	Аркштів
			6	44
ПДАУ, каф. МЕІ				

ВСТУП

Однією з найважливіших умов отримання високих і стабільних урожаїв сільськогосподарських культур є використання якісного насінневого матеріалу. Передпосівна підготовка насіння включає комплекс технологічних операцій, серед яких особливе значення мають навантаження, транспортування, очищення та протруювання. Саме протруювання забезпечує захист насіння від комплексу грибкових і бактеріальних захворювань, а також від ґрунтових шкідників на початкових етапах розвитку рослин. Якість виконання цієї операції значною мірою впливає на польову схожість насіння, рівномірність сходів та майбутню врожайність культур. [1, 2]

В умовах сучасного аграрного виробництва підготовка насіння повинна виконуватися в стислі агротехнічні строки, особливо під час проведення весняно-польових робіт. Це вимагає застосування високопродуктивних машин і механізмів, здатних забезпечувати безперервність технологічного процесу та мінімізувати втрати часу. Разом із тим на багатьох підприємствах операції навантаження та протруювання насіння виконуються окремими машинами, що призводить до збільшення тривалості підготовчих робіт, додаткових витрат праці та необхідності використання кількох одиниць техніки.

Існуючі завантажувачі насіння забезпечують лише транспортування і подачу матеріалу до місця використання, тоді як протруювачі виконують виключно операцію нанесення робочого розчину на поверхню насіння. Роздільне виконання цих процесів збільшує кількість перевантажень матеріалу, підвищує енерговитрати та потребує додаткового обслуговуючого персоналу. Крім того, багато машин мають значний ступінь фізичного та морального зносу, не відповідають сучасним вимогам щодо продуктивності та економічності роботи.

Одним із перспективних напрямів розвитку сільськогосподарського машинобудування є створення комбінованих машин, які дозволяють поєднати декілька технологічних операцій в одному робочому процесі. Такий підхід забезпечує скорочення кількості машин у технологічному ланцюгу, зменшення

					КРБ.133ГМ5д_41.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

затрат праці та часу, підвищення продуктивності обладнання й ефективності використання енергетичних ресурсів. Саме тому розробка комбінованого пристрою для навантаження та протруювання насіння є актуальним завданням, що має важливе практичне значення для сучасного аграрного виробництва.

Актуальність роботи зумовлена необхідністю підвищення технічного рівня машин для передпосівної підготовки насіння, скорочення енергосмності технологічного процесу та зниження експлуатаційних витрат. Використання комбінованого пристрою дозволяє зменшити кількість технологічних операцій, підвищити продуктивність праці, покращити якість обробки насіння та забезпечити раціональне використання виробничих ресурсів.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка конструкції комбінованого пристрою для навантаження та протравлювання насіння.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі **завдання**:

- провести аналіз існуючих технічних засобів для навантаження та протруювання насіння;
- розробити конструктивну схему комбінованого пристрою, що поєднує операції навантаження і протруювання насіння;
- виконати необхідні конструктивні та інженерні розрахунки основних елементів пристрою;
- визначити техніко-економічні показники запропонованого технічного рішення;
- розробити заходи з охорони праці та охорони навколишнього середовища під час експлуатації пристрою.

Об'єкт дослідження – процес механізованого навантаження та протруювання насіння перед сівбою.

Предмет дослідження – конструктивні комбінованого пристрою для навантаження та протруювання насіння.

Практичне значення роботи полягає в можливості використання розробленої конструкції в умовах сільськогосподарських підприємств різних форм власності для підвищення ефективності підготовки насіннєвого матеріалу до сівби та зниження виробничих витрат.

					КРБ.133ГМ5д_41.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Значення передпосівної підготовки насіння в сучасному рослинництві

Ефективність виробництва сільськогосподарської продукції значною мірою залежить від якості посівного матеріалу та рівня його підготовки до сівби. Насіння є основою майбутнього врожаю, тому забезпечення високих показників схожості, енергії проростання та стійкості рослин до несприятливих факторів навколишнього середовища є одним із головних завдань аграрного виробництва.

Передпосівна підготовка насіння включає очищення, сортування, калібрування, сушіння, протруювання та навантаження у посівні агрегати. Особливу роль серед цих операцій відіграє протруювання насіння, яке дозволяє захистити молоді рослини від збудників хвороб та ґрунтових шкідників. За даними агротехнологічних досліджень, застосування сучасних протруйників здатне підвищити польову схожість насіння на 8–15 %, а врожайність окремих культур – на 10–20 % [7, 19]

Сучасне сільське господарство характеризується значними обсягами посівних робіт та обмеженими агротехнічними строками їх виконання. Саме тому виникає необхідність використання високопродуктивних технічних засобів, які забезпечують якісне виконання операцій підготовки насіння за мінімальних витрат часу та ресурсів.

Одним із напрямів підвищення ефективності передпосівної підготовки є застосування комбінованих машин, що дозволяють поєднувати декілька технологічних операцій в одному робочому процесі. Такі рішення забезпечують скорочення кількості технологічних переходів, зменшення витрат праці та підвищення продуктивності обладнання.

					КРБ.133ГМ5д_41.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

1.2 Аналіз технологічного процесу навантаження та протруювання насіння

Передпосівна підготовка насіння є одним із найвідповідальніших етапів технології вирощування сільськогосподарських культур. Саме від якості виконання цієї операції значною мірою залежить польова схожість насіння, інтенсивність початкового росту рослин, їх стійкість до несприятливих факторів навколишнього середовища та майбутня врожайність. У сучасному сільськогосподарському виробництві особливе значення приділяється не лише якості протруювання насіннєвого матеріалу, але й ефективній організації всього процесу його підготовки до сівби.

Технологічний процес навантаження та протруювання насіння включає комплекс взаємопов'язаних операцій, спрямованих на забезпечення рівномірного нанесення захисних препаратів на поверхню насіння та його подальше завантаження у транспортні засоби або посівні машини. В більшості господарств ці операції виконуються окремо, що потребує використання декількох машин та значних витрат часу. Спочатку насіння подається із місця зберігання до протруювача за допомогою навантажувачів, транспортерів або шнекових механізмів. Після завершення процесу протруювання оброблене насіння додатково перевантажується у транспортні засоби або безпосередньо у бункери сівалок.

Така організація технологічного процесу супроводжується багаторазовим переміщенням насіннєвого матеріалу, що призводить до збільшення тривалості виконання робіт, додаткових витрат енергії та зростання експлуатаційних витрат. Крім того, кожне додаткове перевантаження може спричинити механічне пошкодження насіння, особливо якщо йдеться про зернові та зернобобові культури, які чутливі до ударних навантажень. Пошкодження оболонки насінини негативно впливає на її схожість та може стати причиною розвитку хвороб під час проростання.

					КРБ.133ГМ5д_41.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

Особливо важливим елементом передпосівної підготовки є протруювання насіння. Основним завданням цієї операції є створення на поверхні насінини захисного шару, який забезпечує ефективний захист від збудників хвороб і шкідників у період проростання та початкового розвитку рослин. Для цього використовуються спеціальні препарати, що наносяться на поверхню насіння у вигляді водних розчинів або суспензій. Якість протруювання визначається рівномірністю розподілу препарату по поверхні насіння та точністю дотримання норми його внесення.

Принцип роботи більшості сучасних протруювачів полягає у безперервній подачі насіння до робочої камери, де воно переміщується з протруйником. Для цього використовуються шнеки, лопатеві змішувачі, обертові барабани або інші робочі органи, які забезпечують інтенсивне перемішування насінневої маси. Водночас до робочої зони через форсунки подається препарат, який рівномірно розпилюється та наноситься на поверхню насіння.

Ефективність протруювання залежить від багатьох факторів, серед яких особливе значення мають конструкція робочих органів машини, рівномірність подачі насіння, дисперсність розпилення робочого розчину, швидкість перемішування та тривалість контакту насіння з препаратом. Недостатня інтенсивність перемішування призводить до нерівномірного покриття насіння, тоді як надмірний механічний вплив може викликати його травмування. Саме тому конструкція обладнання повинна забезпечувати оптимальне поєднання продуктивності та дбайливого поводження з насіннєвим матеріалом.

На сучасному етапі розвитку сільськогосподарського машинобудування спостерігається тенденція до створення комбінованих технічних засобів, які дозволяють поєднувати кілька технологічних операцій в одному агрегаті. Такий підхід сприяє скороченню кількості машин, задіяних у виробничому процесі, зменшенню тривалості виконання робіт та підвищенню загальної ефективності використання техніки. Особливо перспективним є об'єднання процесів навантаження та протруювання насіння, оскільки ці операції виконуються послідовно та тісно пов'язані між собою.

					КРБ.133ГМ5д_41.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Поєднання функцій навантаження та протруювання в одному пристрої дозволяє значно спростити організацію технологічного процесу. Насіння може подаватися безпосередньо із місця зберігання до робочої зони протруювання, після чого одразу транспортуватися до сівалки або транспортного засобу. У результаті скорочується кількість перевантажень, зменшуються втрати часу та підвищується продуктивність роботи. Крім того, знижується потреба у використанні додаткового обладнання та обслуговуючого персоналу.

Важливою перевагою комбінованих машин є також зменшення енергоспоживності технологічного процесу. Використання єдиного приводу для виконання кількох операцій дозволяє скоротити витрати енергії порівняно з роботою окремих машин. Одночасно підвищується мобільність обладнання та спрощується його експлуатація в умовах господарства.

Аналіз існуючих технологій показує, що подальше підвищення ефективності передпосівної підготовки насіння можливе за рахунок удосконалення конструкції машин, спрямованого на поєднання кількох технологічних операцій, підвищення рівномірності нанесення протруйників, зниження пошкодження насіння та скорочення витрат часу на виконання робіт.

1.3 Аналіз існуючих конструкцій машин і пристроїв для навантаження насіння

Ефективність проведення посівних робіт значною мірою залежить від рівня механізації процесів підготовки та завантаження насіння. У сучасному сільськогосподарському виробництві застосовуються різноманітні машини та пристрої для транспортування і завантаження насінневого матеріалу, які відрізняються конструкцією, продуктивністю, принципом роботи та сферою використання, деякі з них показані на рисунку 1.1.

					КРБ.133ГМ5д_41.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Ковшові елеватори застосовуються переважно на зерноскладах та насінневих комплексах. Переміщення матеріалу здійснюється ковшами, закріпленими на стрічці або ланцюгу. Такі машини забезпечують високу продуктивність і можуть транспортувати насіння на значну висоту. Недоліком є складність конструкції та необхідність стаціонарного встановлення обладнання.

Пневматичні системи транспортування використовують потік повітря для переміщення насіння трубопроводами. Перевагами таких систем є можливість транспортування матеріалу на значні відстані та гнучкість компонування обладнання. Разом з тим, використання потужних вентиляторів призводить до збільшення енергоспоживання та вартості експлуатації.

Окрему групу становлять спеціалізовані завантажувачі насіння, які використовуються для заповнення бункерів сівалок і посівних комплексів. Такі машини часто обладнуються власними бункерами, шнековими або стрічковими транспортерами, системами дозування та механізмами регулювання продуктивності. Вони забезпечують високу мобільність і можуть ефективно працювати безпосередньо в польових умовах.

Аналіз конструкцій існуючих машин показує, що більшість із них призначена лише для виконання транспортних операцій. Процеси завантаження та підготовки насіння до сівби здійснюються окремо, що потребує використання додаткового обладнання та збільшує тривалість виробничого циклу. У результаті виникають додаткові витрати праці, зростає кількість технологічних операцій та знижується загальна ефективність використання техніки.

Сучасні тенденції розвитку сільськогосподарського машинобудування спрямовані на створення багатофункціональних технічних засобів, здатних одночасно виконувати декілька технологічних операцій. Такий підхід дозволяє підвищити продуктивність праці, скоротити кількість машин у технологічному процесі та зменшити експлуатаційні витрати. Саме тому актуальним є створення комбінованого пристрою, який поєднує функції завантаження та протруювання насіння в межах одного технологічного циклу.

					КРБ.133ГМ5д_41.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

1.4 Аналіз існуючих протруювачів насіння та комбінованих технічних засобів

Протруювання насіння є одним із найважливіших агротехнічних заходів, спрямованих на захист рослин від хвороб і шкідників на ранніх стадіях розвитку. Для виконання цієї операції використовуються спеціальні машини – протруювачі насіння, які забезпечують дозоване нанесення захисних препаратів на поверхню насіннєвого матеріалу.

Залежно від принципу роботи протруювачі поділяються на машини періодичної та безперервної дії. Протруювачі періодичної дії використовуються переважно у невеликих господарствах та насіннєвих центрах. Процес обробки здійснюється окремими партіями насіння, які завантажуються до робочої камери, перемішуються з препаратом та після завершення циклу вивантажуються. Основною перевагою таких машин є проста конструкція та висока якість обробки. Недоліками є невисока продуктивність і значні витрати часу на виконання допоміжних операцій.

У великих сільськогосподарських підприємствах найбільшого поширення набули протруювачі безперервної дії. До їх складу входять приймальний бункер, дозатор насіння, система подачі робочого розчину, змішувальна камера та вивантажувальний пристрій. Насіння безперервним потоком проходить через робочу зону, де обробляється препаратом і подається до місця призначення. Такі машини забезпечують високу продуктивність та дозволяють механізувати процес передпосівної підготовки.

Серед поширених моделей можна відзначити протруювачі ПС-10А, ПНШ-5, Мобітох, ПСШ-3 та їх сучасні модифікації. Конструкції цих машин забезпечують точне дозування препаратів та достатньо високу якість нанесення робочого розчину. Разом із тим більшість із них потребує використання окремих транспортних засобів для подачі насіння до машини та його подальшого завантаження в сівалки.

					КРБ.133ГМ5д_41.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

а б в

Рисунок 1.2 – Протруювачі насіння: а – ПС-10А; б – МНШ-5; в – ПСШ-3

Особливе місце займають мобільні протруювальні комплекси, які можуть працювати безпосередньо на території господарства або в польових умовах. Такі установки оснащуються власними транспортуючими системами, резервуарами для препаратів та механізмами змішування. Їх використання дозволяє зменшити кількість перевезень насіння та скоротити тривалість підготовчих робіт.

В останні роки спостерігається тенденція до створення комбінованих машин, у яких функції транспортування та протруювання частково поєднуються. Найчастіше це реалізується шляхом встановлення форсунок для подачі препарату безпосередньо в транспортуючих лінках або змішувальних камерах. Проте більшість таких конструкцій залишається досить складною, має значні габарити або потребує використання додаткового обладнання для навантаження насіння. [5, 16]

Проведений аналіз показує, що існуючі протруювачі забезпечують необхідну якість обробки насіннєвого матеріалу, однак не вирішують повною мірою проблему скорочення кількості технологічних операцій. У більшості випадків насіння необхідно окремо завантажувати до машини, обробляти та повторно переміщувати до місця використання. Це збільшує витрати часу, підвищує енергоємність процесу та потребує додаткових трудових ресурсів.

Основними недоліками існуючих конструкцій є багаторазове перевантаження насіння, необхідність використання тільки машин, збільшення експлуатаційних витрат та недостатня універсальність обладнання. Водночас

					КРБ.133ГМ5д_41.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

сучасні вимоги аграрного виробництва потребують створення компактних, мобільних та багатофункціональних технічних засобів, здатних виконувати декілька операцій в одному технологічному циклі.

Таким чином, аналіз існуючих протруювачів насіння та комбінованих технічних засобів свідчить про доцільність розробки нової конструкції комбінованого пристрою для навантаження та протруювання насіння. Такий пристрій повинен забезпечувати високу продуктивність, якісне нанесення препарату, зменшення кількості перевантажень насіння та скорочення загальних витрат на виконання технологічного процесу [6, 22]

1.5 Обґрунтування напрямку удосконалення машин для навантаження та протруювання насіння

Проведений аналіз існуючих конструкцій завантажувачів і протруювачів насіння показав, що більшість із них виконує лише одну технологічну операцію. Завантажувачі забезпечують транспортування та подачу насіння до місця використання, тоді як протруювачі призначені виключно для нанесення захисних препаратів на поверхню насіннєвого матеріалу. Такий підхід потребує використання декількох машин, збільшує тривалість підготовчих робіт та призводить до додаткових витрат праці й енергетичних ресурсів.

Суттєвим недоліком існуючих технологій є багаторазове перевантаження насіння в процесі його підготовки до сівби. Спочатку насіння подається до протруювача, після чого завантажується в транспортний засіб або безпосередньо до бункера сівалки. Кожне додаткове переміщення збільшує ризик гравмування насіннєвого матеріалу, сприяє виникненню втрат та негативно впливає на продуктивність роботи. Особливо актуальною ця проблема є для великих господарств, де обсяги підготовки насіння можуть становити десятки або навіть сотні тонн протягом короткого періоду часу.

Недоліком багатьох протруювачів є також недостатня мобільність та необхідність використання стаціонарних майданчиків для їх експлуатації. У

					КРБ.133ГМ5д_41.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

результаті виникає потреба в додаткових транспортних операціях, що збільшує собівартість виконання робіт. Крім того, застосування окремих машин потребує залучення більшої кількості обслуговуючого персоналу та ускладнює організацію технологічного процесу.

Сучасні тенденції розвитку сільськогосподарського машинобудування спрямовані на створення універсальних і багатифункціональних технічних засобів, здатних одночасно виконувати декілька технологічних операцій. Такий підхід дозволяє підвищити коефіцієнт використання машин, зменшити кількість обладнання в технологічному ланцюгу та скоротити виробничі витрати.

Одним із найбільш перспективних напрямів удосконалення машин для підготовки насіння до сівби є поєднання процесів навантаження та протруювання в одному агрегаті. У цьому випадку насіння може безперервно переміщуватися від місця завантаження через зону обробки препаратом до місця вивантаження без виконання додаткових операцій перевантаження. Така схема забезпечує значне скорочення тривалості робіт, підвищення продуктивності обладнання та покращення організації виробничого процесу. [5, 20]

З огляду на результати проведеного аналізу, доцільним є розроблення комбінованого пристрою, конструкція якого включає приймальний бункер, транспортний шнек, систему дозованої подачі препарату, камеру змішування та вивантажувальний механізм. У процесі роботи насіння переміщується шнеком, одночасно обробляється робочим розчином протруйника та надходить безпосередньо до транспортного засобу або бункера сівалки.

Запропонований напрям удосконалення дозволяє зменшити кількість технологічних операцій, скоротити витрати часу на підготовку насіння до сівби, підвищити продуктивність праці та знизити експлуатаційні витрати. Крім того, поєднання функцій навантаження і протруювання в одному технічному засобі забезпечує більш раціональне використання енергетичних ресурсів та сприяє зменшенню матеріаломісткості технологічного процесу.

					КРБ.133ГМ5д_41.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Висновок. Проведений аналіз показав, що якісна передпосівна підготовка насіння є важливою умовою підвищення врожайності сільськогосподарських культур. Встановлено, що існуючі машини для навантаження та протруювання насіння переважно виконують окремі технологічні операції, що призводить до збільшення тривалості виробничого циклу та підвищення експлуатаційних витрат. На підставі аналізу визначено доцільність розробки комбінованого пристрою, який забезпечить одночасне навантаження та протруювання насіння, що дозволить підвищити ефективність технологічного процесу та покращити техніко-економічні показники роботи.

					КРБ.133ГМ5д 41.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1 Аналіз технологічності деталі

Секція шнека є основним робочим елементом комбінованого пристрою для навантаження та протруювання насіння. Деталь призначена для транспортування насінневого матеріалу вздовж осі шнека та забезпечення його рівномірного переміщення через зону обробки протруйником.

Рисунок 2.1 – Схема секції шнека

Деталь являє собою окремий виток шнека, виготовлений із листової сталі 45 товщиною 2,5 мм. Конструктивно секція має зовнішній діаметр 93 мм, внутрішній діаметр 31,5 мм та після формоутворення забезпечує крок шнека 70 мм. Для утворення гвинтової поверхні в заготовці передбачено радіальний виріз з центральним кутом 29° . [12]

Аналіз креслення показує, що деталь має відносно просту геометричну форму та характеризується високою технологічністю. Усі поверхні утворюються шляхом вирубівання або лазерного різання плоскої заготовки з подальшим формуванням просторової гвинтової поверхні. Відсутність різьб, шпонкових пазів, складних фасонних поверхонь та жорстких вимог до точності значно спрощує виготовлення.

Матеріалом деталі є сталь 45, яка добре піддається холодному пластичному деформуванню та забезпечує достатню міцність під час

					КРБ.133ГМ5д_41.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

експлуатації шнека. Вимоги до шорсткості поверхні становлять Ra 6,3 мкм, що легко забезпечується після різання та формування без застосування додаткових фінішних операцій.

Особливістю деталі є необхідність отримання заданого кроку шнека та забезпечення співвісності внутрішнього отвору із зовнішнім контуром. Тому найбільш відповідальною операцією є формування просторової гвинтової поверхні на спеціальному пристосуванні або пресі.

Загалом конструкцію секції шнека можна вважати технологічною, оскільки вона виготовляється з листового прокату за мінімальної кількості операцій, не потребує складного оснащення та може вироблятися як в умовах одиничного, так і дрібносерійного виробництва.

Таблиця 2.1 – Основні геометричні характеристики секції шнека

Параметр	Значення
Зовнішній діаметр, мм	93
Внутрішній діаметр, мм	31,5
Отвір під вал, мм	25
Товщина матеріалу, мм	2,5
Крок шнека, мм	70
Кут вирізу, град	29
Матеріал	Сталь 45
Шорсткість	Ra 6,3

Таблиця 2.2 – Оцінка технологічності конструкції деталі

Показник технологічності	Характеристика	Висновок
Матеріал	Листова сталь 45	Технологічно
Кількість операцій	3–4	Прийнятно
Складність оснащення	Невисока	Технологічно
Необхідність термообробки	Відсутня	Спрощує виготовлення
Точність виготовлення	Середня	Забезпечується стандартним обладнанням

2.2 Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення деталі

Секція шнека належить до деталей, які виготовляються методами листового штампування та пластичного деформування. Вихідною заготовкою є листовая сталь 45 товщиною 2,5 мм, з якої отримують плоску заготовку необхідної конфігурації з подальшим формуванням гвинтової поверхні.

У серійному виробництві виготовлення шнекових секцій зазвичай здійснюється на пресовому обладнанні із застосуванням спеціальних штампів. Спочатку з листового прокату вирубуеться круга заготовка необхідного діаметра. Одночасно або окремою операцією виконується пробивання центрального отвору. Після цього формується радіальний виріз, який забезпечує можливість подальшого утворення гвинтової поверхні.

Наступною операцією є формування витка шнека на пресі або спеціальному пристосуванні. У процесі деформування краї заготовки зміщуються відносно один одного, утворюючи просторову гвинтову поверхню із заданим кроком. Саме ця операція визначає геометричні параметри готової деталі та значною мірою впливає на якість роботи шнека.

Після формування проводиться контроль геометричних розмірів, кроку витка, діаметра центрального отвору та відсутності тріщин або інших дефектів, що можуть виникати в процесі пластичного деформування.

Таблиця 2.3 - Аналіз існуючого технологічного процесу виготовлення секції шнека

№ оп.	Назва операції	Обладнання	Примітка
005	Заготівельна	Гільйотинні ножиці	Розкрій листа
010	Вирубання диска	Кривошипний прес	Отримання заготовки
015	Пробивання отвору	Прес	Отвір Ø25 мм
020	Вирубання сектора	Прес	Виріз 29°
025	Формувальна	Гідравлічний прес	Утворення витка
030	Контрольна	Контрольний стіл	Перевірка параметрів

					КРБ.133ГМ5д_41.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

2.3 Обробка поверхонь деталі

На відміну від валів, корпусних та інших деталей машин, секція шнека практично не має поверхонь, що потребують механічної обробки різанням. Основні геометричні параметри формуються під час штампування та пластичного деформування.

Деталь являє собою окрему секцію шнека, яка після формування має зовнішній діаметр 70 мм, центральний отвір діаметром 25 мм та крок шнека 70 мм. Розмір $\varnothing 93$ мм на кресленнику є розміром плоскої заготовки до формування. Точність виконання забезпечується застосуванням вирубного штампа. Центральний отвір діаметром 25 мм отримують пробиванням на пресовому обладнанні. Якість поверхні отвору повинна забезпечувати можливість монтажу секції на вал шнека без додаткової механічної обробки.

Після вирубання формується секторний виріз кутом 29° , який необхідний для подальшого утворення гвинтової поверхні. Якість виконання вирізу безпосередньо впливає на точність формування кроку шнека.

Основною технологічною операцією є формування просторової гвинтової поверхні. Під час цієї операції плоска заготовка набуває необхідної форми витка шнека з кроком 70 мм. Оскільки деталь працює в умовах переміщення сипких матеріалів, вимоги до шорсткості поверхонь є помірними та становлять Ra 6,3 мкм.

Таблиця 2.4 – Характеристика методів обробки поверхонь

Поверхня	Метод отримання	Квалітет	Ra , мкм
Зовнішній контур $\varnothing 93$	Вирубання	IT12–IT14	6,3
Отвір $\varnothing 25$	Пробивання	IT11–IT12	6,3
Виріз 29°	Вирубання	IT12–IT14	6,3
Гвинтова поверхня	Формування	IT12	6,3

2.4 Розробка схем базування деталі

Правильний вибір технологічних баз забезпечує точність виготовлення деталі та стабільність технологічного процесу.

На операціях вирубання зовнішнього контуру та пробивання центрального отвору базування здійснюється по площині листової заготовки та упорах штампа. При цьому усуваються переміщення заготовки у площині листа та забезпечується необхідна точність розташування елементів.

Під час вирубання секторного вирізу за технологічну базу приймається центральний отвір і зовнішній контур заготовки. Це дозволяє забезпечити симетричне розташування вирізу відносно осі майбутнього шнека.

На операції формування витка базування здійснюється по центральному отвору та спеціальних елементах формувального штампа. Така схема забезпечує отримання заданого кроку шнека та необхідної просторової форми деталі.

Таблиця 2.5 – Схеми базування на основних операціях

Операція	Технологічна база	Позбавлювані ступені свободи
Вирубання	Площина листа	3
Пробивання отвору	Площина листа	3
Виріз сектора	Отвір Ø25 та контур	5
Формування витка	Отвір Ø25	5
Контроль	Отвір Ø25 та площина	5

2.5 Розробка маршруту виготовлення деталі

Для виготовлення секції шнека приймається листовая заготовка зі сталі 45 товщиною 2,5 мм. Вибір листового прокату пояснюється простою формою деталі та економічною доцільністю його використання в умовах дрібносерійного виробництва.

Маршрут виготовлення передбачає виконання мінімальної кількості операцій, що забезпечує зниження трудомісткості та собівартості виробу. [11]

					КРБ.133ГМ5д_41.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

Таблиця 2.6 – Маршрут виготовлення секції шнека

№ оп.	Назва та зміст операції	Обладнання	Інструмент
005	Розкрій листового прокату	Гільйотинні ножиці	Ножі
010	Вирубання диска Ø93	Прес КД2124	Вирубний штамп
015	Гробивання отвору Ø25	Прес КД2124	Пуансон, матриця
020	Вирубання сектора 29°	Прес КД2124	Штамп
025	Формування витка шнека	Гідравлічний прес П6324	Формувальний штамп
030	Зачищення задирок	Верстак	Напідлок, шкурка
035	Контрольна	Контрольний стіл	Штангенциркуль, шаблон

2.6 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів

На відміну від деталей типу валів, секція шнека виготовляється з листового прокату шляхом вирубання та пластичного деформування. Тому класичні припуски на механічну обробку практично відсутні. Основними припусками є технологічні відхилення, необхідні для забезпечення точності вирубання та формування гвинтової поверхні.

Вихідною заготовкою є листовая сталь 45 товщиною 2,5 мм. Зовнішній контур заготовки являє собою диск діаметром 93 мм з центральним отвором діаметром 25 мм та секторним вирізом кутом 29°.

Для деталей, виготовлених методом вирубання, допуск на зовнішній контур приймається в межах $\pm 0,3$ мм, а для центрального отвору $\pm 0,2$ мм. Такі значення забезпечуються штампуванням на кривошипному пресі без додаткової механічної обробки.

Основною операцією є формування витка шнека з кроком 70 мм. Під час пластичного деформування допускається відхилення кроку в межах $\pm 1,0$ мм, що не впливає на працездатність транспортуючого шнека та відповідає вимогам креслення.

					КРБ.133ГМ5д_41.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Таблиця 2.7 – Операційні розміри секції шнека

Параметр	Розмір заготовки	Після формування	Кінцевий розмір
Зовнішній діаметр	$\varnothing 93 \pm 0,3$	$\varnothing 93 \pm 0,3$	$\varnothing 93$
Отвір	$\varnothing 25 \pm 0,2$	$\varnothing 25 \pm 0,2$	$\varnothing 25$
Товщина	$2,5 \pm 0,1$	$2,5 \pm 0,1$	2,5
Кут вирізу	$29^\circ \pm 0,5^\circ$	$29^\circ \pm 0,5^\circ$	29°
Крок шнека	–	$70 \pm 1,0$	70

Оскільки механічна обробка різанням не передбачається, операційні розміри практично збігаються з кінцевими розмірами деталі. Основні похибки формуються на операціях вирубування та пластичного деформування.

2.7 Розрахунок коефіцієнта використання матеріалу

Ефективність технологічного процесу значною мірою визначається коефіцієнтом використання матеріалу.

Площа зовнішнього диска:

$$S_1 = \pi D^2 / 4, \quad (2.1)$$

$$S_1 = 3,14 \cdot 93^2 / 4 = 6792 \text{ мм}^2$$

Площа центрального отвору:

$$S_2 = \pi d^2 / 4, \quad (2.2)$$

$$S_2 = 3,14 \cdot 25^2 / 4 = 491 \text{ мм}^2$$

Площа секторного вирізу:

$$S_3 = (29/360) \cdot \pi \cdot (46,5^2 - 12,5^2) \quad (2.3)$$

$$S_3 = 510 \text{ мм}^2$$

Площа готової заготовки:

$$S = S_1 - S_2 - S_3, \quad (2.4)$$

$$S = 6792 - 491 - 510 = 5791 \text{ мм}^2$$

Об'єм деталі:

					КРБ.133ГМ5д_41.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

$$V = S \cdot \delta, \quad (2.5)$$

$$V = 5791 \cdot 2,5 = 14478 \text{ мм}^3$$

$$V = 14,48 \text{ см}^3$$

Маса деталі:

$$m = \rho \cdot V, \quad (2.6)$$

де $\rho = 7,85 \text{ г/см}^3$.

$$m = 7,85 \cdot 14,48 = 113,7 \text{ г}$$

$m = 0,114 \text{ кг}$

Маса вихідної круглої заготовки:

$m_0 = 0,133 \text{ кг}$

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$\eta = m/m_0, \quad (2.7)$$

$$\eta = 0,114/0,133 = 0,86$$

Отже, коефіцієнт використання матеріалу становить 0,86, що свідчить про достатньо економне використання листового прокату та незначну кількість відходів під час виготовлення деталі.

Висновок. В результаті виконання технологічного розділу проведено аналіз технологічності деталі «Секція шнека», розроблено маршрут її виготовлення, вибрано необхідне технологічне обладнання, оснащення та інструмент. Встановлено, що деталь характеризується високою технологічністю та може виготовлятися з листової сталі 45 методом штампування та пластичного деформування.

Розроблений технологічний процес включає операції розкрою листового прокату, вирубування зовнішнього контуру, пробивання центрального отвору, вирізання секторного вирізу, формування гвинтової поверхні та контроль готового виробу. Прийнятий маршрут забезпечує отримання необхідних геометричних параметрів секції шнека при мінімальних витратах праці та матеріалів.

Розрахунок коефіцієнта використання матеріалу показав його значення на рівні 0,86, що свідчить про економічну доцільність запропонованої технології виготовлення деталі.

					КРБ.133ГМ5д_41.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

3.1 Обґрунтування конструктивного рішення

Аналіз існуючих забантажувачів і протруювачів насіння показав, що більшість машин виконує лише одну технологічну операцію. Це призводить до збільшення тривалості виробничого циклу та потребує використання додаткового обладнання.

У запропонованій конструкції процеси транспортування та протруювання поєднані в одному агрегаті. Таке рішення дозволяє скоротити кількість технологічних операцій, підвищити продуктивність роботи та зменшити витрати на підготовку насіння до сівби.

Використання шнекового транспортера забезпечує безперервність подачі насіння, простоту конструкції та надійність роботи. Розташування форсунок усередині кожуха дозволяє наносити препарат безпосередньо під час переміщення насіння, що забезпечує якісне протруювання та виключає необхідність застосування окремого протруювача.

3.2 Опис конструкції та принцип роботи пристрою

Розроблений комбінований пристрій (рис.3.1) призначений для механізованого навантаження та одночасного протруювання насіння зернових, зернобобових і технічних культур перед посівом.

Конструкція пристрою складається з рами 1, ходових коліс 2, привідно-натяжних робочих органів 3, кожуха 4, електродвигуна 5, клинопасової передачі 6, зливної решітки 7, вивантажувальних вікон 8, бака для протруювальної рідини 9, трубопроводу 10, насоса 11, дозуючого вентиля 12, розпилювачів 13, кріплень камер протруювання 14 та манометра 15.

					КРБ.133ГМ5д_41.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Рисунок 3.1 – Схема комбінованого пристрою для навантаження та протруєння насіння посівного

Основним робочим органом пристрою є шнековий конусер, розташований у циліндричному кожусі. Шнек забезпечує безперервне переміщення насіння від завантажувальної частини до місця вивантаження. У середині кожуха встановлено систему форсунок, які подають робочий розчин протруйника безпосередньо на потік насіння.

Під час роботи електродвигун через клинопасову передачу приводить в обертання шнековий вал. Насіння надходить у приймальну частину шнека та переміщується вздовж кожуха до вивантажувального отвору. Одночасно насос подає робочий розчин із бака через трубопровід до розпилювачів. У зоні обробки формується дрібнодисперсний факел, який рівномірно наносить препарат на поверхню насіння.

У процесі переміщення шнеком насіння додатково перемішується, що забезпечує рівномірний розподіл препарату по всій масі матеріалу. Після завершення обробки насіння через вивантажувальне вікно подається безпосередньо до транспортного засобу або бункера сіялки.

Основними перевагами запропонованої конструкції є поєднання двох технологічних операцій в одному агрегаті, зменшення кількості перевантажень

					КРБ.133ГМ5д_41.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

насіння, скорочення витрат праці та підвищення продуктивності підготовки насінневого матеріалу до сівби.

3.3 Конструктивні розрахунки

Для розрахунку шнекового робочого органу приймаємо такі вихідні дані:

зовнішній діаметр шнека $D = 70 \text{ мм} = 0,070 \text{ м}$;

діаметр вала шнека $d = 25 \text{ мм} = 0,025 \text{ м}$;

крок шнека $S = 70 \text{ мм} = 0,070 \text{ м}$;

коефіцієнт заповнення міжвиткового простору $\phi = 0,25$;

насипна густина насіння $\rho = 750 \text{ кг/м}^3$;

частота обертання шнека $n = 180 \text{ об/хв} = 3 \text{ об/с}$.

Площа поперечного перерізу шару насіння, що переміщується шнеком, визначається за формулою:

$$F = \pi(D^2 - d^2)/4. \quad (3.1)$$

Підставляємо числові значення:

$$F = 3,14(0,070^2 - 0,025^2)/4 = 0,00335 \text{ м}^2.$$

Об'ємна продуктивність шнека визначається за формулою: [8]

$$Q_v = F \cdot S \cdot n \cdot \phi, \quad (3.2)$$

$$Q_v = 0,00335 \cdot 0,070 \cdot 3 \cdot 0,25 = 0,000176 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Масова продуктивність становить

$$Q_m = Q_v \cdot \rho, \quad (3.3)$$

$$Q_m = 0,000176 \cdot 750 = 0,132 \text{ кг/с} = 1,2 \text{ Н}$$

Переведемо продуктивність у т/год:

$$Q = 0,132 \cdot 3600 / 1000 = 0,475 \text{ т/год}.$$

Отже, при зовнішньому діаметрі шнека 70 мм, кроці 70 мм і частоті обертання 180 об/хв продуктивність пристрою становить приблизно 0,48 т/год.

Для комбінованого пристрою для навантаження та протруювання насіння така продуктивність є прийнятною, оскільки процес протруювання потребує

					КРБ.133ГМ5д_41.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

рівномірної подачі насіння та достатнього часу контакту насінневого матеріалу з робочим розчином.

Розрахунок потужності приводу шнека

Потужність, необхідна для приводу шнека, визначається з урахуванням продуктивності, довжини транспортування та опору переміщенню насінневого матеріалу.

Для орієнтовного розрахунку приймемо:

продуктивність $Q = 0,48$ т/год;

довжина шнека $L = 3$ м;

коефіцієнт опору переміщенню матеріалу $k = 4$.

Потужність приводу визначаємо за формулою

$$N = Q \cdot L \cdot k / 367, \quad (3.4)$$

$$N = 0,48 \cdot 3 \cdot 4 / 367 = 0,016 \text{ кВт.}$$

Оскільки під час роботи пристрою виникають додаткові опори, пов'язані з тертям насіння об кожух, втратами в підшипниках, клинопасовій передачі та можливими перевантаженнями під час пуску, приймемо коефіцієнт запасу потужності $k_3 = 10$.

$$N_{\text{дв}} = N \cdot k_3, \quad (3.5)$$

$$N_{\text{дв}} = 0,016 \cdot 10 = 0,16 \text{ кВт.}$$

З урахуванням стандартного ряду електродвигунів та необхідності забезпечення надійної роботи пристрою приймаємо електродвигун потужністю 0,55 кВт з частотою обертання 1500 об/хв.

Прийнята потужність електродвигуна забезпечує стійку роботу шнекового транспортера, подолання пускових навантажень та можливість роботи пристрою в умовах нерівномірної подачі насіння.

					КРБ.133ГМ5д_41.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Розрахунок клинопасової передачі

Для приводу шнека приймається клинопасова передача ві [10, 24] л електродвигуна до вала шнека.

Вихідні дані для розрахунку:

частота обертання електродвигуна $n_1 = 1500$ об/хв;

необхідна частота обертання шнека $n_2 = 180$ об/хв.

Передаточне число клинопасової передачі визначається за формулою:

$$i = n_1 / n_2 \quad (3.6)$$

$$i = 1500 / 180 = 8,33.$$

Приймаємо діаметр малого шківка $d_1 = 80$ мм.

Діаметр великого шківка визначаємо за формулою:

$$d_2 = d_1 \cdot i \quad (3.7)$$

$$d_2 = 80 \cdot 8,33 = 666 \text{ мм.}$$

З урахуванням стандартного ряду приймаємо діаметр великого шківка $d_2 = 670$ мм.

Фактичне передаточне число становить:

$$i_{\phi} = d_2 / d_1 \quad (3.8)$$

$$i_{\phi} = 670 / 80 = 8,38.$$

Фактична частота обертання шнека

$$n_{2\phi} = n_1 / i_{\phi}.$$

$$n_{2\phi} = 1500 / 8,38 = 179 \text{ об/хв.}$$

Отримане значення практично відповідає прийнятій розрахунковій частоті обертання шнека 180 об/хв. Отже, прийняті діаметри шківів забезпечують необхідний режим роботи шнекового робочого органу.

Висновок. Виконані конструктивні розрахунки підтвердили працездатність основних елементів пристрою. Для шнекового робочого органу прийнято зовнішній діаметр 70 мм, діаметр вала 25 мм та крок шнека 70 мм. За прийнятої частоти обертання 180 об/хв розрахункова продуктивність пристрою становить

					КРБ.133ГМ5д_41.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

приблизно 0,48 т/год, що є достатнім для рівномірного протруювання насіння в умовах невеликого або середнього сільськогосподарського підприємства.

Розрахунок потужності приводу показав, що для забезпечення стабільної роботи шнека доцільно застосувати електродвигун потужністю 0,55 кВт. Для передачі обертального руху від електродвигуна до шнекового вала прийнято клинопасову передачу з передаточним числом 8,38, що забезпечує фактичну частоту обертання шнека близько 179 об/хв.

Таким чином, запропонована конструкція комбінованого пристрою є технічно обгрунтованою, простою у виготовленні та зручною в експлуатації. Її використання дозволяє скоротити кількість технологічних операцій, зменшити потребу в додатковому обладнанні, підвищити якість протруювання насіння та покращити організацію передпосівної підготовки насіннєвого матеріалу.

					КРБ.133ГМ5д 41.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

4 ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Техніко-економічне обґрунтування розробки

Запропонована конструкція дозволяє скоротити кількість технологічних операцій, зменшити потребу в додатковому обладнанні, знизити витрати праці та підвищити якість передпосівної обробки насіння. Тому розробка комбінованого пристрою є економічно доцільною.

Розрахунок вартості виготовлення пристрою

Вартість виготовлення конструкції визначаємо за формулою:

$$C_k = C_m + C_{зп} + C_{відр} + C_{ел} + C_{накл}, \quad (4.1)$$

де C_m – вартість матеріалів, грн;

$C_{зп}$ – основна заробітна плата робітників, грн;

$C_{відр}$ – відрахування на соціальні заходи, грн;

$C_{ел}$ – вартість електроенергії, грн;

$C_{накл}$ – накладні витрати, грн.

Орієнтовна вартість матеріалів і комплектуючих наведена в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Вартість матеріалів і комплектуючих

Найменування	Кількість	Вартість, грн
Металопрокат для рами та кожуха	1 комплект	3200
Вал шнека	1 шт.	850
Секції шнека	1 комплект	1200
Електродвигун 0,55 кВт	1 шт.	2800
Шків та пасова передача	1 комплект	1500
Підшипники та корпуси	2 шт.	900
Бак для робочого розчину	1 шт.	700
Насос	1 шт.	1600
Форсунки, трубопроводи, кран	1 комплект	900
Колеса та кріпильні деталі	1 комплект	1300
Разом		14950

Основна заробітна плата робітників визначається за формулою:

$$C_{\text{зн}} = T \cdot C_{\text{т}}, \quad (4.2)$$

де T — трудомісткість виготовлення, люд.-год;

$C_{\text{т}}$ — годинна тарифна ставка, грн/год.

Приймаємо трудомісткість виготовлення пристрою $T = 28$ люд.-год,
годинну тарифну ставку $C_{\text{т}} = 100$ грн/год.

$$C_{\text{зн}} = 28 \cdot 100 = 2800 \text{ грн.}$$

Відрахування на соціальні заходи приймаємо 22 % від заробітної плати:

$$C_{\text{внр}} = 2800 \cdot 0,22 = 616 \text{ грн.}$$

Вартість електроенергії для виготовлення приймаємо орієнтовно:

$$C_{\text{ел}} = 450 \text{ грн.}$$

Накладні витрати приймаємо 40 % від основної заробітної плати:

$$C_{\text{накл}} = 2800 \cdot 0,40 = 1120 \text{ грн.}$$

Тоді повна вартість виготовлення пристрою становить:

$$C_{\text{к}} = 14950 + 2800 + 616 + 450 + 1120 = 19936 \text{ грн.}$$

Приймаємо вартість виготовлення комбінованого пристрою:

$$C_{\text{к}} = 20000 \text{ грн.}$$

Розрахунок експлуатаційних витрат

Експлуатаційна продуктивність пристрою становить:

$$Q_e = 0,41 \text{ т/год.}$$

Потужність електродвигуна:

$$N = 0,55 \text{ кВт.}$$

Витрати електроенергії на обробку 1 т насіння визначаються за формулою:

$$E = N / Q_e. \quad (4.3)$$

$$E = 0,55 / 0,41 = 1,34 \text{ кВт}\cdot\text{год/т.}$$

За вартості електроенергії 8 грн/кВт·год витрати на електроенергію становлять:

$$C_e = 1,34 \cdot 6,5 = 8,71 \text{ грн/т.}$$

					КРБ.133ГМ5д_41.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Заробітна плата оператора на 1 т насіння:

$$C_{оп} = C_T / Q_e, \quad (4.4)$$

де $C_T = 100$ грн/год.

$$C_{оп} = 100 / 0,41 = 243,9 \text{ грн/т.}$$

Амортизаційні відрахування приймаємо за строку служби пристрою 5 років і річного обсягу обробки 80 т насіння:

$$A = C_k / (5 \cdot 80).$$

$$A = 20000 / 400 = 50 \text{ грн/т.}$$

Витрати на ремонт і технічне обслуговування приймаємо 8 % від вартості пристрою на рік:

$$C_p = 20000 \cdot 0,08 / 80 = 20 \text{ грн/т.}$$

Загальні експлуатаційні витрати на 1 т насіння:

$$C_1 = C_e + C_{оп} + A + C_p, \quad (4.5)$$

$$C_1 = 10,72 + 243,9 + 50 + 20 = 324,62 \text{ грн/т.}$$

Приймаємо: $C_1 = 325$ грн/т.

Визначення економічного ефекту та терміну окупності

Для порівняння приймаємо, що при використанні окремого завантажувача та протруювача витрати становлять приблизно 480 грн/т. При застосуванні розробленого комбінованого пристрою витрати становлять 325 грн/т.

Економія на 1 т насіння:

$$E_1 = 480 - 325 = 155 \text{ грн/т.}$$

За річного обсягу обробки 80 т насіння річний економічний ефект становить:

$$E_r = E_1 \cdot W_p, \quad (4.6)$$

де W_p — річний обсяг обробки насіння, т.

$$E_r = 155 \cdot 80 = 12400 \text{ грн.}$$

Строк окупності визначається за формулою.

$$T_{ок} = C_k / E_r. \quad (4.7)$$

					КРБ.133ГМ5д_41.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

$$T_{ок} = 20000 / 12400 = 1,61 \text{ року.}$$

Отже, строк окупності розробленого комбінованого пристрою становить приблизно 1,6 року.

Коефіцієнт економічної ефективності визначається за формулою:

$$E = E_p / C_k, \quad (4.8)$$

$$E = 12400 / 20000 = 0,62.$$

Отримане значення свідчить про достатню економічну ефективність розробки, оскільки пристрій окупається менш ніж за два роки експлуатації.

Зведені техніко-економічні показники наведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Техніко-економічні показники розробки

Показник	Значення
Призначення пристрою	Навантаження та протруювання насіння
Продуктивність теоретична, т/год	0,48
Продуктивність експлуатаційна, т/год	0,41
Потужність електродвигуна, кВт	0,55
Вартість виготовлення пристрою, грн	20000
Річний обсяг обробки насіння, т	80
Витрати при базовій технології, грн/т	480
Витрати при використанні розробки, грн/т	325
Економія на 1 т насіння, грн	155
Річний економічний ефект, грн	12400
Строк окупності, років	1,6
Коефіцієнт економічної ефективності	0,62

У результаті виконаного техніко-економічного обґрунтування встановлено, що розроблений комбінований пристрій для навантаження та протруювання насіння є економічно доцільним. Його застосування дозволяє поєднати дві технологічні операції в одному агрегаті, зменшити витрати праці, скоротити кількість задіяного обладнання та знизити експлуатаційні витрати.

Річний економічний ефект від використання пристрою становить 12400грн, а строк окупності складає приблизно 1,6 року. Отримані результати підтверджують доцільність впровадження розробки в умовах невеликих і середніх сільськогосподарських підприємств.

4.2 Охорона праці

Аналіз умов праці під час експлуатації комбінованого пристрою для навантаження та протруювання насіння

Експлуатація комбінованого пристрою для навантаження та протруювання насіння пов'язана з впливом на працівників комплексу виробничих факторів, які можуть негативно впливати на їх здоров'я та безпеку. Основними небезпечними факторами є рухомі частини шнекового транспортера, обертові елементи приводу, електричний струм, а також хімічні препарати, що використовуються для протруювання насіння. [4, 21]

Під час роботи обладнання існує небезпека потрапляння рук або елементів одягу працівника до зони дії шнека, пасової передачі чи інших рухомих механізмів. Крім того, під час приготування та подачі робочого розчину протруйника можливий контакт персоналу з змішаними речовинами, які можуть викликати подразнення шкіри, слизових оболонок та органів дихання.

До шкідливих виробничих факторів належать також підвищений рівень шуму, запиленість повітря робочої зони, можливість утворення аерозолів протруйника та фізичні навантаження під час виконання допоміжних операцій.

Заходи щодо забезпечення безпеки праці

Для забезпечення безпечної експлуатації комбінованого пристрою необхідно передбачити комплекс організаційних та технічних заходів.

Усі рухомі елементи приводу, включаючи пасову передачу, шківні та кінці валів, повинні бути закриті захисними кожухами. Завантажувальна та вивантажувальна частини шнека повинні мати захисні решітки, які виключають можливість потрапляння сторонніх предметів і рук працівника до робочої зони.

Електрообладнання пристрою повинно відповідати вимогам Правил улаштування електроустановок. Металеві частини обладнання підлягають обов'язковому захисному заземленню. Пускова апаратура повинна забезпечувати швидке відключення електродвигуна в аварійних ситуаціях.

					КРБ.133ГМ5д_41.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Для запобігання негативному впливу протруйників необхідно забезпечити герметичність системи подачі робочого розчину, надійність з'єднань трубопроводів та справність розпилювачів. Приготування робочого розчину слід здійснювати в спеціально відведеному місці з використанням засобів індивідуального захисту.

До роботи з обладнанням допускаються особи не молодше 18 років, які пройшли медичний огляд, вступний та первинний інструктажі з охорони праці, а також навчання безпечним методам роботи.

Засоби індивідуального захисту

Під час роботи з протруйниками працівники повинні бути забезпечені бавовняним спецодягом, гумовими рукавицями, захисними окулярами, респіратором типу РІП-67 або аналогічним, гумовим взуттям.

Після завершення роботи необхідно виконати санітарну обробку рук та відкритих ділянок шкіри, а спецодяг зберігати окремо від особистих речей.

Пожежна безпека

Хоча більшість протруйників не належить до легкозаймистих речовин, на робочому місці повинні виконуватися вимоги пожежної безпеки. Приміщення або майданчик, де експлуатується обладнання, необхідно забезпечити порошковим вогнегасником ВП-5 та ящиком із піском.

Забороняється паління та використання відкритого вогню поблизу місць зберігання протруйників і паливно-мастильних матеріалів. Електрообладнання повинно регулярно перевірятися на справність та відсутність пошкоджень ізоляції.

Запропоновані організаційні та технічні заходи з охорони праці забезпечують безпечну експлуатацію комбінованого пристрою для навантаження та протруювання насіння. Використання захисних кожухів, системи заземлення, засобів індивідуального захисту та дотримання вимог безпеки під час роботи з протруйниками дозволяє мінімізувати ризик виробничого травматизму та створити безпечні умови праці для обслуговуючого персоналу.

					КРБ.133ГМ5д_41.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

4.3 Охорона навколишнього середовища

Сучасне сільськогосподарське виробництво повинно забезпечувати не лише отримання високих урожаїв, але й раціональне використання природних ресурсів та збереження навколишнього природного середовища. Одним із важливих напрямів екологізації аграрного виробництва є впровадження сучасних технічних засобів, які дозволяють зменшити негативний вплив виробничих процесів на ґрунт, атмосферне повітря, водні ресурси та живі організми.

Під час експлуатації комбінованого пристрою для навантаження та протруювання насіння основними джерелами потенційного негативного впливу на навколишнє середовище є протруйники, пил насінневого матеріалу, залишки робочих розчинів та відходи, що утворюються в процесі обробки насіння.

Особливу небезпеку становлять прогнатовальні препарати, які містять біологічно активні речовини. При недотриманні правил їх використання можливе забруднення ґрунту, поверхневих та підземних вод, а також негативний вплив на корисні організми. Тому під час виконання робіт необхідно забезпечувати суворе дотримання технологічних регламентів та екологічних вимог. [21]

Одним із факторів впливу на навколишнє середовище є також запилення повітря під час переміщення насіння. Дрібнодисперсний пил може перенестися повітряними потоками за межі робочої зони та погіршувати санітарний стан території підприємства.

Заходи щодо зменшення негативного впливу на довкілля.

Для зменшення негативного впливу роботи пристрою на навколишнє середовище в конструкції передбачено закритий кожух шнекового транспортера та герметичну систему подачі протруювальної рідини. Це дозволяє мінімізувати втрати препарату та запобігти його потраплянню у навколишнє середовище.

Під час приготування робочого розчину необхідно використовувати спеціально обладнані майданчики з твердим покриттям, які виключають

					КРБ.133ГМ5д_41.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

проникнення препаратів у ґрунт. Залишки протруйників та промивні води повинні збиратися у спеціальні ємності та утилізуватися відповідно до чинних екологічних вимог.

Для зниження запиленості рекомендується використовувати насіння, попередньо очищене від домішок, а також підтримувати справність усіх ущільнень і захисних елементів конструкції.

Забороняється зливати залишки робочих розчинів у водойми, каналізацію або на поверхню ґрунту. Усі роботи з протруйниками необхідно виконувати відповідно до інструкцій виробника та вимог чинного законодавства України.

Раціональне використання природних ресурсів.

Важливим напрямом охорони навколишнього середовища є раціональне використання енергетичних і матеріальних ресурсів. Розроблений комбінований пристрій дозволяє поєднати операції навантаження та протручування насіння в одному агрегаті, що сприяє зменшенню енергоспоживання порівняно з використанням двох окремих машин.

Застосування електродвигуна потужністю 0,55 кВт забезпечує низькі витрати електроенергії та зменшує навантаження на енергетичні ресурси підприємства. Крім того, скорочення кількості технологічних операцій сприяє зниженню матеріальних витрат і підвищенню загальної ефективності виробництва.

Раціональне використання протруйників досягається завдяки рівномірному їх нанесенню на поверхню насіння. Це дозволяє уникнути перевитрат препаратів і зменшити кількість шкідливих речовин, які можуть потрапити в навколишнє середовище.

Поводження з відходами виробництва.

Під час експлуатації пристрою можуть утворюватися відходи у вигляді пилу, залишків насіння, використаної тари з-під протруйників та непридатних залишків робочого розчину.

					КРБ.133ГМ5д_41.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Порожня тара після використання препаратів повинна збиратися окремо та передаватися спеціалізованим підприємствам для подальшої утилізації. Використання такої тари для господарських потреб категорично забороняється.

Залишки насіння після протруювання повинні використовуватися лише за прямим призначенням і не допускаються до використання в кормових або харчових цілях. Відходи насіннєвого матеріалу підлягають утилізації відповідно до санітарних та екологічних вимог.

Отже, розроблений комбінований пристрій для навантаження та протруювання насіння відповідає сучасним вимогам щодо охорони навколишнього середовища. Використання герметичної системи подачі протруйника, закритого шнекового транспортера та раціональне використання енергетичних ресурсів дозволяють мінімізувати негативний вплив на довкілля.

Запропоновані природоохоронні заходи забезпечують захист ґрунтів, атмосферного повітря та водних ресурсів від забруднення, сприяють раціональному використанню матеріальних ресурсів і відповідають принципам екологічно безпечного ведення сільськогосподарського виробництва.

					КРБ.133ГМ5д_41.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

ВИСНОВКИ

У роботі вирішено актуальне інженерне завдання, пов'язане з підвищенням ефективності передпосівної підготовки насіння шляхом розробки конструкції комбінованого пристрою для навантаження та протруювання насіння.

У результаті виконання роботи проведено аналіз сучасних технологій підготовки насіннєвого матеріалу та існуючих конструкцій завантажувачів і протруювачів насіння. Встановлено, що більшість технічних засобів виконує лише одну технологічну операцію, що призводить до збільшення витрат часу, використання додаткового обладнання та підвищення собівартості виконання робіт.

На підставі проведеного аналізу обґрунтовано напрям удосконалення машин для підготовки насіння до сівби та розроблено конструкцію комбінованого пристрою, який забезпечує одночасне навантаження та протруювання насіннєвого матеріалу в одному технологічному процесі. Запропоноване технічне рішення дозволяє скоротити кількість технологічних операцій, зменшити число перевантажень насіння та підвищити продуктивність роботи.

Виконано опис конструкції та принципу роботи пристрою, а також проведено необхідні інженерні розрахунки його основних вузлів. Для шнекового робочого органу прийнято зовнішній діаметр 70 мм, діаметр вала 25 мм та крок шнека 70 мм. Визначено, що експлуатаційна продуктивність пристрою становить близько 0,41 т/год, що забезпечує ефективне виконання процесу протруювання насіння в умовах фермерських і невеликих сільськогосподарських підприємств.

Розроблено технологічний процес виготовлення деталі «Секція шнека», виконано аналіз її технологічності, обґрунтовано вибір заготовки, обладнання, інструменту та технологічного оснащення. Розрахунок коефіцієнта використання матеріалу підтвердив економічність запропонованої технології виготовлення.

					КРБ.133ГМ5д_41.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

У результаті техніко-економічного обґрунтування встановлено, що вартість виготовлення пристрою становить близько 20 тис. грн. Використання розробленої конструкції забезпечує зниження експлуатаційних витрат під час підготовки насіння до сівби та дозволяє отримати річний економічний ефект близько 12,4 тис. грн. Розрахунковий строк окупності становить 1,6 року, що свідчить про економічну доцільність впровадження розробки у виробництво.

У роботі також розроблено заходи з охорони праці та охорони навколишнього середовища, спрямовані на забезпечення безпечної експлуатації обладнання, захист працівників від впливу виробничих факторів і мінімізацію негативного впливу на довкілля.

Отже, поставлена мета кваліфікаційної роботи досягнута, а розроблений комбінований пристрій для навантаження та протруювання насіння є технічно обґрунтованим, економічно ефективним та може бути рекомендований до впровадження в сільськогосподарських підприємствах різних форм власності.

					КРБ.133ГМ5д_41.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Адамчук В. В., Булгаков В. М., Мазоренко Д. І. Передпосівна підготовка насіння зернових культур: теорія і практика. Харків : ХНТУСГ, 2021. 268 с.
2. Войтюк Д. Г., Яроуд В. М., Тищенко Л. М. Сільськогосподарські машини. Суми. Університетська книга, 2022. 544 с.
3. Гевко Р. Б., Клендій М. Б., Рогатинська О. Р. Теоретичні основи проектування шнекових транспортерів. Чернопіль : ТНТУ, 2020. 196 с.
4. Дейкун В. А., Історілець В. Г. Механізація протруювання насіння: сучасний стан і перспективи. Вісник аграрної науки. 2023. № 3. С. 45–52.
5. Забродський В. М., Марченко О. С. Комбіновані машини для підготовки насінневого матеріалу: огляд конструкцій. Техніка і технології АПК. 2022. № 2. С. 18–25.
6. Кравченко В. І., Скирда О. А. Удосконалення конструкцій протруювачів насіння безперервної дії. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. 2021. Вип. 51. С. 67–74.
7. Лісовий В. Г., Шиян П. Л. Дослідження рівномірності нанесення протруйника шнековим змішувачем. Науковий вісник НУБПІ України. 2023. № 305. С. 91–99.
8. Мовчан В. О., Хорошун Б. В. Розрахунок продуктивності шнекового транспортера для зернових матеріалів. Вісник Харківського НТУ сільськогосподарства. 2022. № 233. С. 112–120.
9. Ніколаєнко С. М., Дмитрів В. Т. Аналіз травмування насінневого матеріалу під час шнекового транспортування. Збірник наукових праць ПДАТУ. 2021. Вип. 29. С. 130–138.
10. Олексієнко В. О., Кузьменко О. М. Обґрунтування параметрів клинопасової передачі для привода насінневих машин. Техніка і технології АПК. 2023. № 5. С. 32–38.

					КРБ.133ГМ5д_41.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

11. Ромась М. В., Кутковець В. С. Проектування пристроїв для обробки насінневого матеріалу: конструктивно-технологічні рішення. Науково-технічний бюлетень МДАУ. 2020. № 123. С. 57–64.

12. Сало В. М., Леценко С. М., Говоруненко С. Я. Шнекові робочі органи сільськогосподарських машин: проектування та розрахунок. Кіровоград : КНТУ, 2020. 184 с.

13. Хорошун В. В., Чигрин А. В. Визначення оптимальних параметрів змішувача протруювача насіння. Вісник Сумського НАУ. 2022. Вип. 10 (52). С. 44–51.

14. Ярмівич О. Б., Кривенко А. П. Аналіз технологій передпосівної обробки насіння зернових і зернобобових культур. Агропромислове виробництво Полісся. 2021. № 14. С. 78–85.

15. Ятченко О. Ф., Онищенко В. О. Підвищення ефективності завантажувачів насінневого матеріалу шляхом удосконалення конструкції шнекового вузла. Вісник ПДАТУ. 2023. Вип. 31. С. 186–194.

16. Bulgakov V., Holovach I., Chernovol M. Combined loading and treatment device for seed materials: design principles. Agricultural Engineering International: CIGR Journal. 2022. Vol. 24, No. 2. P. 11–19.

17. Grigoriev A. M., Kovalev N. G. Efficiency of combined seed-treatment auger conveyors. Biosystems Engineering. 2021. Vol. 207. P. 123–131. DOI: 10.1016/j.biosystemseng.2021.04.012.

18. Ivanova T., Slobodian S. Optimization of screw conveyor geometry for minimizing seed damage. Journal of Agricultural Machinery Science. 2023. Vol. 19, No. 1. P. 33–41.

19. Kachanova O., Melnyk I. Performance evaluation of continuous-action seed treaters in field conditions. Agronomy Research. 2022. Vol. 20, No. 3. P. 875–885. DOI: 10.15159/AR.22.085

20. Piven M., Bondar A., Skrypnyk A. Design of a combined seed loader-treater unit for small farms. Applied Engineering in Agriculture. 2021. Vol. 37, No. 4. P. 651–659. DOI: 10.13031/aea.14388.

					КРБ.133ГМ5д_41.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

21. Shkinder-Barmina A., Radko I. Influence of seed treatment parameters on germination and field emergence. Ukrainian Journal of Ecology. 2022. Vol. 12, No. 1. P. 114–121. DOI: 10.15421/2022_15.

22. Tsyvenkova N., Marchenko O. Current trends in mechanization of pre-sowing seed treatment: a review. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2023. Vol. 2/1 (122). P. 47–57. DOI: 10.15587/1729-4061.2023.275483.

23. Yakovlieva A. V., Nahorni O. Hydraulic drive selection for seed-treatment machines. Ukrainian Food Journal. 2020. Vol. 9, No. 4. P. 786–797. DOI: 10.24263/2304-974X-2020-9-4-9.

24. Znaeshev O., Moroz S. Belt and chain transmissions in agricultural machinery: energy efficiency analysis. Agricultural Engineering. 2022. Vol. 26, No. 3. P. 205–214. DOI: 10.35765/ae.2022.2603.15.

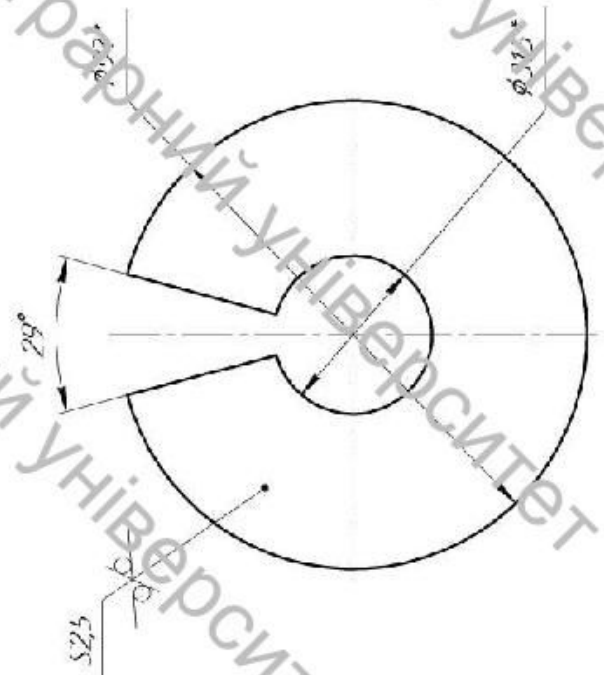
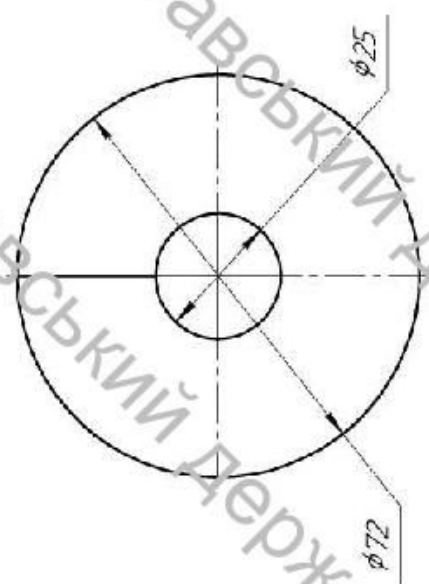
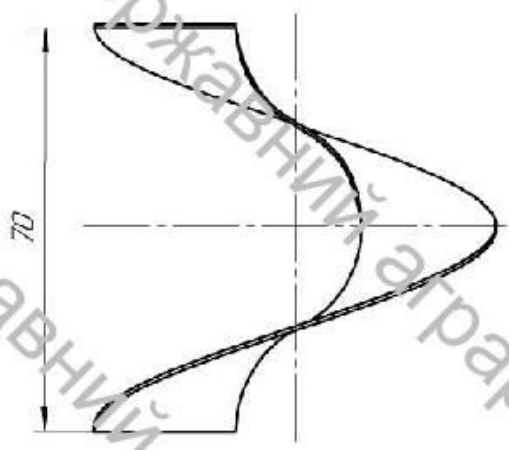
25. Keybasa V., Holubenko A. Simulation of seed flow in combined loading-treating conveyors. Computers and Electronics in Agriculture. 2023. Vol. 205. Article 107630. DOI: 10.1016/j.compag.2023.107630.

					КРБ.133ГМ5д_41.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

ДОДАТКИ

					КРБ.133ГМ5д_41.01.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

√ Ra 6.3 (N)



1. Невжинська державна аграрна університет – НУАУ, вулиця – 114.
- індекс – ±17 14/2
2. * Розмір для об'єкта

13371052_410100000002		№ запису	№ документа	Дата	Місяць	Рік
Секція Шпечка		1	0.2	11		
Стале 45 ДСТУ 7809:2015		Автори 1	Автори 2	Автори 3	ПДАУ, каф. МЕ	
Зм. Аук. № 2/2018	Год. за. Дата					
Розробка: Шпечка В.П.						
Перевірив: Шпечка В.П.						
Технік: Шпечка В.П.						
Висновок: Шпечка В.П.						
Затвердив: Шпечка В.П.						

13371052_410100000002