ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломного проекту

ступеня вищої освіти «Бакалавр» на тему:

Удосконалення технології очистки насіння трав з модернізацією вібросепаратора

Виконав: студент 4 курсу, групи АІ-2-22 за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____Ковалик Віктор Олексійович

Керівник: _____ Кобець Олександр Миколайович

Рецензент: _____ _____

Дніпро - 2026

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

ТСГМ

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

_____ Теслюк Г.В.

(підпис) (прізвище, ініціали)

«____» _____ 2026 р.

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ

Ковалику Віктору Олексійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Удосконалення технології очистки насіння трав з модернізацією вібросепаратора

керівник роботи Теслюк Геннадій Володимирович, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

«05» травня 2026 року № 912

2. Строк подання студентом роботи 05.06.2026 р.

3. Вихідні дані до проєкту Оцінка стану рослинницького виробництва та вивчення наявних конструкцій робочих органів вібраційних сепараторів. Аналіз інформаційних джерел, наукових публікацій і новітніх розробок за обраним напрямом дослідження.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). 1. Аналіз роботи та характеристика підприємства. 2. Огляд існуючих конструкцій очисних машин. 3. Обґрунтування схеми вдосконаленого вібросепаратора. 4. Охорона праці та захист навколишнього середовища. 5. Техніко-економічна оцінка проєкту. Висновки та пропозиції. Бібліографія.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 1.Лінія очистки насіння. 2. Вібросепаратор. 3. Стан решітний 4. Деталювання. 5. Економіка.

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-5	Кобець О.М., доцент		
нормоконтроль	Золотовська О.В., доцент		

7. Дата видачі завдання: 10.02.2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 15.03.2026	
2	Технологічний	до 08.04.2026	
3	Конструкційний	до 15.04.2026	
4	Охорона праці	до 25.04.2026	
5	Економічний	до 05.05.2026	
6	Графічна частина	до 25.05.2026	

Студент _____ Ковалик В.О.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Кобець О.М..
(підпис) (прізвище та ініціали)

№строк	Формат	Позначення	Найменування	Кільк. листів	Номер листа	Примітка
			Документація			
	А1	52.ДП. 122. 000. 000.ПЗ	Розрахунково - пояснювальна	68		
			записка			
	А1	52.ДП. 122. 000.001. ОК	Лінія очистки насіння	1	2	
	А1	52.ДП. 122. 000. 002. ВЗ	Вібросепаратор	1	1	
	А1	52.ДП. 122. 000. 003. СК	Стан решітний	1	4	
	А3	52.ДП. 122. 000. 004.	Шків	1	5	
	А3	52.ДП. 122. 000. 005. СК	Вал-ексцентрик	1	5	
	А4	52.ДП. 122.000. 006.	Втулка	1	5	
	А4	52.ДП. 122.000. 007.	Штовхач	1	5	
	А4	52.ДП. 122.000. 008.	Пружина	1	5	
	А4	52.ДП. 122.000. 009.	Вісь	1	5	
	А1	52.ДП. 122.000. 010.Е	Економіка	1	6	

					52.ДП.122.000.000.ПЗ
Зм	Лист	№ докум	Підпис	Дата	
Розроб.		Ковалик В.О			Відомость дипломного проєкту
Перев.		Кобець О.М			
Н.Контр.		Золотовська О			
Затв.		Теслюк Г.В.			

Літ	Лист	Листів
І		

ДДАЕУ

АНОТАЦІЯ

Ковалик В.О. Удосконалення технології очистки насіння трав з модернізацією вібросепаратора / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». - ДДАЕУ, Дніпро, 2026.

У дипломному проєкті розглянуто питання вдосконалення вібросепараторної машини для очищення насіння трав'яних культур. Проведено аналіз роботи ФГ «ГНАТ», розташованого в с. Адамівка Дніпропетровської області, охарактеризовано структуру посівних площ, машинно-тракторний парк і потребу господарства в якісній післязбиральній доробці насіннєвого матеріалу.

У роботі проаналізовано існуючі машини для очищення та сортування насіння, обґрунтовано доцільність модернізації вібросепаратора, виконано технологічні й кінематичні розрахунки решітного стана. Розглянуто питання охорони праці та захисту навколишнього середовища під час експлуатації машини. За результатами техніко-економічних розрахунків встановлено, що впровадження вдосконаленої машини забезпечує річний економічний ефект 68507 грн при терміні окупності 0,12 року.

Ключові слова: вібросепаратор, насіння трав, люцерна, очищення насіння, решітний стан, сепарація, післязбиральна доробка, економічна ефективність.

ЗМІСТ

ВСТУП..... 8
1. АНАЛІЗ РОБОТИ ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА ФГ «ГНАТ» 10
1.1. Загальна характеристика та місце розташування господарства..... 10
1.2. Структура посівних площ і виробнича спеціалізація..... 10
1.3. Машинно-тракторний парк господарства 12
1.4. Аналіз технологічного процесу виробництва та урожайність культур.... 14
Висновок по розділу 16
2. ОГЛЯД МАШИН ДЛЯ ОЧИСТКИ НАСІННЯ ТРАВ'ЯНИХ КОРМОВИХ КУЛЬТУР..... 17
2.1 Повітряно-решітні машини ОВС-25 і ЗАВ..... 17
2.2 Закордонні машини-аналоги..... 21
2.3 Машини вторинного очищення, трієри та пневмостоли 22
2.4 Обґрунтування технології очищення насіння трав..... 25
Висновки по розділу 27
3. ОГРУНТУВАННЯ СХЕМИ ТА КОНСТРУКЦІЇ МОДЕРНІЗОВАНОЇ ВІБРАЦІЙНОЇ МАШИНИ ОЧИСТКИ НАСІННЯ ТРАВ 28
3.1. Принцип роботи модернізованої вібраційної машини..... 28
3.2. Конструктивні розрахунки параметрів модернізованої вібраційної машини 30
3.3. Технологічний розрахунок вібраційної насіннеочисної машини 36
3.3.1 Визначення сумарної площі решіт 38
3.3.2. Визначення теоретичної продуктивності решітного стана 38
3.3.3. Визначення коефіцієнта використання решітної поверхні..... 39
3.3.4 Питоме навантаження на решітку поверхню 40
3.3.5 Час перебування матеріалу на решеті..... 40
3.4. Кінематичний розрахунок коливального руху решітного стана..... 41
3.4.1 Визначення кутової швидкості коливань 42

3.4.2. Визначення коефіцієнта вібраційного режиму 44
Висновки по розділу 46
4. БЕЗПЕКА ПРАЦІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ЗАХОДИ ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВІБРОСЕПАРАТОРА 47
4.1. Загальні вимоги безпеки під час експлуатації вібросепаратора 47
4.2. Небезпечні та шкідливі фактори і заходи їх зменшення 48
4.3. Безпека під час технічного обслуговування та електробезпека 48
4.4. Захист навколишнього середовища під час роботи вібросепаратора 49
Висновок по розділу 50
5. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ 51
Висновок по розділу 57
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ 58
БІБЛІОГРАФІЯ 60
ДОДАТКИ 63

ВСТУП

Одним із пріоритетних напрямів розвитку аграрного сектору України є збільшення обсягів виробництва продукції тваринництва. Досягнення цієї мети нерозривно пов'язане з подальшим удосконаленням галузі, її інтенсифікацією та впровадженням сучасних індустріальних технологій. Разом із тим ефективне ведення високомеханізованого тваринництва можливе лише за умови повного забезпечення тварин достатньою кількістю якісних, збалансованих і поживних кормів.

Важливе значення для підвищення ефективності тваринницької галузі має зміцнення кормової бази та зниження собівартості кормів. Саме це створює передумови для зменшення витрат на виробництво продукції тваринництва. У зв'язку з цим особливу увагу слід приділяти підвищенню якості кормів усіх видів. Одним із головних шляхів розв'язання цього питання є розширення посівних площ під високобілковими кормовими культурами, зокрема горохом, люцерною, конюшиною, люпином, соєю, ріпаком та іншими. Не менш важливим є також підвищення врожайності кормових культур і продуктивності природних кормових угідь.

На території України вирощують значну кількість кормових рослин і використовують різноманітні типи кормових угідь. Серед найдешевших джерел кормів важливе місце займають природні луки та пасовища. Проте в загальному кормовому балансі частка кормів, отриманих із природних сінокосів і пасовищ, залишається порівняно невеликою і становить близько 30 %. Тому одним із важливих завдань є підвищення їх продуктивності. Цього можна досягти завдяки правильному використанню, а також проведенню заходів з їх поліпшення. Так, поверхневе поліпшення природних сінокосів і пасовищ забезпечує збільшення збору кормів у 2-3 рази, а корінне поліпшення дає змогу підвищити врожайність у 4-6 разів і більше. Створення зрошуваних пасовищ, у свою чергу, дозволяє

підвищити їх продуктивність у декілька разів порівняно з природним станом.

Подальший розвиток польового кормовиробництва та підвищення його ефективності повинні здійснюватися за кількома основними напрямами. Насамперед це вдосконалення структури посівних площ, зростання врожайності кормових культур, а також застосування повторних і ущільнених посівів.

Удосконалення структури посівів кормових культур передбачає науково обґрунтований добір видів і сортів рослин з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов певного регіону, а також заміну малопродуктивних культур більш урожайними. Практичний досвід свідчить, що раціональна структура посівів у поєднанні з дотриманням сучасних агротехнічних вимог дає можливість підвищити врожайність зернових і зернобобових культур у 2,5-3 рази, а багаторічних і однорічних трав - у 2-2,7 рази.

Відчутним резервом нарощування обсягів виробництва кормів є також застосування ущільнених і повторних посівів. Їх використання сприяє більш повному використанню земельних ресурсів та дозволяє підвищити продуктивність кожного гектара на 20-40 %.

Отже, формування міцної кормової бази є складним і багатогранним завданням, яке потребує комплексного та науково обґрунтованого підходу. Кормовиробництво як окрема галузь аграрної науки має важливе значення, оскільки його основним завданням є розроблення теоретичних засад і практичних заходів для одержання високих і стабільних урожаїв кормових культур у різних ґрунтово-кліматичних умовах, як у польовому землеробстві, так і на природних сінокосах і пасовищах. Саме на цій основі можливе створення надійної, ефективної та динамічно розвиненої кормової бази, що є необхідною умовою успішного розвитку тваринництва.

1. АНАЛІЗ РОБОТИ ТА ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА ФГ «ГНАТ»

1.1. Загальна характеристика та місце розташування господарства

Фермерське господарство «ГНАТ» розташоване в селі Адамівка Дніпропетровської області. Господарство спеціалізується переважно на виробництві продукції рослинництва та обробляє близько 940 га сільськогосподарських угідь. За розміром земельного фонду підприємство можна віднести до господарств середнього типу, для яких важливе значення має раціональне використання землі, техніки, трудових ресурсів і матеріально-технічної бази.

Природно-кліматичні умови району розташування господарства характерні для степової зони України. Для цієї території властиві спекотне літо, нестійке зволоження, нерівномірний розподіл опадів протягом року та періодичні посушливі явища. Такі умови вимагають своєчасного виконання польових робіт, збереження вологи в ґрунті, правильного добору культур і використання якісного посівного матеріалу.

Основними технологічними процесами у господарстві є основний і передпосівний обробіток ґрунту, сівба, внесення добрив, догляд за посівами, захист рослин, збирання врожаю та післязбиральна доробка продукції. Особливе значення має очищення і сортування насіннєвого матеріалу, оскільки від цього залежить якість підготовленого насіння, його схожість, збереженість та придатність до подальшого використання.

1.2. Структура посівних площ і виробнича спеціалізація

ФГ «ГНАТ» має рослинницький напрям спеціалізації. Основними культурами, які вирощуються у господарстві, є озима пшениця, соняшник, кукурудза на зерно, ячмінь ярий, горох і люцерна (рис.1.1.). Такий набір культур є типовим для господарств Дніпропетровської області, оскільки

дає змогу поєднувати виробництво зернових, технічних, зернобобових і кормових культур.

Люцерна займає орієнтовно 10 га. Вона має важливе значення як кормова та ґрунтополіпшувальна культура. Крім використання на зелений корм, сіно або сінаж, люцерна може вирощуватися на насіння. У цьому випадку особливо важливим є якісне очищення насіннєвого матеріалу, оскільки насіння трав'яних культур має малі розміри, неоднорідний склад і часто містить дрібні та важковідокремлювані домішки.

Для наочного відображення розподілу земельного фонду господарства за культурами структуру посівних площ доцільно подати у вигляді графіка. Це дозволяє швидко оцінити, які культури займають найбільшу частку у виробничій діяльності підприємства, а також показати місце кормових культур у сівозміні.

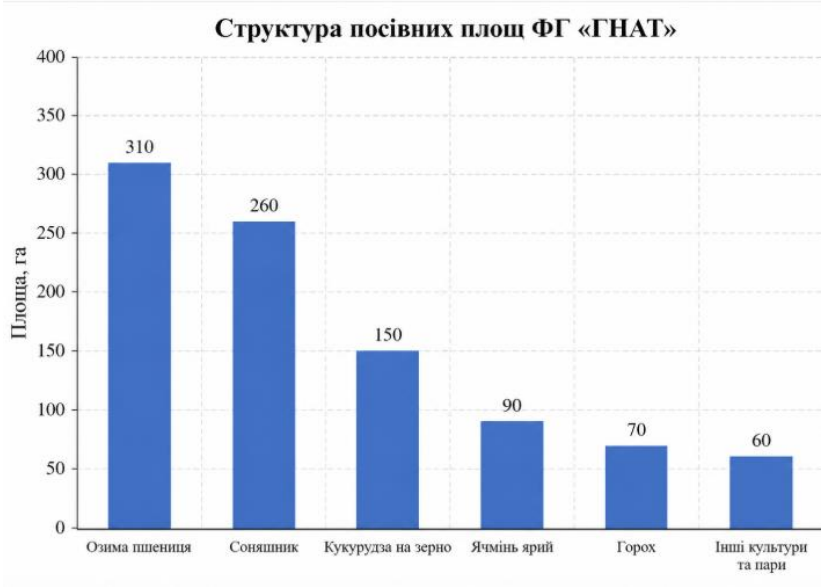


Рис. 1.1. Структура посівних площ ФГ «ГНАТ»

З рисунка 1.1 видно, що найбільшу площу в господарстві займає озима пшениця - 310 га. Значні площі відведено під соняшник - 260 га та кукурудзу на зерно - 150 га. Площа під ячменем ярим становить 90 га, під горохом - 70 га, під люцерною - 10 га, а під іншими культурами та парами - близько 50 га. Така структура посівів свідчить про зерно-технічну

спеціалізацію господарства з частковим включенням зернобобових і кормових культур.

Переважання озимої пшениці, соняшнику та кукурудзи пояснюється їх стабільним попитом на ринку та відпрацьованою технологією вирощування. Наявність гороху та люцерни позитивно впливає на сівозміну, оскільки ці культури сприяють покращенню азотного режиму ґрунту та можуть бути добрими попередниками для зернових культур.

1.3. Машинно-тракторний парк господарства

Ефективність роботи ФГ «ГНАТ» значною мірою залежить від забезпеченості господарства сільськогосподарською технікою. Для обробітку площі близько 940 га підприємство повинно мати достатню кількість тракторів, ґрунтообробних машин, сівалок, обприскувачів, збиральної техніки, транспортних засобів та обладнання для післязбиральної доробки врожаю.

Машинно-тракторний парк використовується протягом усього виробничого сезону. Навесні основне навантаження припадає на трактори, культиватори, сівалки та обприскувачі. У літній період техніка задіюється для догляду за посівами й захисту рослин. Під час збирання врожаю найбільш інтенсивно використовуються зернозбиральні комбайни, тракторні причепи, вантажні автомобілі та зерноочисне обладнання.

Орієнтовний склад машинно-тракторного парку ФГ «ГНАТ» наведено в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Машинно-тракторний парк ФГ «ГНАТ»

Найменування техніки	Марка машини	Кількість, шт.	Призначення
Трактор енергонасичений	John Deere 8310 / аналог	1	Виконання енергоємних ґрунтообробних робіт
Трактор універсально-просапний	МТЗ-82 / аналог	2	Сівба, культивація, транспортні роботи

Трактор середнього класу	New Holland / Case / аналог	1	Агрегатування з сівалками, обприскувачем і причепами
Дискова борона	БДВП / БДТ / аналог	2	Лущення стерні, передпосівний і поверхневий обробіток
Культиватор	КПС / аналог	1	Передпосівний обробіток ґрунту
Сівалка зернова	СЗ / Great Plains / аналог	1	Сівба зернових і зернобобових культур
Сівалка просапна	УПС / Kinze / аналог	1	Сівба соняшнику та кукурудзи
Обприскувач	ОП-2000 / причіпний аналог	1	Внесення засобів захисту рослин
Зернозбиральний комбайн	CLAAS / John Deere / аналог	1	Збирання зернових, зернобобових і технічних культур
Тракторні причепи	2ПТС / НТС / аналог	3	Перевезення зерна, насіння та матеріалів
Вантажний автомобіль	ЗІЛ / КамАЗ / аналог	1	Транспортування продукції та вантажів
Зерноочисна машина / сепаратор	ОВС / СМ / вібросепаратор	1	Очищення та сортування зерна і насіння

Наведений склад техніки є орієнтовним, однак він відображає основні потреби господарства для виконання польових і післязбиральних робіт. Для площі 940 га особливо важливо, щоб машини мали достатню продуктивність і могли забезпечити виконання технологічних операцій у стислі агротехнічні строки.

У складі машинно-тракторного парку важливе місце займає техніка для післязбиральної доробки продукції. Після збирання зерно та насіннєвий матеріал містять домішки, пил, рослинні рештки, щупле насіння та інші небажані включення. Для зернових культур можуть застосовуватися повітряно-решітні зерноочисні машини, однак для дрібнонасінних і трав’яних культур потрібне більш точне очищення й сортування.

Оскільки у структурі посівів господарства є люцерна, питання якісної підготовки насіння трав’яних культур є актуальним. Насіння люцерни має невеликі розміри, а після збирання часто містить дрібні, легкі та важковідокремлювані домішки. Саме тому вдосконалення

вібросепараторної машини для очищення насіння трав’яних культур є доцільним напрямом підвищення ефективності технічного забезпечення господарства.

1.4. Аналіз технологічного процесу виробництва та урожайність культур

Виробничий процес у ФГ «ГНАТ» включає повний комплекс механізованих робіт, які виконуються протягом року. До основних операцій належать обробіток ґрунту, сівба, внесення добрив, догляд за посівами, захист рослин, збирання врожаю та післязбиральна доробка продукції. Кожна з цих операцій повинна виконуватися у встановлені агротехнічні строки.

Післязбиральна доробка є важливим етапом технологічного процесу. Вона передбачає очищення, сортування, за потреби сушіння та підготовку продукції до зберігання або реалізації. Для насіння трав’яних культур цей етап має особливе значення, оскільки від якості очищення залежить схожість, посівна придатність і збереженість насіннєвого матеріалу.

Використання вдосконаленої вібросепараторної машини дозволяє підвищити якість очищення насіння за рахунок більш ефективного відокремлення дрібних і крупних домішок, зменшення забивання решіт та стабільнішого переміщення матеріалу по решітній поверхні. Це сприяє покращенню фракційного складу насіння і зменшенню втрат кондиційного матеріалу.

Для оцінки ефективності роботи підприємства доцільно проаналізувати урожайність основних культур за останні роки. Урожайність залежить від погодних умов, якості посівного матеріалу, системи удобрення, рівня захисту рослин, строків виконання технологічних операцій і технічного забезпечення.

Динаміку урожайності основних культур у ФГ «ГНАТ» за 2023-2025 роки подано на рисунку 1.2.

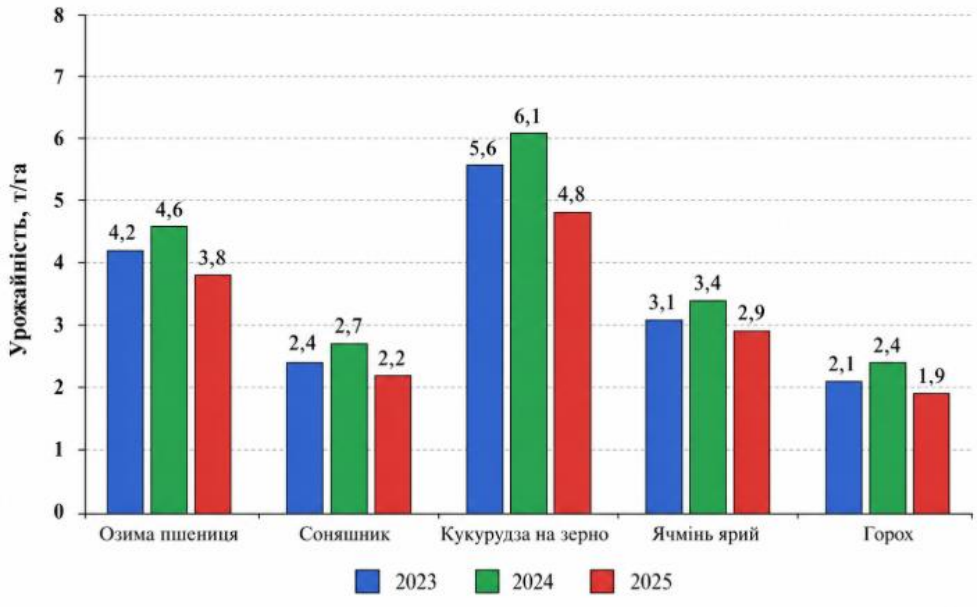


Рис. 1.2. Урожайність основних культур у ФГ «ГНАТ» за 2023-2025 рр.

Аналіз рисунка 1.2 показує, що найвищі показники урожайності більшості культур спостерігалися у 2024 році. Урожайність озимої пшениці становила 4,6 т/га, соняшнику - 2,7 т/га, кукурудзи на зерно - 6,1 т/га, ячменю ярого - 3,4 т/га, гороху - 2,4 т/га. У 2025 році урожайність знизилася майже за всіма культурами, що може бути пов’язано з менш сприятливими погодними умовами, насамперед із недостатнім вологозабезпеченням у період вегетації.

Урожайність люцерни як трав’яної кормової культури залежить від стану травостою, вологості ґрунту, строків збирання та якості насіннєвого матеріалу. При вирощуванні люцерни на насіння важливо не лише отримати врожай, а й забезпечити його якісне очищення та сортування.

Аналіз роботи ФГ «ГНАТ» показує, що господарство має достатній земельний потенціал і виконує повний комплекс механізованих робіт з вирощування основних сільськогосподарських культур. Водночас важливим напрямом підвищення ефективності виробництва є вдосконалення післязбиральної доробки продукції, особливо насіння трав’яних культур.

Насіння люцерни та інших трав’яних культур відрізняється малими розмірами, неоднорідністю фракційного складу та наявністю дрібних, легких і важковідокремлюваних домішок. У разі недостатньо якісного очищення знижується посівна придатність матеріалу, збільшуються втрати кондиційного насіння, погіршується зберігання і зменшується ефективність подальшого використання насіння.

Вдосконалена вібросепараторна машина дає можливість покращити процес розділення матеріалу на фракції, підвищити чистоту готового насіння, зменшити забивання решіт і забезпечити стабільніший технологічний процес. Тому її застосування є доцільним для умов ФГ «ГНАТ», де поряд із зерновими й технічними культурами вирощується люцерна.

Висновок по розділу

ФГ «ГНАТ» розташоване в селі Адамівка Дніпропетровської області та обробляє близько 940 га сільськогосподарських угідь. Господарство має рослинницьку спеціалізацію, вирощує зернові, технічні, зернобобові та кормові культури, зокрема люцерну на площі близько 10 га. Аналіз структури посівів, машинно-тракторного парку та технологічного процесу показує, що важливим напрямом підвищення ефективності роботи підприємства є якісна післязбиральна доробка насіннєвого матеріалу. У зв’язку з цим удосконалення вібросепараторної машини для очищення насіння трав’яних культур є обґрунтованим і доцільним для умов даного господарства.

2. ОГЛЯД МАШИН ДЛЯ ОЧИСТКИ НАСІННЯ ТРАВ'ЯНИХ КОРМОВИХ КУЛЬТУР

2.1 Повітряно-решітні машини ОВС-25 і ЗАВ

Очищення насіння трав'яних кормових культур є важливим етапом післязбиральної доробки, від якого залежать посівні якості насіннєвого матеріалу, його чистота, схожість, енергія проростання та придатність до подальшого зберігання. Насіння багатьох кормових трав має малі розміри, невелику масу, неправильну форму, опушення, остюки або плівчасті оболонки, тому процес його очищення є складнішим, ніж очищення зерна традиційних польових культур.

Для розділення насіннєвого вороху використовують машини, що працюють за різними фізичними ознаками: аеродинамічними властивостями, геометричними розмірами, довжиною, формою, масою та густиною насінин. У практиці насінництва найчастіше застосовують повітряно-решітні машини, машини вторинного очищення, трієри, пневмостоли та спеціалізовані закордонні аналоги з підвищеною точністю сепарації.

До найпоширеніших машин попереднього очищення належать повітряно-решітні машини типу ОВС-25 (рис.2.1.) та агрегати типу ЗАВ. У цих машинах насіннєвий ворох спочатку проходить через повітряний потік, де відокремлюються легкі домішки, а потім надходить на решітні стани, де суміш поділяється за розмірами. Їх перевагами є універсальність, достатньо висока продуктивність і відносна простота конструкції. Недоліком є обмежена ефективність під час тонкого очищення дрібного насіння трав.



Рис. 2.1. Машина повітряно-решітна ОВС-25

Віброгрохоти коливального типу серії «ПРОГРЕС» належать до обладнання, яке застосовують для механічного сортування сипких матеріалів. Їх використовують для контрольного просіювання зернової маси, поділу продукту на окремі фракції за розміром частинок, а також для відокремлення дрібних домішок і пилоподібних включень із зернових продуктів. Такі машини забезпечують підвищення якості очищення та підготовки матеріалу до подальшої переробки або зберігання.



Рис.2.2. Віброгрохот коливального типу серії ПРОГРЕС

а- вигляд загальний; б - схема роботи віброгрохота

При технологічному процесі зерновий ворох безперервним потоком подається в центральну частину верхнього сита, після чого рівномірно розподіляється по його поверхні у напрямку від центра до країв. Найдрібніші частинки проходять крізь отвори сита ближче до центральної зони, тоді як більші переміщуються далі - до периферії. Рух матеріалу відбувається по спіральній траєкторії, причому швидкість його переміщення зростає зі збільшенням відстані від центра сита. Завдяки цьому через отвори проходять саме ті частинки, розміри яких відповідають розмірам отворів сита. Насіння, віднесене до певної фракції, відводиться через бічні виходи віброгрохоту. Подібний процес послідовно повторюється на кожному ситі машини.

За допомогою спеціального графічного пристрою траєкторію руху коливного грохоту фіксують на папері у формі еліпса, після чого виконують її вимірювання. Одержані дані в будь-який час можна використати для подальшого контролю роботи машини та внесення необхідних змін у параметри віброгрохоту.

Вітчизняна компанія «Вібросепаратор» також спеціалізується на виготовленні зернових вібровідцентрових сепараторів серії БЦСМ та їхніх конструктивних модифікацій. Залежно від виконання, таке обладнання забезпечує продуктивність 25, 50 або 100 т/год і використовується для очищення та сортування зернового матеріалу. (рис. 2.3.).



Рис.2.3. Вібровідцентрові сепаратори типу БЦСМ-25

Сепаратор БЦС-50 побудований із уніфікованих циліндричних блоків, які встановлені на спеціальних платформах. Така конструкція є зручною тим, що за потреби кожен блок може працювати окремо. Це дає можливість одночасно обробляти різні культури або налаштовувати блоки на різні режими роботи. Пропускна здатність одного циліндричного блока становить 25 т/год.

Під час очищення зернова маса спочатку подається у віяльний пристрій, де від нього відокремлюються пил, легкі частинки та дрібні домішки, які потім виводяться через циклон. Після цього зерно потрапляє в ситовий барабан, що під час роботи одночасно обертається і здійснює вертикальні коливання. Під дією відцентрових сил зернова маса притискається до внутрішньої поверхні решета, а під впливом власної ваги та інерційних сил поступово переміщується зверху вниз. Під час переміщення зернового матеріалу через отвори трьох решіт відбувається його фракційне розділення: виділяються дрібні домішки, щупле або подрібнене зерно, основна очищена фракція та великі сторонні включення.

2.2 Закордонні машини-аналоги

Серед закордонних аналогів, які використовуються для очищення дрібного насіння, поширені машини фірм PETKUS, Cimbria, Westrup, Damas, а також мобільні зерноочисні комплекси *Malko Mobile 60 (рис.2.4.)*. Таке обладнання відзначається кращою точністю регулювання повітряного потоку, більш стабільною роботою решітних станів і меншим травмуванням насіння. Водночас його основними недоліками є висока вартість та складніше сервісне обслуговування.



Рис. 2.4. Закордонна машина для очищення насіння Malko Mobile 60

Водночас його основними недоліками є висока вартість та складніше сервісне обслуговування.

Для виконання попереднього та якісного очищення зернового матеріалу різних сільськогосподарських культур, у тому числі зернових, олійних, кукурудзи та зернобобових, компанія RIELA пропонує очищувач PROF-SEED (рис. 2.5 а). Особливістю його конструкції є поєднання повітряного сепарування з механічним очищенням, яке здійснюється за допомогою барабанних решіт. Загальну технологічну схему функціонування цієї машини подано на рисунку 2.5 б.



Рис.2.5. Очищувач зерна PROF-SEED: загальний вигляд (а) та технологічна схема роботи (б)

Зернова маса 1 через розподільний механізм 2 подається до барабанного решітного блока, який містить внутрішнє та зовнішнє решета 3. Особливістю роботи цих решіт є планетарний характер руху: під час очищення вони обертаються не лише навколо власної осі, а й навколо центральної осі машини. У результаті дії відцентрових сил зернова маса переміщується до зовнішнього сита. Великі домішки при цьому затримуються на внутрішньому ситі 4. Далі на зовнішньому ситі 5 від основного матеріалу відокремлюються дрібніші домішки. Після проходження решітного блока очищений зерновий матеріал через канали 6 подається до вивантажувальних отворів 7. Далі він надходить у повітряний сепаратор AIR SEED 8, де за допомогою вентилятора 9 із зернового потоку відокремлюються пил і легкі домішки, які потім спрямовуються в циклон або окремий накопичувач відходів. Очищений продукт виходить із машини через вихідний патрубок 10.

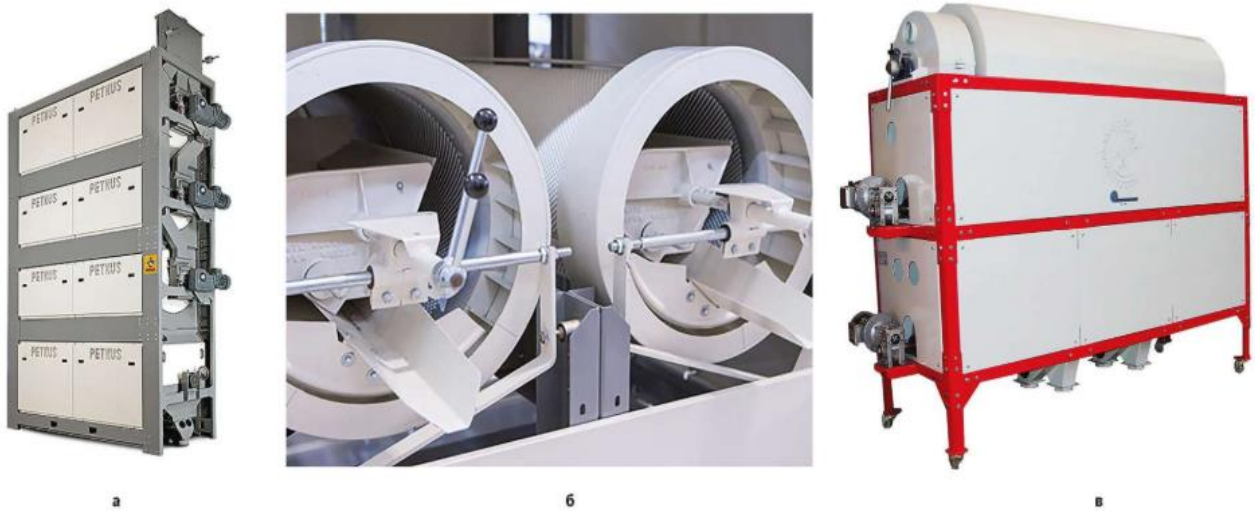
2.3 Машини вторинного очищення, трієри та пневмостоли

Для більш ретельного очищення насіння після попередньої сепарації застосовують машини вторинного очищення, зокрема СМ-4. Вони забезпечують точніше розділення суміші за розмірами і дозволяють виділяти більш чисту основну фракцію.

Трієри використовують для сортування насіннєвого матеріалу за довжиною частинок. Вони є ефективними у випадках, коли домішки істотно відрізняються від насіння основної культури саме лінійними розмірами.

Пневмостоли застосовують на завершальному етапі очищення. Вони розділяють матеріал за густиною та масою, завдяки чому дають змогу виділити найбільш виповнене, вирівняне та кондиційне насіння.

Для розділення зернового матеріалу за довжиною, а також для видалення з нього коротких і довгих домішок, виробники пропонують спеціальні трієрні блоки. До складу таких блоків входять трієри з круглими комірками певного розміру, приймальний жолоб і механізм, за допомогою якого регулюють положення цього жолоба. Залежно від потреб господарства та необхідної продуктивності випускаються установки різних типорозмірів і потужності, які можуть комплектуватися одним, двома, трьома або чотирма трієрами (рис.2.6).



а б в

Рис.2.5. Трієрні установки з трьома (а) і чотирма (б) робочими циліндрами та конструкція робочих органів трієра (в)

У трієрах, призначених для видалення коротких домішок, комірки мають менші розміри, ніж саме зерно. Під час обертання барабана короткі частинки потрапляють у ці комірки, утримуються в них, піднімаються вгору, а потім висипаються в жолоб, через який виводяться з машини.

У трієрному блоці, що використовується для відокремлення довгих домішок, розмір комірок підбирають таким чином, щоб він відповідав розмірам основного зерна. У процесі обертання циліндра зерно захоплюється комірками, піднімається догори, після чого висипається в жолоб і спрямовується в приймальну тару. Довгі домішки при цьому не потрапляють у комірки, тому залишаються всередині трієрного циліндра. У таблиці 2.1 наведена порівняльна оцінка очисних машин.

Таблиця 2.1

Порівняльна оцінка машин для очищення насіння трав'яних кормових культур

Машина	Тип	Переваги	Недоліки	Призначення
ОВС-25	повітряно-решітна	універсальна, продуктивна, проста	недостатньо точне тонке очищення	попереднє очищення
ЗАВ	зерноочисний агрегат	потокова робота, комплексність	потребує додаткових машин	первинне очищення
PETKUS	комбінована	висока точність, гнучке регулювання	висока вартість	насінницькі лінії
СМ-4	вторинне очищення	краща якість сепарації	потребує підготовленого матеріалу	вторинне очищення

Трієр	комірковий сепаратор	поділ за довжиною	обмежене застосування	додаткове сортування
Пневмостіл	гравітаційна машина	висока якість кінцевого сортування	менша продуктивність	остаточне очищення

2.4. Обґрунтування технології очищення насіння трав

Очищення насіння трав від важковідокремлюваних бур’янів та інших домішок є одним із найскладніших і водночас найважливіших етапів післязбиральної доробки. Особливої актуальності це питання набуває тоді, коли насіння основної культури і домішки мають близькі між собою розміри, форму та інші фізико-механічні властивості. У таких умовах забезпечити високу якість очищення звичайними способами досить важко.

Найбільш проблемною ланкою в існуючих комплексах для очищення насіння трав є решітна частина, основним призначенням якої є відокремлення насіння бур’янистих рослин і різноманітних домішок від основної маси посівного матеріалу. Однак на тихохідних решітних станах, як вітчизняного виробництва, так і імпортних, зокрема німецьких, практично неможливо забезпечити відривний режим переміщення насіння по поверхні решіт. Це суттєво знижує ефективність сепарації, особливо у випадках очищення дрібнонасінних сумішей, де компоненти мало відрізняються між собою за розмірами.

У результаті під час одержання насіння трав першого класу фактична продуктивність машин виявляється нижчою за паспортну. Це призводить до збільшення трудомісткості післязбиральної обробки, зростання витрат часу й енергії, а також до втрат повноцінного насіння у відходах. З економічної точки зору така ситуація є невигідною, оскільки зменшується вихід кондиційного насіннєвого матеріалу та підвищується собівартість його підготовки.

Одним із найбільш результативних шляхів підвищення якості та повноти решітного поділу насіння трав і важковідокремлюваних домішок є використання вібраційних решіт. Завдяки просторовому руху решета зерновий шар переміщується більш інтенсивно, що створює кращі умови для підведення насіння потрібної фракції до поверхні сита і його проходження через отвори. Таким чином, процес сепарації відбувається активніше й ефективніше.

Разом із тим продуктивність вібраційної машини з просторовим рухом решіт також має певні обмеження. Це пояснюється тим, що через особливості закону руху коливної системи горизонтальні складові амплітуди коливань залежать від відстані конкретного решета до центральної горизонтальної площини машини. Отже, решета, розташовані на різній висоті, працюють у неоднакових кінематичних режимах. Через це траєкторія руху насіннєвого шару на різних решетах суттєво змінюється і стає дуже чутливою до параметрів роботи машини.

Практика показує, що забезпечити стабільний технологічний процес у допустимих межах вдається переважно лише при використанні трьох решіт. Подальше збільшення їх кількості, як правило, ускладнює налаштування машини та призводить до порушення процесу сепарації, оскільки створити єдиний оптимальний кінематичний режим для всіх решіт одночасно стає практично неможливо.

Окремою проблемою під час післязбиральної доробки є травмування насіння, значна частка якого залежить не лише від роботи очисних машин, а й від параметрів і режимів функціонування транспортних засобів, що переміщують насіннєвий матеріал у межах технологічної лінії. Це також вимагає вдосконалення існуючого обладнання.

У зв’язку з розвитком у господарстві напряму вирощування насіння трав, зокрема люцерни, еспарцету, суданської трави та інших культур, доцільно вдосконалити наявну лінію очищення. Основною метою такої

реконструкції є підвищення якості очищення насіння та зменшення його травмування в процесі доробки. Для цього пропонується замінити дві наявні норії НПЗ-20 на тихохідні, що дозволить зменшити механічний вплив на насіння. Крім того, між машиною основного очищення і трієрним блоком доцільно встановити вібраційну насіннєочисну машину, яка забезпечить більш повне виділення важковідокремлюваних домішок і покращить загальну ефективність технологічної лінії.

Висновки по розділу

Отже, для очищення насіння трав'яних кормових культур доцільно застосовувати не одну окрему машину, а їх поєднання у складі технологічної лінії. Повітряно-решітні машини типу ОВС-25 та агрегати ЗАВ доцільно використовувати на стадії попереднього і первинного очищення.

Для вторинного очищення та доведення насіння до високих кондицій більш ефективними є машини типу СМ-4, PETKUS, трієри та пневмостоли. Найбільш якісне кінцеве сортування забезпечують пневмостоли, а найкращі можливості тонкого регулювання мають сучасні закордонні аналоги.

3. ОГРУНТУВАННЯ СХЕМИ ТА КОНСТРУКЦІЇ МОДЕРНІЗОВАНОЇ ВІБРАЦІЙНОЇ МАШИНИ ОЧИСТКИ НАСІННЯ ТРАВ

3.1. Принцип роботи модернізованої вібраційної машини

Вібраційні машини належать до такого типу обладнання, у якому рух робочого органа не визначається жорстко заданим кінематичним циклом. Інакше кажучи, закон його переміщення не формується системою жорстких кінематичних пар і ланок, як це має місце у кривошипно-шатунних чи ексцентрикових механізмах. Особливість роботи вібраційної машини полягає в тому, що її робочий орган - решітний стан разом із зерновим матеріалом, який на ньому знаходиться, - здійснює складний коливальний рух (рис.3.1.). Цей рух поєднує кругове переміщення в горизонтальній площині та кутові коливання у вертикальній площині.

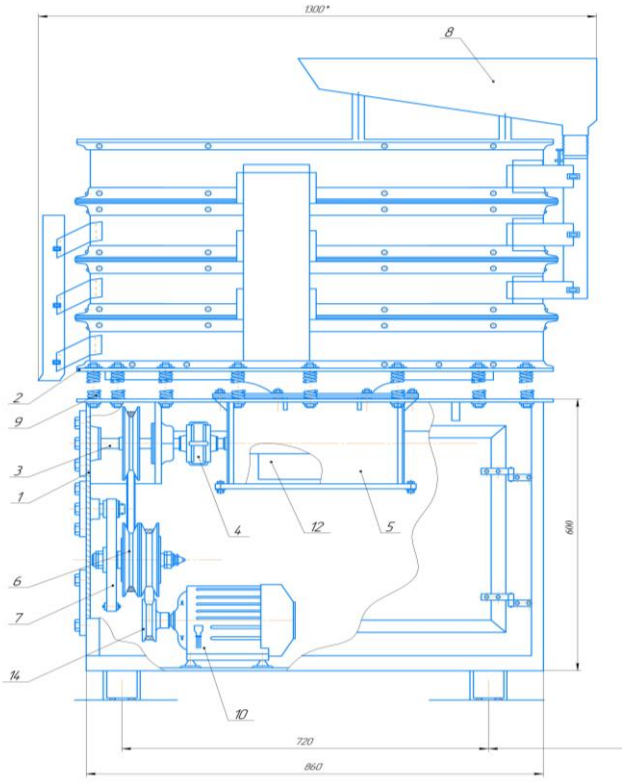


Рис.3.1. Модернізована вібраційна очисна машина

Такий характер руху забезпечується вібратором, який перетворює обертання привода у складні вібрації та передає їх решітному стану. Переміщення робочого органа вібраційної машини відбувається завдяки деформації пружних елементів підвіски, а його закономірності описуються відповідними диференціальними залежностями. Для машин цього типу неможливо окремо розглядати кінематику і динаміку, оскільки ці процеси тісно пов’язані між собою. Саме тому перед проведенням кінематичного аналізу необхідно насамперед встановити закон руху робочого органа на основі динамічного дослідження всієї коливальної системи.

Одним із головних завдань під час вивчення роботи таких машин є аналіз усіх процесів, що виникають протягом одного робочого циклу, а також їх подальше узагальнення. Це необхідно для того, щоб отримати цілісне уявлення про загальний безперервний робочий процес вібраційної машини.

В інерційних вібраторах збурювальна сила утворюється внаслідок обертання однієї або кількох неврівноважених мас. Таку силу можна розглядати як вектор, який під час роботи безперервно змінює свій напрямок, тобто є обертовим. У вібраторах зі спрямованою збурювальною силою ця сила постійно діє в одному напрямку, змінюючись лише за величиною.

До вібраторів з обертовою збурювальною силою належать пристрої, у яких така сила створюється неврівноваженою масою, що обертається, тобто дебалансом. Конструктивно такий вібратор складається з дебалансу, який обертається з постійною кутовою швидкістю навколо осі. Ця вісь закріплюється у стійці, що жорстко приєднана до корпусу вібраційної машини. Унаслідок цього під час роботи формується збурювальна сила, яка і забезпечує необхідний коливальний рух робочого органа.

3.2. Конструктивні розрахунки параметрів модернізованої вібраційної машини

У дипломному проєкті для усунення неочищених зон на решетах, ширина яких дорівнює сумі товщини планки комірки та діаметра кульки і які повторюють форму комірок рамки в тому випадку, коли рамка залишається нерухомою відносно решета, прийнято рішення надати рамці очисника круговий рух.

Використання для цього окремого спеціального привода значно ускладнило б конструкцію машини, тому більш раціональним визнано забезпечити круговий рух рамки за рахунок дії сил інерції та тертя.

При цьому можливі два режими переміщення рамки очисника по піддону: з відривом і без відриву. Рух рамки з відривом небажаний, оскільки він може порушити стійкість переміщення кульок очисника, а це, у свою чергу, негативно вплине на якість очищення решіт.

Тому доцільно розглядати безвідривний режим руху рамки по піддону. Задача визначення руху рамки очисника під дією вимушених коливань решітного стана належить до задач із кінематичним збудженням. Розрахункову схему очисника з урахуванням дії основних силових факторів наведено на рисунку 3.2.

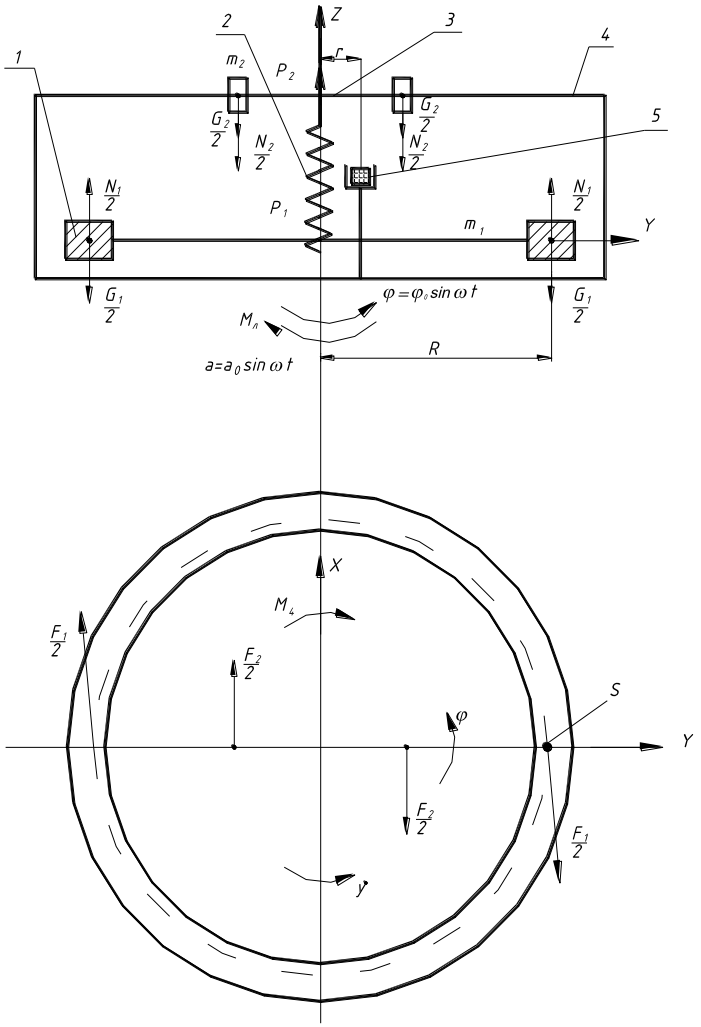


Рис. 3.2. Розрахункова схема очисника з урахуванням силових факторів: де 1- рухома рамка очисника; 2 - пружина; 3 - верхній підшипник; 4 - решітний стан

Закон руху решітного стана [4]

$$a = a_0 \times \sin wt; \quad \varphi = \varphi_0 \times \sin wt \qquad (3.1)$$

де а і φ - лінійне та кутове переміщення решітного стана;

a_0, φ_0 - амплітудні значення лінійного та кутового переміщення решітного стану.

При безвідривному русі рамки переміщення її (Рис. 3.2) по осі Z повинно рівнятися нулю. Виконаючи нескладні перетворення рівняння (1), та вирішивши його відносну швидкість V, одержимо вираз для визначення середньї швидкості Vср рамки очищувача:

$$V_{cp} = \frac{Aw}{\pi}\langle \cos\beta(\alpha^1\beta\cos\alpha_a + \alpha_n^1\cos\alpha_b) + \sin\beta(\frac{fm_1R^2 - f_1^0 m_2 rR}{I})(\alpha^1\beta\cos\alpha_a -$$

$$-\alpha_n^1\cos\alpha_b + \sin\alpha_b - \sin\alpha_a) + \frac{g}{Aw^2}\times \qquad (3.2)$$

$$\times\left\{(\alpha_n^{i2} - \alpha_b^{i2})\left[\frac{fm_1R^2 - f_1^0 m_2 rR}{I} + \frac{\lambda_n c}{g}\left(\frac{fm_1R^2 - f_1^0 m_2 rR}{I}\right)\right]\right\}\rangle$$

де А - повна амплітуда колевань решетного стана

$$A = \frac{4mr_0}{M}\sqrt{\sin^2\alpha + a^2R^2\rho^{-4}\cos^2\alpha}; \qquad (3.3)$$

r_0 - радіус обертання дебаланса;

ρ - радіус коливающейся частини навкруги вертикальної осі;

М - маса коливающейся частини машини;

R - радіус рамки очисника;

а і α - параметри вібратора;

w - частота коливань;

β - кут спрямованості коливань;

$$\beta = arctg\left[\frac{\rho^2}{aR}tg\alpha\right]; \qquad (3.4)$$

$\alpha_a i \alpha_b$ – фазові кути миттєвих кінцевих зупинок при русі відносно вперед та назад;

$m_1 i m_2$ – маса рамки очисника та підшипника;

f - коефіцієнт тертя - сковзання рамки очисника по корпусу.

$f_1^0 = \frac{2fk}{d}$ – приведений коефіцієнт тертя;

fk - коефіцієнт тертя-кочення шариків підшипника;

d - діаметр шариків підшипника;

r - радіус верхнього підшипника;

I - момент інерції мас рамки очисника;

λ_n - величина попередньої затяжки (деформації) пружини;

С - коефіцієнт жорстокості упругого елемента (пружини);

g - прискорення вільного падіння.

Для розрахунку параметрів очисника, при конструюванні машини та виборі необхідних границь її регулювань були взяті наступні постійні величини:

- маса дебаланса вібратора, m = 1,0 кг;
- радіус обертання дебаланса, r0 = 0.05 м;
- параметр вібратора, a = 0,26 м,
- кут встановлення дебаланса, $\lambda = 18^0$;
- радіус рамки (опори) очисника, R = 0,5 м;
- маса коливающейся частини машини, M = 100 кг;
- момент інерції мас коливання частини, Iz = 800 $НМ^2$;
- кругова частота коливань, w = 135 рад/сек;
- момент інерції мас рамки, I = 43,2 $НМ^2$;
- величина попередньої затяжки пружини, $\lambda_n = 0{,}18$ м;
- коефіцієнт жорстокості пружини, c = 2600 Н/м;
- коефіцієнт тертя ковзання рамки очисника (кожа-дерево), f = 0,4;
- приведений коефіцієнт тертя, f_1^0 = 0,0029;
- маса очисника, m_1 = 5,4 кг;
- маса підшипникового вузла, m_2 = 2,4 кг;
- радіус встановки підшипника, r = 0,028 м;
- постійна величина числа, π = 3,14;
- прискорення вільного падіння, g = 9,8 $м/с^2$

Амплітуда коливань в цьому випадку складає:

$$A = \frac{4mr_0}{M}\sqrt{\sin^2\alpha + a^2R^2\rho^{-4}\cos^2\alpha}. \qquad (3.5)$$

$$A = \frac{4\times1.0\times0.05}{100}\sqrt{\sin^2 18^0 + 0.26^2 0.5^2 0.8944^{-4}\cos^2 18^0} = 0.6644$$

Кут напрямку коливань:

$$\beta = arctg\left[\frac{\rho^2}{aR}\times tg\alpha\right] \tag{3.6}$$

$$\beta = arctg\left[\frac{0.79995}{0.13} * 0.32492\right] = 63^0 25.554$$

$$\alpha_b^i = \pi\frac{(w^2A)_b^i}{(w^2A)_b^i + (w^2A)_n^i}. \tag{3.7}$$

$$\alpha_b^i = 3.14\frac{2.3839725}{3.9715225 + 2.3839725} = 1.177827$$

$$(w^2A)_b^i = g\frac{\frac{fm_1R^2 - f_1^0 m_2 rR}{I} + \frac{\lambda_n c}{g}\left(\frac{fm_1R^2 - f_1^0 m_2 rR}{I}\right)}{\cos\beta + \sin\beta(\frac{fm_1R^2 - f_1^0 m_2 rR}{I})} \tag{3.8}$$

$$(w^2A)_b^i = 9.8\frac{\frac{0.4\times5.4\times0.5^2 - 0.0029\times2.4\times0.028\times0.5}{4.32} + \frac{0.018\times260}{9.8}\left(\frac{0.4\times0.5^2 + 0.0029\times0.028\times0.5}{4.32}\right)}{\cos63^0 42^i + \sin63^0 42^i\left(\frac{0.4\times0.5^2 + 0.0029\times0.028\times0.5}{4.32}\right)} =$$

$$= 9.8\frac{0.136036}{0.559215} = 2.3839725$$

$$(w^2A)_H^i = g\frac{\frac{fm_1R^2 - f_1^0 m_2 rR}{I} + \frac{\lambda_n c}{g}\left(\frac{fm_1R^2 - f_1^0 m_2 rR}{I}\right)}{\cos\beta - \sin\beta(\frac{fm_1R^2 - f_1^0 m_2 rR}{I})} \tag{3.9}$$

$$(w^2A)_H^i = 9.8\frac{\frac{0.4\times5.4\times0.5^2 - 0.0029\times2.4\times0.028\times0.5}{4.32} + \frac{0.018\times260}{9.8}\left(\frac{0.4\times0.5^2 + 0.0029\times0.028\times0.5}{4.32}\right)}{\cos63^0 42^i - \sin63^0 42^i\left(\frac{0.4\times0.5^2 + 0.0029\times0.028\times0.5}{4.32}\right)} =$$

$$= 9.8\frac{0.1360362}{0.3356785} = 3.9715225$$

Фазові кути миттєвих кінцевих зупинок при русі:

а) вперед

$$\alpha_A = \pi - \arcsin\left(\frac{(Aw^2)_b^1 * \alpha_b^1}{\sin\alpha_b^1 * Aw^2}\right) - \alpha_b^1. \tag{3.10}$$

$$\alpha_A = 3.14 - \arcsin\frac{2.3839725*1.9621728}{\sin1.96217*1.5*1.35^2} - 1.96217 = 0.8914 рад$$

в) назад

$$\alpha_B = \pi - \arcsin\left(\frac{(Aw^2)_b^1 * \alpha_b^1}{\sin\alpha_b^1 * Aw^2}\right) - \alpha_b^1, \tag{3.11}$$

$$\alpha_B = 3.14 - \arcsin\frac{2.3839725*1.9621728}{\sin 1.96217*1.5*1.35^2} + 1.96217 = 4.8158 рад$$

Радіус інерції частини яка має коливання навколо вертикальної осі:

$$\rho = \sqrt{\frac{I_z}{M}}, \tag{3.12}$$

$$\rho = \sqrt{\frac{80}{100}} = 0.894427 м$$

При цьому середня швидкість руху рамки очисника по піддону навкруги вертикальної осі складає:

$$V_{cp} = \frac{Aw}{\pi}\left\langle \cos\beta(\alpha_b^1\cos\alpha_a + \alpha_n^1\cos\alpha_b) + \sin\beta(\frac{fm_iR^2 - f_i^0 m_2 rR}{I})(\alpha_b^1\cos\alpha_a - \alpha_n^1\cos\alpha_b + \right.$$
$$\left. + \sin\alpha_b + \sin\alpha_A) + \frac{q}{Aw^2}\left\{(\alpha_H^{i2} - \alpha_B^{12})\left[\frac{fm_iR^2 - f_i^0 m_2 rR}{I} + \frac{\lambda nC}{q}(\frac{fR^2 - f_i^0 rR}{I})\right]\right\}\right\rangle \tag{3.13}$$

$$V_{cp} = 0.0285649\langle 0.60944814 + (-0.0738625) + 0.809316\{(-2.462846)\times[0.1360813]\}\rangle =$$
$$= 0.0075519 = 7.5519(м/с)$$

Оскільки переміщення рамки очисника під час роботи машини відбувається в умовах кінематичного збудження, визначення її оптимальної середньої швидкості слід проводити з урахуванням заданих меж зміни основних кінематичних параметрів, а саме амплітуди *A*, частоти ω та кута напрямку коливань β.

Параметри r, R та маси рамки m, та підшипника m2 визначають з конструктивних розумінь та їх можна вважати постійними. Коефіцієнт тертя підшипника також практично постійний. Тоді величина середньої швидкості рамки буде залежати від коефіцієнта тертя-ковзання рамки очисника f, величина попередньої затяжки λn та жорсткість пружини L або

сили затяжки пружини (приживання рамки до піддона) Р3, так як Р3=λn× L.

3.3. Технологічний розрахунок вібраційної насіннеочисної машини

Технологічний розрахунок вібраційної насіннєочисної машини виконується з метою перевірки відповідності її конструктивних параметрів умовам очищення дрібнонасіннєвих трав'яних культур. Для такого матеріалу характерні малі геометричні розміри, невелика маса насінин та наявність важковідокремлюваних домішок, тому до решітного стана ставляться підвищені вимоги щодо рівномірності подачі, товщини шару та інтенсивності просіювання.

Для наочного пояснення технологічного процесу сепарації насіннєвої суміші в удосконаленому вібросепараторі розглянемо схему руху матеріалу по триярусних решетах (рис.3.3). Вона дає змогу показати послідовність проходження вороху через верхнє, середнє та нижнє решета, а також напрямки відведення крупних домішок, основної фракції та дрібних домішок.

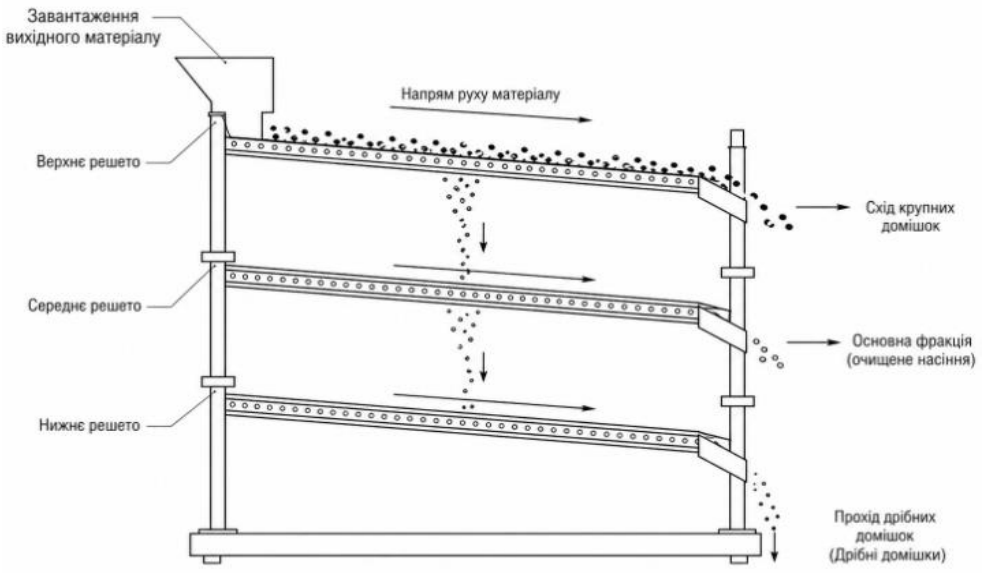


Рис.3.3. Схема руху матеріалу по триярусних решетах вібросепаратора

Як видно з рисунка 3.3, вихідний матеріал подається на верхнє решето, де відокремлюються крупні домішки. Частина вороху, що проходить крізь отвори верхнього решета, надходить на середнє решето, де формується основна фракція - очищене насіння. На нижньому решеті здійснюється остаточне виділення дрібних домішок. Така послідовність руху матеріалу забезпечує поетапне очищення насіннєвої суміші та підвищує ефективність роботи решітного стана.

На підставі креслення решітного стана приймаємо такі вихідні дані (лис.3. графічної частини):

- продуктивність машини

$$Q = 0,25\,\text{кг/с} = 900\,\text{кг/год};$$

- кількість решіт

$$z = 3;$$

- довжина одного решета

$$l = 1,17\,\text{м};$$

- ширина одного решета

$$b = 0,55\,\text{м};$$

- сумарна площа решітної поверхні

$$F = l \cdot b \cdot z;$$

- насипна густина очищуваного насіннєвого матеріалу

$$\rho = 280\,\text{кг/м}^3$$

- коефіцієнт заповнення шару матеріалу на решеті

$$\varphi = 0,65;$$

- середня товщина шару насіння на решеті

$$h = 0,12\,\text{м};$$

- середня швидкість переміщення насіннєвого матеріалу по решету

$$v = 0,10\,\text{м/с}.$$

3.3.1 Визначення сумарної площі решіт

В удосконаленій конструкції використано триярусний решітний стан, тому сумарна площа визначається з урахуванням довжини одного решета, його ширини та загальної кількості решіт. Це дозволяє оцінити ефективну площу, яка бере участь у процесі очищення насіннєвого матеріалу
Сумарну площу решітної поверхні визначаємо за формулою:

$$F = l \cdot b \cdot z, \tag{3.14}$$

де

l – довжина одного решета, м;

b – ширина одного решета, м;

z – кількість решіт.

Підставивши числові значення, одержимо

$$F = 1{,}17 \cdot 0{,}55 \cdot 3 = 1{,}93 \text{м}^2.$$

Отже, сумарна площа решітної поверхні машини становить

$$F = 1{,}93 \text{м}^2.$$

3.3.2. Визначення теоретичної продуктивності решітного стана

Теоретичну продуктивність решітного стана визначаємо за залежністю

$$Q_т = 3600 b h v \rho \varphi z, \tag{3.15}$$

де

b – ширина решета, м;

h – товщина шару матеріалу, м;

v – швидкість транспортування зернового матеріалу по решету, м/с;

ρ – насипна густина матеріалу, кг/м^3;

φ – коефіцієнт заповнення шару;

z – кількість решіт;

3600 - коефіцієнт переведення в кг/год.

Після підстановки числових значень маємо

$$Q_т = 3600 \cdot 0,55 \cdot 0,012 \cdot 0,10 \cdot 280 \cdot 0,65 \cdot 3.$$

$$Q_т = 1297,3 \text{кг/год.}$$

Отже, теоретична пропускна здатність решітного стана становить

$$Q_т = 1297,3 \text{кг/год.}$$

3.3.3. Визначення коефіцієнта використання решітної поверхні

Фактична продуктивність машини завжди менша від теоретичної через нерівномірність подачі матеріалу, втрати часу на перерозподілу вороху, вплив форми насіння та домішок, а також недосконаліть умов просіювання. Тому визначимо коефіцієнт використання решітної поверхні

$$\eta_p = \frac{Q}{Q_т}, \qquad (3.16)$$

де

Q – паспортна продуктивність машини, кг/год;

$Q_т$ – теоретична продуктивність, кг/год.

Підставляємо значення:

$$\eta_p = \frac{900}{1297,3} = 0,69.$$

Отже, коефіцієнт використання решітної поверхні дорівнює:

$$\eta_p = 0,69.$$

Одержане значення є реальним для машин, які працюють із насінням трав, оскільки в цьому випадку потрібне більш ретельне очищення, а тому фактичне навантаження на решета не повинно бути надмірним.

3.3.4 Питоме навантаження на решітку поверхню

Питоме навантаження на решета визначається як відношення фактичної продуктивності до сумарної площі решіт:

$$q = \frac{Q}{F},$$

де

Q – продуктивність машини, кг/год;

F – сумарна площа решітної поверхні, м$^{2\cdot}$

Тоді

$$q = \frac{900}{1,93} = 466,3 \text{кг/(м}^2 \cdot \text{год)}.$$

Отже, питоме навантаження на решітній стан становить

$$q = 466,3 \text{кг/(м}^2 \cdot \text{год)}.$$

Таке значення відповідає умовам роботи машин для очищення дрібнонасінних сумішей і свідчить про те, що решітний стан не перевантажується.

3.3.5 Час перебування матеріалу на решеті

Перед визначенням часу перебування матеріалу на решеті необхідно оцінити, скільки часу насіннєва суміш знаходиться в зоні сепарації. Цей показник має важливе значення для роботи вібросепаратора, оскільки від

нього залежить повнота проходження дрібних частинок крізь отвори решета та якість відокремлення домішок.

За надто малого часу перебування матеріал не встигає повністю розділитися на фракції, що може знижувати якість очищення. Якщо ж час перебування надмірно великий, зменшується продуктивність машини. Тому для забезпечення раціонального режиму роботи необхідно визначити тривалість проходження матеріалу по довжині одного решета з урахуванням швидкості його переміщення.

Час проходження матеріалу по довжині одного решета визначимо за формулою

$$t = \frac{l}{v}, \tag{3.18}$$

де

l – довжина решета, м;

v – швидкість переміщення матеріалу по решету, м/с.

Після підстановки маємо

$$t = \frac{1{,}17}{0{,}10} = 11{,}7\,\text{с}.$$

Отже, насіннєвий матеріал перебуває на одному решеті приблизно

$$t = 11{,}7\,\text{с}.$$

Такий час є достатнім для проходження дрібної фракції крізь отвори решета і для виділення домішок, що відрізняються за розмірами.

3.4. Кінематичний розрахунок коливального руху решітного стана

Кінематичний розрахунок коливального руху решітного стана виконується з метою визначення основних параметрів вібраційного режиму машини, а саме амплітуди, частоти, швидкості та прискорення

коливань. Ці параметри безпосередньо впливають на характер переміщення насіння по решетах, інтенсивність просіювання та повноту поділу насіннєвої суміші.

Для вібраційних насіннєочисних машин, що використовують для очищення насіння трав, важливо забезпечити такий режим коливань, за якого матеріал буде інтенсивно перемішуватися по решету, але без надмірного травмування.

Вихідні дані для кінематичного розрахунку

Для розрахунку приймаємо:

- амплітуда коливань решітного стана

  $A = 4\,\text{мм} = 0,004\,\text{м};$

- частота обертання коливань до горизонталі

  $n = 450\,\text{хв}^{-1},$

- кутовий напрямок коливань до горизонталі

  $\beta = 30°.$

Такі параметри відповідають режиму роботи вібраційної машини для сепарації дрібнонасінних кормових культур.

3.4.1 Визначення кутової швидкості коливань

Кутову швидкість визначаємо за формулою

$$\omega = \frac{2\pi n}{60}, \tag{3.19}$$

де

n – частота обертання віброзбуджувача, хв$^{-1}$.

Після підстановки дістанемо

$$\omega = \frac{2\pi \cdot 450}{60} = 47{,}12 \text{ с}^{-1}.$$

Отже, кутова швидкість коливань решітного стана дорівнює

$$\omega = 47{,}12 \text{ с}^{-1}.$$

Коливальний рух решітного стана можна описати гармонічним законом:

$$x = A \sin \omega t, \tag{3.20}$$

де

$x -$ поточне переміщення точки решітного стана, м;

$A -$ амплітуда коливань, м;

$\omega -$ кутова швидкість, с$^{-1}$;

$t -$ час, с.

Швидкість коливального руху визначається як перша похідна від переміщення:

$$v = A\omega \cos \omega t. \tag{3.21}$$

Максимальне значення швидкості становить

$$v_{\max} = A\omega. \tag{3.22}$$

Підставляємо значення:

$$v_{\max} = 0{,}004 \cdot 47{,}12 = 0{,}188 \text{ м/с}.$$

Отже, максимальна швидкість коливального руху решітного стана дорівнює

$$v_{\max} = 0{,}188 \text{ м/с}.$$

Прискорення визначається як похідна швидкості:

$$a = -A\omega^2 \sin \omega t. \tag{3.23}$$

Максимальне значення прискорення дорівнює

$$a_{\max} = A\omega^2. \tag{3.24}$$

Тоді

$a_{\max} = 0,004 \cdot 47,12^2 = 8,88$ м/с^2.

Отже, максимальне прискорення решітного стана становить

$a_{max} = 8,88$м/с^2.

3.4.2. Визначення коефіцієнта вібраційного режиму

Для оцінки інтенсивності коливального процесу визначаємо безрозмірний коефіцієнт режиму

$$k = \frac{a_{\max}}{g}, \tag{3.25}$$

де

$g = 9,81$м/с^2 – прискорення вільного падіння.

Після підстановки значень одержимо

$$k = \frac{8,88}{9,81} = 0,91.$$

Отже,

$k = 0,91.$

Одержане значення свідчить проте, що машина працює в інтенсивному, але ще стійкому режимі коливань, який є доцільним для переміщення насіння по решетах без надмірного підкидання шару.

Оскільки напрямок коливань нахилений до горизонталі під кутом β, визначимо горизонтальні та вертикальні складові амплітуди.

Горизонтальна складова амплітуди:

$$A_x = A\cos\beta, \tag{3.26}$$

вертикальна складова:

$$A_y = A\sin\beta. \tag{3.27}$$

Після підстановки значень маємо

$A_x = 0,004\cos 30° = 0,0346$ м,

$A_y = 0,004\sin\ 30° = 0,00200$ м.

Максимальні складові швидкості відповідно дорівнюють:

$v_{x\max} = A_x\omega = 0,00346 \cdot 47,12 = 0,163$м/с,

$v_{y\max} = A_y\omega = 0,00200 \cdot 47,12 = 0,094$ м/с.

Максимальні складові прискорення:

$a_{x max} = A_x\omega^2 = 0,00346 \cdot 47,12^2 = 7,69$ м/с^2,

$a_{y max} = A_y\omega^2 = 0,00200 \cdot 47,12^2 = 4,44$м/с^2.

Таким чином, основний вплив на переміщення матеріалу по решету має горизонтальна складова коливального руху, тоді як вертикальна складова сприяє розпушенню шару насіння та інтенсифікації просіювання.

Період коливального руху визначаємо за формулою

$$T = \frac{1}{f}, \tag{3.31}$$

де

f – частота коливань, Гц.

Частоту коливань визначимо:

$$f = \frac{n}{60} = \frac{450}{60} = 7,5 \text{ Гц}.$$

Тоді

$$T = \frac{1}{7,5} = 0,133 \text{с}.$$

Отже, період одного повного коливання становить

$T = 0,133$ с.

Висновки по розділу

У результаті технологічного розрахунку встановлено, що сумарна площа решітної поверхні вібраційної насіннєочисної машини становить 1,93 м^3, а теоретична продуктивність решітного стана - 1297,3 кг/год. За паспортної продуктивності машини 900 кг/год коефіцієнт використання решітної поверхні дорівнює 0,69, а питоме навантаження на решета - 466,3 кг/(м^2·год). Це про те, що конструктивні параметри решітного стана забезпечують необхідну продуктивність машини та створюють умови для якісного очищення насіння трав.

У результаті кінематичного розрахунку встановлено, що при амплітуді коливань 4 мм і частоті обертання віброзбуджувача 450 хв$^{-1}$ кутова швидкість коливань решітного стана становить 47,12 с$^{-1}$, максимальна швидкість - 0,188 м/с, а максимальне прискорення - 8,88 м/с^2. Коефіцієнт вібраційного режиму дорівнює 0,91, що характеризує достатньо інтенсивний, але стійкий режим роботи машини. Горизонтальна складова коливань забезпечує переміщення насіння по решетах, а вертикальна - покращує умови його просіювання. Отже, прийняті кінематичні параметри відповідають вимогам до роботи вібраційної насіннєочисної машини для очищення насіння трав.

4. БЕЗПЕКА ПРАЦІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ЗАХОДИ ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ ВІБРОСЕПАРАТОРА

4.1. Загальні вимоги безпеки під час експлуатації вібросепаратора

Вібросепаратор застосовується для очищення та сортування насіннєвого матеріалу за розміром, масою і здатністю частинок проходити крізь отвори решіт. Під час роботи машини насіннєва суміш переміщується по решітній поверхні під дією коливань, тому в конструкції наявні рухомі вузли, електропривод, віброзбуджувач, решітний стан, завантажувальні та вивантажувальні лотки. Усі ці елементи потребують дотримання вимог охорони праці.

До роботи з вібросепаратором допускаються працівники, які пройшли інструктаж з охорони праці, ознайомлені з будовою машини, правилами її запуску, зупинки, регулювання та технічного обслуговування. Перед початком роботи оператор повинен перевірити справність електроприводу, заземлення, пускової апаратури, захисних кожухів, кріплення решіт, підвісів, лотків і приводних елементів.

Машина повинна бути встановлена на рівній та міцній основі. Перекоси, ослаблені болтові з’єднання або нестійке положення можуть спричинити підвищену вібрацію, зниження якості очищення та виникнення аварійних ситуацій. Робоче місце оператора необхідно утримувати в чистоті, а проходи біля машини - вільними.

Під час роботи забороняється відкривати захисні кожухи, торкатися рухомих частин, очищати решета руками, регулювати підвіси, підтягувати кріплення або виконувати ремонтні операції без повної зупинки машини. Усі роботи з очищення, налагодження та заміни решіт проводять лише після вимкнення електродвигуна, відключення машини від електромережі та повної зупинки рухомих частин.

4.2. Небезпечні та шкідливі фактори і заходи їх зменшення

Під час експлуатації вібросепаратора на працівника можуть впливати рухомі частини машини, підвищений рівень шуму і вібрації, запиленість повітря, небезпека ураження електричним струмом, а також фізичне навантаження під час завантаження та переміщення насіннєвого матеріалу.

Найбільшу небезпеку становлять приводні передачі, віброзбуджувач, решітний стан і вивантажувальні лотки. Для запобігання травмуванню всі небезпечні зони повинні бути закриті кожухами або огородженнями. Оператор має працювати у застібнутому спецодязі, без звисаючих частин, які можуть потрапити в рухомі механізми.

Під час очищення насіння трав утворюється пил, до складу якого входять частинки ґрунту, оболонки насіння, рослинні рештки та інші домішки. Для зменшення запиленості необхідно використовувати припливно-витяжну вентиляцію, аспіраційні пристрої, пиловловлювачі та місцеві укриття в зонах завантаження й вивантаження матеріалу. Працівник повинен користуватися респіратором, захисними окулярами та рукавицями.

Рівень шуму і вібрації зменшують шляхом правильного встановлення машини, справності підвісів, балансування рухомих частин, своєчасного змащування підшипників і підтягування кріплень. У разі появи стороннього стуку, різкого зростання вібрації, перегрівання електродвигуна або зниження продуктивності машину необхідно негайно зупинити й усунути несправність.

4.3. Безпека під час технічного обслуговування та електробезпека

Технічне обслуговування вібросепаратора проводять для забезпечення стабільної роботи, збереження продуктивності та запобігання аварійним ситуаціям. До основних операцій належать очищення решіт, перевірка кріплень, огляд підвісів, контроль стану віброзбуджувача,

приводних передач, підшипникових вузлів, електродвигуна та пускової апаратури.

Перед технічним обслуговуванням машину необхідно повністю зупинити, відключити від електромережі та переконатися, що рухомі частини не обертаються. Очищення решіт слід виконувати спеціальними щітками або скребками, які не пошкоджують робочу поверхню. Забороняється вибивати забруднення металевими предметами, оскільки це може деформувати отвори решіт і погіршити якість сепарації.

Оскільки вібросепаратор працює від електроприводу, особливу увагу слід приділяти електробезпеці. Корпус машини та електродвигун мають бути заземлені, а електричні кабелі - справними, без пошкодженої ізоляції. Пускова апаратура повинна бути розміщена у зручному для оператора місці. Бажано передбачити аварійний вимикач для швидкої зупинки машини.

У разі появи іскріння, запаху горілої ізоляції, перегрівання електродвигуна або спрацювання захисної апаратури роботу необхідно припинити. Повторний запуск допускається тільки після огляду та усунення несправності.

4.4. Захист навколишнього середовища під час роботи вібросепаратора

Під час роботи вібросепаратора основними факторами впливу на навколишнє середовище є пил, рослинні домішки, шум, вібрація та споживання електроенергії. Для зменшення запилення повітря необхідно застосовувати аспіраційні системи, пиловловлювачі, фільтри або закриті кожухи в місцях утворення пилу.

Відокремлені домішки, рослинні рештки та пил слід збирати у спеціальну тару або бункери. Не допускається їх безконтрольне розсипання у виробничому приміщенні чи на території господарства. Рослинні залишки, які не містять шкідливих домішок, можна

використовувати для компостування або як допоміжну органічну сировину.

Для зниження шумового та вібраційного впливу на приміщення необхідно підтримувати справний стан машини, своєчасно обслуговувати підшипники, підвіси та приводні механізми, а також установлювати сепаратор на стійку основу з можливим застосуванням віброізолювальних прокладок.

Раціональна експлуатація машини також сприяє зменшенню енергоспоживання. Необхідно уникати перевантаження вібросепаратора, підтримувати рівномірну подачу матеріалу, своєчасно очищати решета та забезпечувати роботу машини в оптимальному режимі.

Висновок по розділу

Дотримання вимог охорони праці під час експлуатації вібросепаратора є необхідною умовою безпечної та надійної роботи машини. Основну увагу слід приділяти справності електроприводу, захисних кожухів, решітного стана, підвісів і віброзбуджувача. Застосування вентиляції, аспірації та засобів індивідуального захисту зменшує вплив пилу, шуму і вібрації на працівника. Організований збір домішок, очищення повітря від пилу та раціональне використання електроенергії сприяють зниженню негативного впливу процесу очищення насіння на навколишнє середовище.

5. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

Економічну ефективність проєктованої машини визначаємо шляхом порівняння її техніко-економічних показників із базовою машиною при очищені насіння люцерни . У розрахунку враховуємо продуктивність машини, витрати на оплату праці, витрати електроенергії, амортизаційні відрахування та витрати на поточний ремонт і технічне обслуговування таблиця 5.1.

Таблиця 5.1.

Вихідні данні до розрахунку.

N п/п	Найменування показників	Базова машина	Проектована машина
1	Годинна продуктивність тон/год	0,9	1,3
2	Вартість машини, грн.	216400	224600
3	Кількість обслуговуючого персоналу, чол.	2	1
4	Споживча потужність, кВт	13,6	1,7
5	Річне завантаження машини, год	300	300
6	Кількість основної культури у відході, %	30	7
7	Відрахування на поточний ремонт та ТО, %	12,5	12,5
8	Амортизаційні відрахування, %	2,0	2,0
9	Розряд роботи з очищення насіння	III	III

Для розрахунку приймаємо вартість електроенергії:

$$C_e = 12,8 \text{грн/кВт\год};$$

погодинна тарифна ставка робітника III розряду

$$C_з = 80 \text{грн/год}.$$

Річний обсяг робіт. Річний обсяг робіт визначаємо за формулою:

$$Q_{\text{р}} = Q_{\text{г}} \cdot T, \qquad (5.1)$$

де

$Q_{\text{г}}$ – годинна продуктивність машини, т/год;

T – річне завантаження машини, год.

Для базової машини:

$$Q_{\text{р.б}} = 0,9 \cdot 300 = 270 \text{ т/рік.}$$

Для проєктованої машини:

$$Q_{\text{р.п}} = 1,3 \cdot 300 = 390 \text{ т/рік.}$$

Витрати на оплату праці. Річні витрати на оплату праці визначаємо за формулою:

$$З = C_{з} \cdot n \cdot T, \qquad (5.2)$$

де

$C_{з}$ – погодинна тарифна ставка, грн/год;

n – кількість обслуговуючого персоналу, чол.;

T – річне завантаження машини, год.

Для базової машини:

$$З_{\text{б}} = 80 \cdot 2 \cdot 300 = 48000 \text{ грн.}$$

Для проєктованої машини:

$$З_{\text{п}} = 80 \cdot 1 \cdot 300 = 24000 \text{ грн.}$$

Економія витрат на оплату праці становить

$$\Delta З = 48000 - 24000 = 24000 \text{ грн.} \qquad (5.3)$$

Витрати на електроенергію . Річні витрати на електроенергію визначаємо за формулою:

$$\text{Е} = N \cdot T \cdot C_e, \qquad (5.4)$$

де

N – споживча потужність, кВт;

T – річне завантаження, год;

C_e – вартість 1 кВт · год електроенергії, грн.

Для базової машини:

$$\text{Е}_{\text{б}} = 13,6 \cdot 300 \cdot 12,8 = 52224\,\text{грн.}$$

Для проєктованої машини:

$$\text{Е}_{\text{п}} = 1,7 \cdot 300 \cdot 12,8 = 6528\,\text{грн.}$$

Економія витрат на електроенергію становить

$$\Delta\text{Е}=52224\text{-}6528=45696 \text{ грн.} \qquad (5.5)$$

Амортизаційні відрахування. Річні амортизаційні витрати обчислюємо за виразом:

$$A = \frac{B \cdot a}{100}, \qquad (5.6)$$

де

B – балансова вартість машини, грн;

a – амортизаційна норма, 5.

Для базової машини:

$$A_б = \frac{216400 \cdot 2}{100} = 4328 \text{грн.}$$

Для проєктованої машини:

$$A_п = \frac{224600 \cdot 2}{100} = 4492 \text{грн.}$$

Річні витрати на технічне обслуговування і поточний ремонт машини визначаються з урахуванням її балансової вартості та нормативу відрахувань за формулою:

$$\text{Р} = \frac{B \cdot r}{100}, \qquad (5.7)$$

де

r – норма відрахувань на ремонтно-обслуговувальні роботи, %.

Для базової машини:

$$\text{Р}_б = \frac{216400 \cdot 12,5}{100} = 27050 \text{грн.}$$

Для проєктованої машини:

$$\text{Р}_п = \frac{224600 \cdot 12,5}{100} = 28075 \text{грн.}$$

Загальні річні експлуатаційні витрати. Загальні річні експлуатаційні витрати визначаємо як суму всіх складових:

$$\text{С} = \text{З} + \text{Е} + \text{А} + \text{Р}. \qquad (5.8)$$

Для базової машини:

$$\text{С}_б = 48000 + 52224 + 4328 + 27050 = 131602 \text{ грн.}$$

Для проєктованої машини:

$$\text{С}_п = 24000 + 6528 + 4492 + 28075 = 63095 \text{грн.}$$

Річна економія експлуатаційних витрат становить

$$E_р = C_б - C_п = 131602 - 63095 = 68507 \text{ грн.}$$

Собівартість очищення 1 т насіння. Собівартість очищення 1 т матеріалу визначаємо за формулою:

$$c = \frac{C}{Q_p}, \qquad (5.10)$$

де

C – річні експлуатаційні витрати, грн;

Q_p – річний обсяг робіт, т.

Для базової машини:

$$c_б = \frac{1316002}{270} = 487,4 \text{ грн/т.}$$

Для проєктованої машини:

$$c_п = \frac{63095}{390} = 161,8 \text{ грн/т.}$$

Зниження собівартості очищення становить

$$\Delta c = 487,4 - 161,8 = 325,6 \text{ грн/т.} \qquad (5.13)$$

Додаткові капіталовкладення на впровадження проєктованої машини визначаємо як різницю вартостей машин:

$$\Delta K = 224600 - 216400 = 8200 \text{ грн.} \qquad (5.12)$$

Термін окупності визначаємо за формулою

$$T_{ок} = \frac{\Delta K}{\mathrm{E_р}}, \qquad (5.13)$$

де

ΔK – додаткові капіталовкладення, грн;

$\mathrm{E_р}$ – річна економія експлуатаційних витрат, грн.

Підставляємо значення:

$$T_{ок} = \frac{8200}{68507} = 0{,}12 \text{ року}.$$

Отже, термін окупності проєктованої машини становить

$$T_{ок} = 0{,}12 \text{ року}.$$

Отримані в процесі виконання техніко-економічних розрахунків показники систематизуємо та подаємо у таблиці 5.2. Це дає змогу наочно порівняти основні економічні результати роботи базового та вдосконаленого варіантів машини, оцінити рівень експлуатаційних витрат, величину економічного ефекту та доцільність запропонованої модернізації.

Таблиця 5.2

Показники економічної ефективності проєктованої машини

№	Показник	Базова машина ВБС-0,9	Проєктована машина ВБС-1,3
1	Річний обсяг робіт, т	270	390
2	Витрати на оплату праці, грн	48000	24000
3	Витрати на електроенергію, грн	52224	6528
4	Амортизаційні відрахування, грн	4328	4492
5	Витрати на поточний ремонт і ТО, грн	27050	28075
6	Загальні річні експлуатаційні витрати, грн	131602	63095
7	Собівартість очищення 1 т, грн/т	487,4	161,8
8	Річний економічний ефект, грн	-	68507
9	Термін окупності, роки	-	0,12

Висновок по розділу

У результаті проведених техніко-економічних розрахунків встановлено, що проєктована машина для очищення насіння люцерни є економічно ефективнішою порівняно з базовою. Її застосування дозволяє підвищити річний обсяг робіт з 270 до 390 т, зменшити кількість обслуговуючого персоналу з двох до одного працівника та суттєво знизити витрати електроенергії. Загальні річні експлуатаційні витрати зменшуються на 68507 грн, а собівартість очищення 1 т насіння знижується на 325,6 грн/т. Додаткові капіталовкладення на виготовлення проєктованої машини становлять 8200 грн, а термін їх окупності дорівнює 0,12 року. Це свідчить про високу економічну доцільність упровадження запропонованої конструкції.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Для якісного очищення насіння трав’яних кормових культур доцільно використовувати не одну окрему машину, а комплекс обладнання у складі технологічної лінії. На етапі попереднього та первинного очищення раціонально застосовувати повітряно-решітні машини типу ОВС-25 і агрегати ЗАВ, які забезпечують виділення основної маси легких, крупних і дрібних домішок.

2. Для вторинного очищення та доведення насіння до посівних кондицій ефективнішими є машини типу СМ-4, PETKUS, трієри та пневмостоли. Найвищу якість кінцевого сортування забезпечують пневмостоли, тоді як сучасні закордонні аналоги мають кращі можливості точного налаштування робочих режимів. Саме тому для подальшої модернізації обрано вібросепаратор, який може бути використаний у технологічній лінії для підвищення якості вторинного очищення та сортування насіння трав.

3. У результаті технологічного та кінематичного розрахунків підтверджено обґрунтованість прийнятих параметрів вібраційної насіннєочисної машини. Сумарна площа решіт становить 1,93 м², теоретична продуктивність - 1297,3 кг/год, коефіцієнт використання решітної поверхні - 0,69, а питоме навантаження - 466,3 кг/(м²·год). Це свідчить про достатню пропускну здатність решітного стана.

Кінематичні показники також відповідають вимогам роботи машини: при амплітуді 4 мм і частоті 450 хв$^{-1}$ забезпечується стійкий вібраційний режим із коефіцієнтом 0,91. Отже, вибрані параметри забезпечують ефективне переміщення матеріалу по решетах, якісне просіювання та очищення насіння трав.

4. У процесі експлуатації вібросепаратора необхідно забезпечувати виконання вимог охорони праці та екологічної безпеки. Безпечна робота машини залежить від справності електроприводу, віброзбуджувача,

решітного стана, підвісів і захисних огороджень. Використання вентиляції, аспіраційних систем та засобів індивідуального захисту дозволяє зменшити дію пилу, шуму й вібрації на оператора. Водночас своєчасний збір домішок, очищення запиленого повітря та раціональне споживання електроенергії знижують негативний вплив роботи вібросепаратора на навколишнє середовище.

5. У результаті техніко-економічних розрахунків встановлено, що проєктована машина для очищення насіння люцерни є ефективнішою за базовий варіант. Її використання забезпечує збільшення річного обсягу робіт з 270 до 390 т, зменшення кількості обслуговуючого персоналу до одного працівника та скорочення витрат електроенергії. Річний економічний ефект від упровадження проєктованої машини становить 68507 грн. За додаткових капіталовкладень 8200 грн термін окупності становить 0,12 року, що підтверджує економічну доцільність запропонованої модернізації.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Барановський В. М. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку : навчальний посібник / В. М. Барановський, В. М. Булгаков, В. Т. Надикто. - Київ : Аграрна освіта, 2013. - 452 с.

2. Булгаков В. М. Теорія і розрахунок сільськогосподарських машин / В. М. Булгаков, В. В. Адамчук, В. Т. Надикто. - Київ : НУБіП України, 2014. - 476 с.

3. Войтюк Д. Г. Сільськогосподарські машини : підручник / Д. Г. Войтюк, Л. В. Аніскевич, В. В. Іщенко. - Київ : Агроосвіта, 2015. - 679 с.

4. Войтюк Д. Г. Сільськогосподарські та меліоративні машини / Д. Г. Войтюк, В. О. Дубровін. - Київ : Вища освіта, 2004. - 544 с.

5. Дубровін В. О. Машини для післязбиральної обробки зерна : навчальний посібник / В. О. Дубровін, Д. Г. Войтюк. - Київ : НУБіП України, 2010. - 286 с.

6. Адамчук В. В. Механіко-технологічні основи створення і використання машин для післязбиральної обробки зерна / В. В. Адамчук. - Київ : Аграрна наука, 2012. - 260 с.

7. Погорілий Л. В. Випробування сільськогосподарської техніки: науково-методичні основи / Л. В. Погорілий, В. Я. Амбросов. - Київ : Фенікс, 2004. - 208 с.

8. Погорілий Л. В. Сільськогосподарська техніка: методи випробувань та оцінювання / Л. В. Погорілий. - Київ : Урожай, 2005. - 328 с.

9. Гевко Б. М. Технологічні машини: розрахунок і конструювання / Б. М. Гевко, І. Г. Ткаченко, Р. М. Рогатинський. - Тернопіль : ТНТУ, 2012. - 384 с.

10. Рогатинський Р. М. Механіко-технологічні процеси та обладнання переробних і харчових виробництв / Р. М. Рогатинський, Б. М.

Гевко. - Тернопіль : ТНТУ, 2013. - 312 с.

11. Мельник І. І. Проектування сільськогосподарських машин : навчальний посібник / І. І. Мельник, В. В. Іванишин, В. М. Рудь. - Київ : Центр учбової літератури, 2016. - 312 с.

12. Кравчук В. І. Сучасні тенденції розвитку конструкцій сільськогосподарської техніки / В. І. Кравчук, М. І. Грицишин. - Дослідницьке : УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2011. - 184 с.

13. Кравчук В. І. Машини для збирання, післязбиральної обробки та зберігання зерна / В. І. Кравчук, С. М. Коваль. - Дослідницьке : УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2013. - 228 с.

14. Сисолін П. В. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування / П. В. Сисолін, В. М. Сало, В. М. Кропивний. - Київ : Урожай, 2001. - 384 с.

15. Сало В. М. Технологічне обладнання для очищення та сортування зерна і насіння / В. М. Сало, О. В. Лузан. - Кіровоград : КНТУ, 2012. - 246 с.

16. Лузан П. Г. Машини та обладнання для післязбиральної обробки зерна / П. Г. Лузан, О. В. Лузан, В. М. Сало. - Кропивницький : ЦНТУ, 2017. - 280 с.

17. Тіщенко Л. М. Вібраційні зерноочисні машини: теорія, розрахунок, проектування / Л. М. Тіщенко. - Харків : ХНТУСГ, 2006. - 312 с.

18. Тіщенко Л. М. Динаміка та розрахунок вібраційних машин сільськогосподарського призначення / Л. М. Тіщенко, В. П. Ольшанський. - Харків : ХНТУСГ, 2010. - 274 с.

19. Ольшанський В. П. Коливання в сільськогосподарських машинах / В. П. Ольшанський, Л. М. Тіщенко. - Харків : Міськдрук, 2012. - 296 с.

20. Заїка П. М. Теорія сільськогосподарських машин. Машини для очищення і сортування насіння / П. М. Заїка. - Харків : ХДТУСГ, 2002. -

452 с.

21. Заїка П. М. Сепарація насіннєвих сумішей за фізико-механічними властивостями / П. М. Заїка. - Харків : ХДТУСГ, 2004. - 218 с.

22. Шевченко І. А. Післязбиральна обробка зерна та насіння / І. А. Шевченко, В. О. Демидов. - Київ : Аграрна освіта, 2011. - 248 с.

23. Демидов О. А. Насінництво польових культур / О. А. Демидов, С. І. Попов, В. В. Кириченко. - Харків : Інститут рослинництва ім. В. Я. Юр'єва НААН, 2016. - 356 с.

24. Кириченко В. В. Насінництво сільськогосподарських культур / В. В. Кириченко, С. І. Попов, В. К. Рябчун. - Харків : Магда LTD, 2009. - 320 с.

25. Калінчик М. В. Економіка та організація сільськогосподарського виробництва / М. В. Калінчик, М. М. Ільченко. - Київ : Центр учбової літератури, 2018. - 296 с.

26. Андрійчук В. Г. Економіка аграрних підприємств : підручник / В. Г. Андрійчук. - Київ : КНЕУ, 2013. - 624 с.

27. Ігнатенко М. М. Економічна ефективність технічного забезпечення аграрних підприємств / М. М. Ігнатенко. - Київ : ННЦ ІАЕ, 2015. - 198 с.

28. ДСТУ 4138-2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. - Київ : Держспоживстандарт України, 2003. - 173 с.

29. ДСТУ 2240-93. Насіння сільськогосподарських культур. Сортові та посівні якості. Технічні умови. - Київ : Держстандарт України, 1994. - 74 с.

30. Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві: НПАОП 01.0-1.02-18. - Київ : Міністерство соціальної політики України, 2018.

ДОДАТКИ

Фрм	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
					.	
				Документація		
А1			52.ДП.122.000.002. ВЗ	Вид загальний		
				Складові одиниці		
		1	52.ДП.123.001.002.	Станина	1	
		2	52.ДП.123.002.002.	Вібростіл	1	
		3	52.ДП.123.003.002.	Вал проміжний	1	
		4	52.ДП.123.004.002.	Муфта пружна	1	
		5	52.ДП.123.005.002	Віброзбудник	1	
		6	52.ДП.123.006.002.	Варіатор	1	
		7	52.ДП.123.007.002.	Важіль керування	1	
				варіатора	1	
		8	52.ДП.123.008.002.	Лоток завантажувальни	1	
		9	52.ДП.123.009.002.	Фіксатор пружини	28	
		10	52.ДП.123.010.002.	Електродвигун	1	
				ГОСТ 19523-81		
		11	52.ДП.123.011.002.	Стан решітний	1	
		12	52.ДП.123.012.002.	Вал-ексцентрик	1	
		13	52.ДП.123.013.002.	Пружина	28	
		14	52.ДП.123.014.002.	Шків	1	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	52.ДП.122.000.002. ВЗ			
Розроб.		Ковалик В.О			Вібросепаратор	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Кобець О.М						
Реценз.						ДДАЕУ		
Н. Контр.		Теслюк Г.В.						
Затверд.		Теслюк Г.В.						

фрм	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
					.	
				Документація		
А1			52.ДП.122.000.003.СК	Складальне креслення		
				Деталі		
		1	52.ДП.122.001.003.	Корпус в зборі	1	
		2	52.ДП.122.002.003.	Решето	3	
		3	52.ДП.122.003.003.	Піддон в зборі	3	
		4	52.ДП.122.004.003.	Рамка очисна	3	
		5	52.ДП.122.005.003.	Маточина	3	
		6	52.ДП.122.006.003.	Дошка похила	3	
		7	52.ДП.122.007.003.	Лоток розвантажувальний	6	
		8	52.ДП.122.008.003.	Лоток завантажувальни	3	
		9	52.ДП.122.009.003.	Кулька гумова	140	
		10	52.ДП.122.010.003.	Натяжний пристрій	3	
		11	52.ДП.122.011.003.	Дільник	3	
		12	52.ДП.122.012.003.	Вісь	3	
		13	52.ДП.122.013.003.	Втулка	6	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	52.ДП.122.000.003.СК			
Розроб.		Ковалик В.О			Стан решітний (Складальне креслення)	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Кобець О.М.						
Реценз.						ДДАЕУ		
Н. Контр.		Теслюк Г.						
Затверд.		Теслюк Г.В.						

фрм	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
					.	
				Документація		
А3			52.ДП.122.000.003.СК	Вал-ексцентрик		
				Деталі		
			52.ДП.122.200.003	Вал	1	
			52.ДП.122.100.003	Штовхач	1	

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	52.ДП.122.000.005. СК		
Розроб.		Ковалик В.О			Вал-ексцентрик (Складальне креслення)	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Кобець О.М						
Реценз.						ДДАЕУ		
Н. Контр.		Теслюк Г.В						
Затверд.		Теслюк Г.В.						