

**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 дипломної роботи

освітнього ступеня "Бакалавр" на тему:

**Удосконалення механізації післязбирального
обробітку врожаю з розробкою конструкції
очисника вороху**

Виконав: студент 4 курсу,
за спеціальністю 208 "Агроінженерія"

_____Моніч Ярослав Євгенович

Керівник: _____Пугач Андрій Миколайович

Рецензент: _____

Дніпро 2025

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Освітній ступінь: «Бакалавр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

ТСГМ

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Теслюк Г.В.

(підпис)

ініціали

(прізвище)

« » 2025 р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ**

Монічу Ярославу Євгеновичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Удосконалення механізації післязбирального обробітку врожаю з розробкою конструкції очисника вороху

Пугач Андрій Миколайович, д.н. держ. упр., к.т.н., проф.

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від

«07» травня 2025 року № 964

2. Строк подання студентом роботи 30.05.2025 р.

3. Вихідні дані до проєкту Огляд стану питання в галузі машинобудування та існуючих машин. Патентний пошук, аналіз літературних джерел, останніх досліджень з обраної тематики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Коротка характеристика підприємства. 2. Аналіз способів і технічних засобів. 3. Обґрунтування конструктивних параметрів. 4. Охорона праці та захист навколишнього середовища. 5. Техніко-економічне обґрунтування проєкту. Висновки та пропозиції. Список використаних джерел.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Огляд існуючих конструкцій. 2. Загальний вигляд машини (вузла) 3. Складальне креслення 4. Деталювання 5. Економічні показники. 6. Висновки

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Пугач А.М., професор		
2	Пугач А.М., професор		
3	Пугач А.М., професор		
4	Пугач А.М., професор		
5	Пугач А.М., професор		
нормоконтроль	Теслюк Г.В., доцент		

7. Дата видачі завдання: 16.09.2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 30.09.2024 р.	Виконав
2	Технологічний	до 28.10.2024 р.	Виконав
3	Конструкційний	до 24.02.2025 р.	Виконав
4	Охорона праці та захист навк. серед.	до 31.03.2025 р.	Виконав
5	Економічний	до 28.04.2025 р.	Виконав
6	Графічна частина	до 30.05.2025 р.	Виконав

Студент

_____.
(підпис)

_____.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____.
(підпис)

_____.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Моніч Ярослав Євгенович Удосконалення механізації післязбирального обробітку врожаю з розробкою конструкції очисника вороху / Випускний кваліфікаційний проєкт на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» - ДДАЕУ, Дніпро, 2025.

У першому розділі представлено аналіз діяльності базового господарства.

У другому розділі проведено огляд існуючих конструкцій та технічних рішень за темою проєкту.

У третьому розділі представлено обґрунтування технологічного процесу та конструкції.

У четвертому розділі приведено основні заходи з охорони праці при роботі з розробленою конструкцією.

У п'ятому розділі приведено оцінку економічної ефективності від впровадження.

Дипломний проєкт виконано на 87 сторінках машинописного тексту, містить 24 джерел використаної літератури.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА.....	9
Висновки.....	18
2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ І СПОСОБІВ.....	19
2.1 Вимоги до процесу агротехнічні	19
2.2 Огляд існуючих конструкцій.....	23
Висновки.....	40
3 КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ОБГРУНТУВАННЯ	41
3.1 Опис розробленої конструкції.....	41
3.2 Розрахунок роботи сітчастого барабану	46
3.3 Кінематичні розрахунки.....	53
3.4 Розрахунки на міцність	60
3.5 Обґрунтування та розрахунок засобів для післязбиральної обробки зерна.....	71
Висновки.....	73
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА..	75
Висновки.....	78
5 ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ ЕКОНОМІЧНЕ.....	80
Висновки.....	82
ВИСНОВКИ ЗАГАЛЬНІ.....	83
ЛІТЕРАТУРА.....	85
ДОДАТКИ.....	88

ВСТУП

Зернове господарство є однією з ключових галузей аграрного сектору, яка безпосередньо впливає на продовольчу безпеку країни, рентабельність сільськогосподарського виробництва та якість кінцевої продукції. Вирощування зернових культур включає в себе цілий комплекс агротехнічних операцій, серед яких очищення та сортування зернових матеріалів займають важливе місце. Саме на цьому етапі формується якісний посівний матеріал, визначається подальша ефективність зберігання та переробки зерна, а також забезпечується відповідність нормативним вимогам щодо якості продукції.

Після збирання зерна воно, як правило, містить значну кількість домішок – як органічного, так і мінерального походження. До перших відносять залишки соломи, шматочки стебел, бур'янисті насіння та інші частинки рослинного походження, а до других – пісок, грудки землі, уламки каміння тощо. Крім того, у зерновій масі можуть бути присутні зерна, уражені хворобами, зіпсовані або пошкоджені шкідниками. Така наявність домішок не лише знижує товарну якість зерна, а й ускладнює його подальше використання – як для посіву, так і для переробки чи продажу.

Очищення зернових матеріалів – це процес видалення з зернової маси всіх сторонніх домішок та неякісного зерна з метою покращення якісних характеристик. Цей процес може бути як первинним (проводиться безпосередньо після збирання врожаю), так і вторинним (з метою досягнення високих стандартів чистоти, наприклад, перед зберіганням або переробкою). Сортування, у свою чергу, передбачає розподіл очищеного зерна за певними параметрами – масою, розміром, формою, щільністю, кольором тощо. Такий підхід дозволяє не лише підвищити якість продукції, а й забезпечити її відповідність до вимог споживачів та переробників.

Сучасні технології очищення та сортування зерна базуються на використанні широкого спектра машин та обладнання, серед яких — сепаратори, трієри, аспіраційні установки, фотосепаратори, вібраційні столи

тощо. Кожна з цих машин виконує свою специфічну функцію, і ефективність очищення значною мірою залежить від правильного підбору та налаштування обладнання, а також від поєднання кількох методів очищення – механічного, пневматичного, оптичного, магнітного тощо. Водночас, значення мають і конструктивні особливості самих машин, і режимні параметри їхньої роботи.

Слід зазначити, що очищення та сортування зернових матеріалів є не лише технічним процесом, а й економічно значущим етапом. Від його якості залежать не лише кінцеві втрати продукції, але й витрати на зберігання, транспортування та переробку. Крім того, якісне очищення дозволяє зменшити ризики псування зерна, розвиток грибкових захворювань та ураження шкідниками під час зберігання. З іншого боку, недосконалі технології або невірно налаштоване обладнання можуть призвести до втрат цінного зерна або недостатнього рівня очищення.

У сучасних умовах особливої актуальності набуває питання впровадження енергоощадних, автоматизованих та екологічно безпечних технологій в процес очищення та сортування зерна. Використання інтелектуальних систем управління, автоматизованих систем контролю якості, цифрових датчиків та комп'ютерного зору відкриває нові можливості для підвищення продуктивності та ефективності роботи зерноочисних комплексів.

Таким чином, очищення та сортування зернових матеріалів є багатофакторним і технологічно складним процесом, який вимагає врахування фізико-механічних властивостей зерна, технічних характеристик обладнання, а також економічних аспектів виробництва. У цьому розділі буде розглянуто основні методи, принципи та обладнання, що застосовуються на практиці для ефективного очищення та сортування зернових культур. Окрему увагу буде приділено сучасним тенденціям у цій сфері, а також перспективам удосконалення наявних технологій.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА

Сільськогосподарський кооператив "Придніпрянський" є одним із ключових аграрних підприємств у регіоні, яке спеціалізується на вирощуванні зернових, олійних культур та тваринництві. Протягом останнього звітнього періоду кооператив продемонстрував стабільну роботу та поступове зростання виробничих показників, попри складні погодні умови та загальні економічні виклики.

Основними напрямками діяльності кооперативу залишаються рослинництво й тваринництво, причому перше формує основну частину доходів. Завдяки впровадженню сучасних агротехнологій, оптимізації сівозмін та оновленню технічного парку, було досягнуто високої врожайності основних культур. Зокрема, збільшено валовий збір пшениці, соняшнику та кукурудзи.

У тваринницькому секторі відзначено незначне зростання продуктивності великої рогатої худоби та стабільний рівень надоїв молока. Це стало можливим завдяки покращенню умов утримання тварин, введенню сучасних кормових добавок і ветеринарного супроводу.

Фінансові показники кооперативу свідчать про позитивну динаміку: виручка зросла, при цьому вдалося знизити собівартість основної продукції за рахунок оптимізації виробничих процесів. Також варто відзначити активну участь кооперативу в державних програмах підтримки агровиробників, що дозволило залучити додаткові інвестиції на оновлення матеріально-технічної бази.

Важливим напрямом розвитку кооперативу є впровадження екологічно чистих технологій та раціональне використання природних ресурсів, що відповідає сучасним вимогам сталого агровиробництва.

У підсумку, діяльність СК "Придніпрянський" демонструє ефективну модель господарювання, орієнтовану на довгострокову стабільність, інноваційний розвиток і соціальну відповідальність перед громадою

Аналіз ґрунтових та кліматичних умов

Територія, на якій здійснює господарську діяльність СК «Придніпрянський», характеризується сприятливими природно-кліматичними умовами, що створюють добрі передумови для розвитку інтенсивного землеробства. Основною агрокліматичною зоною є степова частина Придніпров'я, яка вирізняється достатнім тепловим ресурсом та переважно чорноземними ґрунтами.

Ґрунтові умови

Переважаючим типом ґрунтів є чорноземи звичайні та південні, які мають високий рівень природної родючості. Вони відзначаються:

- хорошою структурою,
- високим вмістом гумусу (до 4–5% у верхньому шарі),
- оптимальними водно-повітряними властивостями.

Ці ґрунти є придатними для вирощування широкого спектра культур, зокрема зернових, бобових та олійних. Однак спостерігається тенденція до поступового зниження рівня гумусу внаслідок інтенсивної експлуатації земель без достатнього органічного удобрення. Це потребує впровадження системи заходів щодо відновлення родючості – застосування сидератів, гною, компостів та мінімального обробітку ґрунту.

Кліматичні умови

Клімат району – помірно-континентальний, з чітко вираженими сезонами. Для нього характерні:

- Середньорічна температура повітря: +9...+10 °С
- Середня температура вегетаційного періоду: +17...+22 °С
- Кількість опадів: 400–550 мм на рік, з яких більшість припадає на теплий період

Попри загалом сприятливий клімат, у регіоні останніми роками все частіше фіксуються:

- весняні та літні посухи,

- нестійкі опади (тривалі посушливі періоди змінюються короткочасними зливами),
- весняні заморозки, що можуть пошкоджувати озимі культури.

Така мінливість клімату вимагає від господарства адаптаційних заходів – зокрема, впровадження посухостійких сортів, точного землеробства, крапельного зрошення (де можливо) та мульчування для збереження вологи.

Вплив ґрунтово-кліматичних умов на господарську діяльність

Завдяки високій природній родючості ґрунтів та загалом сприятливому клімату, кооператив "Придніпрянський" має добрі передумови для стабільного ведення аграрного виробництва. Проте кліматичні ризики останніх років, зокрема посухи, вимагають від господарства гнучкості та готовності до адаптації.

Одним із стратегічних напрямів у відповідь на ці виклики є:

- впровадження агрокліматично адаптованих технологій,
- раціональне використання земельних ресурсів,
- застосування збалансованого удобрення,
- розвиток ґрунтозахисного землеробства (мінімальний або нульовий обробіток, мульчування, сидерати),
- моніторинг кліматичних змін і прогнозування агротехнічних рішень.

Все це дає змогу не лише зберегти, але й поступово підвищувати ефективність виробництва навіть за умов зростаючої кліматичної нестабільності.

Землекористування та структура посівних площ

Прогресивна технологія передбачає способи і послідовність операцій, перелік технічних засобів, режими їх робіт, контроль якості роботи, технологічні карти вирощування с.-г. культур, необхідне для раціональної організації виробництва. Також необхідно розрахувати оптимально потрібну кількість машин, скласти графік роботи, визначити економічні показники.

Підприємство має достатню кількість техніки для догляду земельних угідь площею 3157 га.

Технічна озброєність господарства і забезпеченість сільськогосподарською технікою

Господарство має такий машино-тракторний парк:

Таблиця 1.1

Наявність тракторів

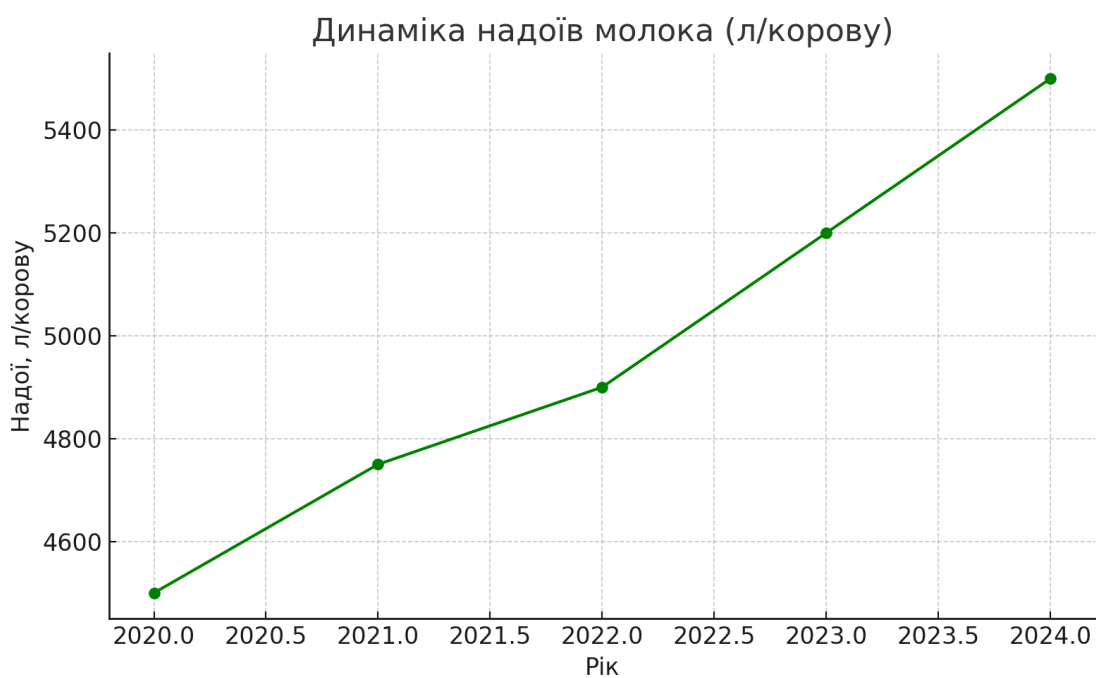
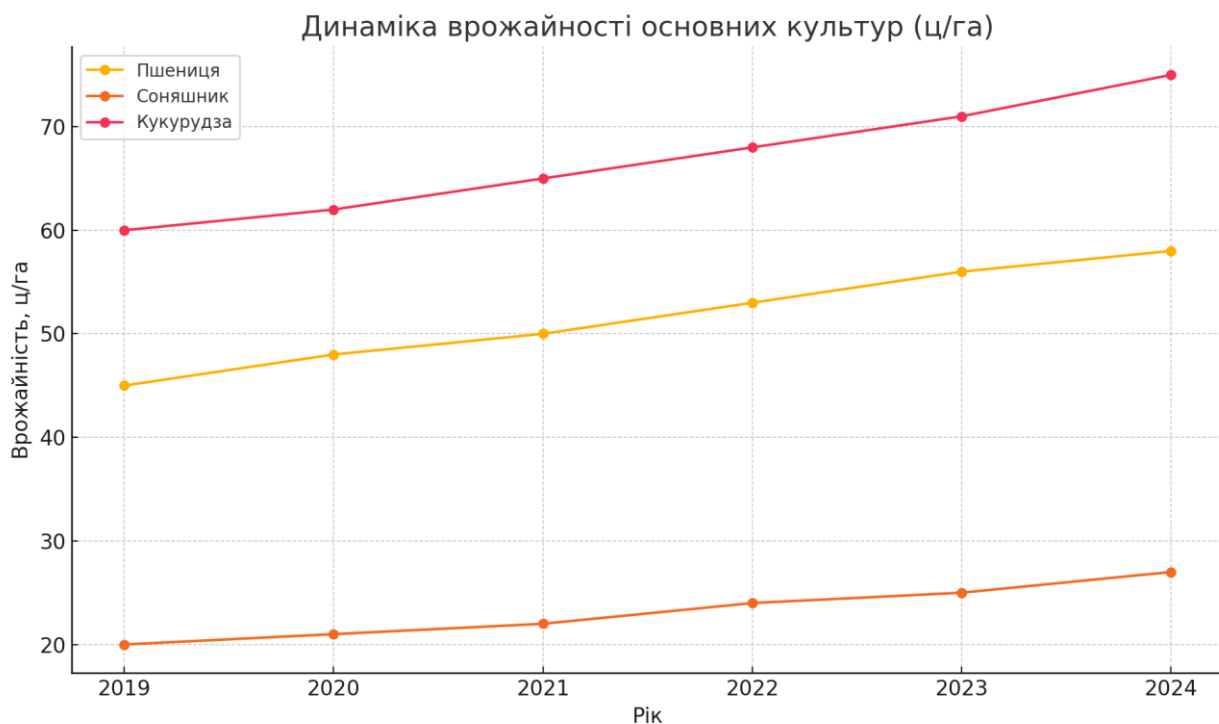
№ п/п	Марка машини	Кількість
1	T-150K	4
2	T-150	2
3	ДТ-75	2
4	T-70	3
5	T-130	1
6	T-170	1
7	МТЗ-80	5
8	МТЗ-82.1.26	3
9	ЮМЗ-6	1
10	CASE MX 310	1
11	JOHN DEERE 8430	1

Таблиця 1.2

Наявність комбайнів

№ п/п	Марка машини	Кількість
1	ДОН-1500	2
2	СК-5 «Нива»	2
3	КС-6Б	1
4	КСКУ-6	2

Аналіз результатів господарської діяльності підприємства



Максимальна кількість озимої пшениці склала 3616,9 т, озимого ячменю – 976,9 т і ярого ячменю – 280 т. Загальна кількість зібраного врожаю зернових склала 4873,8 т.

Таблиця 1.3

Валовий збір зернових за останні три роки

Культура	Збір зернових по роках, т		
	2022	2023	2024
Озима пшениця	3616,9	1859,0	1553,0
Озимий ячмінь	976,9	803,8	426,0
Яровий ячмінь	280,0	289,1	236,0
Всього за рік	4873,8	2951,9	2215,0

Рисунок 1.1 - Валовий збір зернових за 2022 – 2024 рр.

Жнива у 2022 році почалися 21.06 й скінчилися 31.07. За такий великий строк збирання врожаю були значні втрати зерна осипом.

Максимальне надходження зерна за добу на зерно комплекс склало 420 т.

Таблиця 1.4

Добове надходження зерна на зерно комплекс

Дата	Культура, т		
	Озима пшениця	Озимий ячмінь	Яровий ячмінь
26.06	-	325,4	-
27.06	-	201,42	-
28.06	-	301,25	-
29.06	-	340,13	-
30.06	-	101,46	42,04
1.07	-	-	77,96

2.07	-	-	136,91
3.07	-	-	23,09
4.07	36,49	-	-
5.07	32,30	-	-
6.07	100,96	-	-
7.07	91,23	-	-
8.07	91,20	-	-
9.07	-	-	-
10.07	-	-	-
11.07	-	-	-
12.07	95,49	-	-
13.07	126,37	-	-
14.07	193,57	-	-
15.07	128,43	-	-
16.07	127,93	-	-
17.07	-	-	-
18.07	241,57	-	-
19.07	301,00	-	-
20.07	419,87	-	-
21.07	275,06	-	-
22.07	446,72	-	-
23.07	248,20	-	-
24.07	112,64	-	-
25.07	203,02	-	-
26.07	290,80	-	-
27.07	54,15	-	-

Всього	3616,90	976,80	280,00
--------	---------	--------	--------

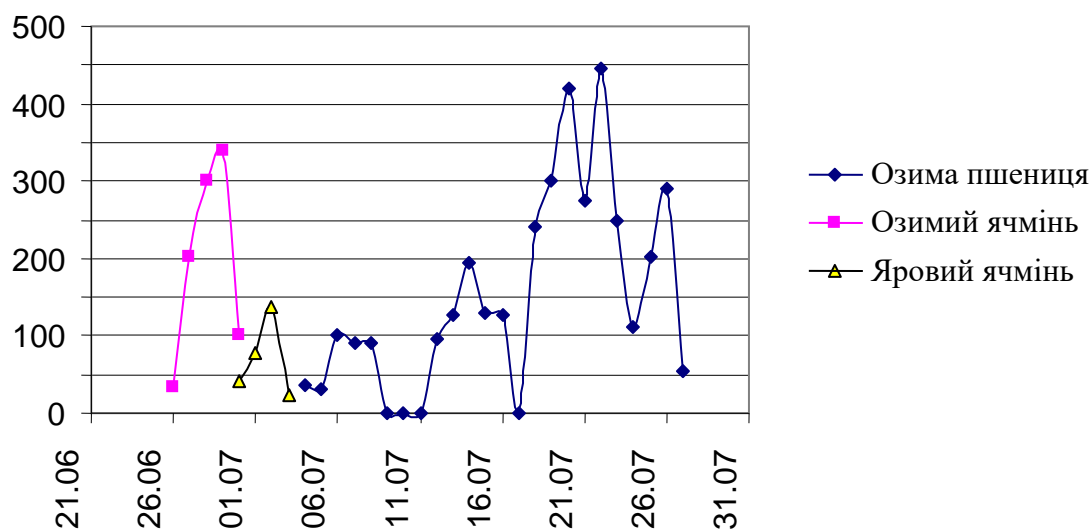


Рисунок 1.2 - Добове надходження зерна у 2024 році, т

На зернокомплексі є склади насіння та фуражного зерна, ангар для прийому та зберігання зерна, два відкритих майданчика, стаціонарна та пересувна техніка, слюсарно-механічна ділянка та вагова (табл. 1.6, рис. 1.3).

Таблиця 1.5

Обладнання та споруди зернокомплексу

№ п.п	Обладнання, споруда	Марка	Кількість, шт.
1	Вагова		1
2	Склад насіння		1
3	Ангар для зберігання зерна		1
4	Склад для зберігання зерна		1
5	Відкритий майданчик		2
6	Стаціонарна техніка	ЗАВ-20	1
7		Р-8-УЗК-50	1

8	Пересувна техніка	ЗМ-30	2
9		ЗМ-60	2
10		ЗПС-100	2
11	Протруювач насіння	ПС-10А	1

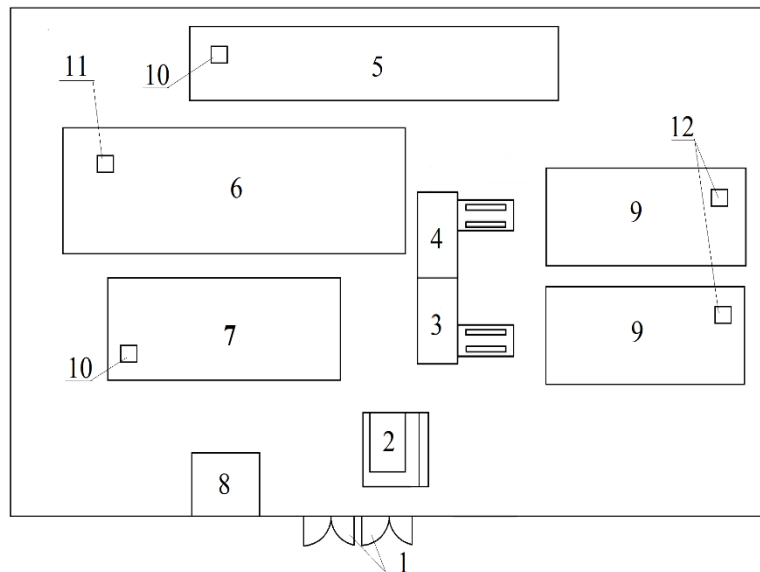


Рисунок 1.3 - План зернокомплексу: 1 - ворота; 2 - вагова; 3 - агрегат Р8-УЗК-50; 4 - агрегат ЗАВ-20; 5 - склад фуражного зерна; 6 - ангар; 7 - склад насіння; 8 - механічна ділянка; 9 - відкриті майданчики; 10 - навантажувач ЗМ-30; 11 - навантажувач ЗМ-60; 12 - навантажувач ЗПС-100.

Технології післязбиральної обробки зерна і насіння складається з таких операцій.

Для товарного зерна: зважування; очищення на ЗАВ-20, Р-8-УЗК-50; зважування; перевезення від ЗАВ-20, Р-8-УЗК-50 у склад; буртування у складі ЗМ-60; перебуртування при зберіганні ЗМ-30.

Для насіннєвого зерна: завантаження у складі ЗМ-30; зважування; перевезення зі складу на ЗАВ-20; калібрування на ЗАВ-20; зважування; перевезення від ЗАВ-20 у склад; буртування у складі.

Аналіз технології післязбиральної обробки зерна у господарстві показав, що має місце перевалочний спосіб обробки зерна і зовсім відсутня операція попередньої очистки. Тому на зерноочисному агрегаті ЗАВ-20 пропонується встановити експериментальну машину попередньої очистки зерна, яка надасть можливість забезпечити більш якісну очистку вихідного зернового матеріалу.

Висновки

Аналіз характеристики господарства, статистичних даних надходження та вивозу зернових матеріалів і технічного стану зерно комплексу вказує на те, що в господарстві відсутня повнопоточна механізована технологія по обробітку надійшовшого зерна. На зернокомплексі ми помічаємо його низьку пропускну спроможність, що зумовлює появу перевалочного методу обробітку надійшовшого зерна. Наслідком використання якого є: використання значної кількості ручної праці, підвищеного травмування насіння, відносно високий рівень втрат, залежність від погодних умов та збільшення агростроків обробітку зерна.

СК «Придніпрянський» демонструє стабільні темпи розвитку, раціонально використовуючи доступні ресурси. Ефективне поєднання рослинництва та тваринництва створює диверсифіковану модель, стійку до коливань ринку. Ґрунтові та кліматичні умови регіону є сприятливими, але потребують адаптивного підходу в умовах кліматичних змін. Господарство активно впроваджує сучасні технології, що дозволяє нарощувати врожайність і підвищувати якість продукції. Фінансова звітність свідчить про позитивну динаміку: зростання доходів, зменшення витрат, збільшення прибутку. Успішне управління кооперативом базується на системному аналізі, плануванні та інвестиціях у розвиток.

Для запобігання цих явищ нами пропонується механізація післязбирального обробітку врожаю з розробкою конструкції ворохоочисника.

2 АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ І СПОСОБІВ

2.1 Вимоги до процесу агротехнічні

Основні агротехнічні вимоги до післязбирального обробітку врожаю зернових культур включають такі етапи та заходи:

1. Збір врожаю:

- Оптимальний час для збору: Збір зерна слід проводити в оптимальні терміни, коли вологість зерна знаходиться в межах 12-14%, що сприяє збереженню якості зерна та зменшенню втрат при збиранні.
- Регулювання параметрів комбайнів: Для зменшення втрат під час збору зерна необхідно правильно налаштувати комбайни, зокрема налаштувати швидкість обертання барабана, вирівнювання жнивних столів та очищення зерна.

2. Очищення та сортування зерна:

- Очищення від домішок: Зерно після збору потрібно очистити від сміття, пилу, частинок соломи, що знижують його якість. Очищення за допомогою спеціалізованих машин дозволяє отримати чисте зерно та зменшити ризик захворювань.
- Сортування за калібрами: Зерно слід сортувати за розмірами та вагою, щоб забезпечити рівномірне його використання для подальшої переробки або посіву.

3. Сушіння зерна:

- Контроль вологості: Вологість зерна після збору може бути значно вищою за оптимальну для зберігання (12-14%). Для запобігання псуванню, зерно потрібно висушити до необхідного рівня вологості, використовуючи сушки.
- Правильний режим сушіння: Важливо забезпечити правильний температурний режим при сушінні, щоб уникнути перегріву зерна, що

може призвести до втрати поживних речовин та зниження схожості при посіві.

4. Зберігання зерна:

- Зберігання в умовах, що запобігають плісняві та шкідникам: Зерно повинно зберігатися в сухих, добре вентильованих приміщеннях або складах з контрольованою температурою та вологістю. Необхідно вжити заходів для запобігання розвитку грибкових захворювань та заселення шкідників (щурів, комах).
- Перевірка на якість та безпеку: Регулярна перевірка стану зерна в процесі зберігання, включаючи контроль за рівнем вологості, температури та наявності шкідників.

5. Обробка перед реалізацією:

- Підготовка до переробки: Перед відправкою зерна на переробку його можна піддати додатковій обробці, наприклад, через обробку проти грибкових захворювань або для підвищення збереженості.
- Пакування та транспортування: Зерно має бути правильно упаковане для транспортування, щоб уникнути механічних пошкоджень та псування під час транспортування до місць зберігання чи переробки.

6. Забезпечення санітарних вимог:

- Профілактика забруднення: Необхідно проводити регулярне очищення та дезінфекцію обладнання, яке контактує з зерном, а також забезпечувати дотримання санітарних норм на складах та в місцях зберігання.

7. Системи моніторингу та контролю якості:

- Використання сучасних технологій: Для забезпечення високої якості зерна та зменшення втрат рекомендується застосовувати сучасні системи моніторингу та автоматизовані засоби контролю вологості, температури та стану зерна під час зберігання та транспортування.

8. Управління фітосанітарним станом:

- Контроль за шкідниками та хворобами: Після збирання врожаю важливо контролювати наявність шкідників та хвороб у зерні та на зберіганні. Для цього використовуються методи обробки зерна проти комах-шкідників та грибкових захворювань (наприклад, обробка інсектицидами чи фунгіцидами, якщо це дозволяється технологією та регламентом).
- Використання біопрепаратів: Для зниження хімічного навантаження можна застосовувати біопрепарати, які допомагають у боротьбі з патогенами і шкідниками, що впливають на якість зерна.

9. Управління якістю зерна:

- Проведення лабораторних випробувань: Для визначення якості зерна необхідно проводити лабораторні випробування, включаючи визначення вмісту білка, вологи, клейковини та інших характеристик, важливих для класифікації та подальшого використання зерна.
- Клас та категорія зерна: Зерно повинно бути класифіковане за якістю та відповідно до вимог ринку або для подальшого посіву. Після збору необхідно визначити його клас (перший, другий, третій) залежно від зовнішнього вигляду, чистоти та інших параметрів.

10. Нормування витрат енергоресурсів:

- Оптимізація витрат енергії: Використання енергозберігаючих технологій при сушінні та очищенні зерна дозволяє зменшити витрати енергоресурсів, знижуючи загальні витрати на післязбиральну обробку та підвищуючи ефективність процесу.
- Використання відновлювальних джерел енергії: Деякі агрогосподарства впроваджують технології, що дозволяють використовувати відновлювальні джерела енергії, такі як сонячні панелі чи біомасу, для обробки зерна, що також сприяє зниженню витрат на енергію.

11. Організація роботи та логістики:

- Планування роботи з обробки та зберігання зерна: Важливо розробити чіткий графік обробки зерна, щоб забезпечити ефективне використання

всього технічного обладнання, уникати перевантаження та зберегти високу якість зерна.

- **Транспортування та зберігання:** Для забезпечення безпечного транспортування зерна до місць зберігання чи переробки важливо використовувати відповідний транспорт, який забезпечує захист від механічних пошкоджень і погодних умов (покриття на транспортних засобах, герметичні контейнери).

12. Підготовка до посіву наступного врожаю:

- **Якість посівного матеріалу:** Якщо частина зерна планується використовувати як насіння для наступного сезону, необхідно проводити додаткову обробку, щоб забезпечити високу схожість і енергію проростання, а також уникнути перенесення хвороб.
- **Зберігання насіннєвого матеріалу:** Насіння повинно зберігатися в умовах, які запобігають його псуванню, із контролем вологості та температури, щоб підтримувати його життєздатність до наступного сезону.

13. Екологічна безпека та стійкість системи:

- **Системи утилізації відходів:** Важливо налаштувати системи утилізації відходів зерна (наприклад, соломи, лушпиння, залишки від очищення), що можуть бути використані для біоенергетичних цілей або як органічні добрива.
- **Підтримка біорізноманіття:** Протягом обробки зернових культур слід уникати використання агресивних хімікатів та пестицидів, які можуть погіршити стан навколишнього середовища, і вживати заходи для збереження біорізноманіття в агроценозах.

14. Використання інформаційних технологій та автоматизації:

- **Автоматизація процесів:** Впровадження автоматизованих систем для контролю за параметрами зберігання, сушіння та транспортування зерна дозволяє зменшити людський фактор і підвищити ефективність та точність виконуваних робіт.

- Системи моніторингу: Використання датчиків для моніторингу вологості, температури та інших параметрів зерна на складах дозволяє своєчасно реагувати на зміни умов і запобігати псуванню.

15. Загальні вимоги

- Машина повинна при однократній обробці знижувати вміст сорної домішки до 4%, у тому числі соломистої домішки до 0,2%.
- Машина повинна цілком виділяти домішки шириною більш 20 міліметрів.
- Повнота виділення сорної домішки повинна бути не менш 0,6, а часток стебел довжиною більш 50 мм — не нижче 0,9.
- Машина повинна розділяти оброблюваний матеріал на дві фракції — очищене зерно і відходи.
- Втрата вільного основного зерна у відходи не повинна перевищувати 0,05% маси зерна у вихідному матеріалі.
- Дроблення зерна машиною не повинне перевищувати 0,1 %.
- Підсор зерна і відходів машиною не допускається.
- Конструкція машини повинна забезпечувати повне очищення її від оброблюваного матеріалу.

Ці вимоги сприяють збереженню високої якості зерна, зменшенню втрат при післязбиральному обробітку та забезпеченню оптимальних умов для подальшої переробки або зберігання зернових культур.

2.2 Огляді існуючих конструкцій

Сепарація зернового вороху є важливим етапом у післязбиральній обробці зерна. Для ефективного відділення зерна від домішок (солома, камінці, пил, інші частки) використовують різні конструкції та машини, які спеціалізуються на сепарації. Ось кілька основних конструкцій, що використовуються для цієї мети:

1. Вібраційні сепаратори

Вібраційні сепаратори (чи вібраційні сито) використовуються для поділу зерна та домішок за допомогою вібрацій. Це один із найпоширеніших типів обладнання для сепарації зернового вороху.

Конструкція:

- Корпус: Сепаратори мають металевий корпус, в якому розташовуються вібруючі сита.
- Вібраційний механізм: Використовуються електродвигуни або ексцентрикові вали, що створюють коливання. Вібрація дозволяє зерну та домішкам рухатись по ситі, де зерно, в залежності від розміру, проходить через отвори, а більші домішки залишаються на поверхні.
- Сита: Сита з різними розмірами отворів дозволяють розділяти зерно за розмірами та формою.

Переваги:

- Висока продуктивність.
- Добре очищення від дрібних домішок (пил, частини соломи).
- Простота в експлуатації.

2. Аеродинамічні сепаратори (повітряні сепаратори)

Аеродинамічні сепаратори використовують принцип відокремлення зерна та домішок на основі різниці в їх масі та аеродинамічних властивостях.

Конструкція:

- Повітряний потік: Повітряний потік розподіляється по камері сепаратора таким чином, що зерно, яке має більшу масу, падає вниз, а легші домішки (наприклад, пил або легка солома) піднімаються вгору і відводяться через систему вентиляції.
- Регулювання повітряного потоку: Важливим елементом є регулювання швидкості повітря для досягнення максимально ефективного розділення.

Переваги:

- Висока ефективність для відділення легких домішок.

- Не пошкоджує зерно.
- Використовується для очищення зерна від пилу та легких часток.

3. Циклонні сепаратори

Циклонні сепаратори використовують принцип відцентрової сили для відділення домішок від зерна.

Конструкція:

- Циклон: Основним елементом є вертикальний або горизонтальний корпус у вигляді циліндра, всередині якого створюється обертальний потік повітря. Завдяки цьому зерно та домішки піддаються відцентровій силі, і важчі частинки осідають на дно, а легші піднімаються і відводяться через верхню частину.

- Регулювання параметрів: Важливо правильно налаштувати швидкість повітряного потоку та кут нахилу циклону для оптимального відділення різних домішок.

Переваги:

- Висока ефективність при обробці великої кількості вороху.
- Чітке розділення за різними масами.
- Застосовуються для очищення зерна від легких часток та пилу.

4. Гравітаційні сепаратори

Гравітаційні сепаратори використовують силу тяжіння для відділення зерна від домішок, залежно від різниці в густині часток.

Конструкція:

- Коливання і нахил: На поверхні сепаратора розташовуються сита або сітчасті поверхні, що коливаються або нахиляються під певним кутом, що дозволяє зерну і домішкам зміщуватися по поверхні під дією сили тяжіння.

- Регулювання кута нахилу: Кут нахилу сепаратора та сила коливань можуть бути регульовані для досягнення оптимальних умов для сепарації.

Переваги:

- Добре підходять для розділення за густиною.
- Висока ефективність при очищенні від важких домішок.
- Можливість досягнення високої чистоти зерна.

5. Механічні сепаратори (сита, барабани)

Механічні сепаратори використовують різні типи сіток і барабанів для відділення зерна від домішок.

Конструкція:

- Барабани та сита: Сепаратори можуть мати барабан з отворами або сита з різним розміром отворів. Зерно проходить через сита або барабани, де домішки залишаються на поверхні або всередині барабану.
- Поступальний рух: Сита можуть рухатись поступально або обертатись, щоб забезпечити ефективне розділення зерна та домішок.

Переваги:

- Простота конструкції та експлуатації.
- Зручність в обслуговуванні.
- Підходить для грубого очищення зерна від великих домішок.

6. Магнітні сепаратори

Для видалення металевих часток із зернового вороху застосовують магнітні сепаратори, що використовують магнітні сили для притягування металевих домішок.

Конструкція:

- Магнітні ролики або стержні: Вони розташовуються на шляху зернового потоку. Металеві частки притягуються до магнітів і

залишаються на їх поверхні, поки не будуть видалені через механічну систему.

Переваги:

- Ефективно видаляє металеві частки з вороху.
- Підвищує якість зерна.
- Не пошкоджує зерно і не вимагає значних витрат енергії.

7. Шнекові сепаратори

Шнекові сепаратори використовуються для поділу зерна і домішок, особливо коли необхідно обробити великий обсяг зернового вороху.

Конструкція:

- Шнекова система: Шнек (спіраль) просуває зерно через робочу камеру, де відбувається сепарація. Залежно від типу шнека (наприклад, однорядний чи багаторядний) зерно проходить різні етапи очищення.

- Сітки та решета: Зерно просувається через сітки або решета з різними розмірами отворів, що дозволяє відокремлювати дрібні домішки, такі як пил, камінці, частки соломи.

Переваги:

- Підходять для грубого очищення зерна від великих домішок.
- Простота в обслуговуванні і експлуатації.
- Мають високу продуктивність при обробці великих обсягів зернового вороху.

8. Пневматичні сепаратори (повітряно-сіткові сепаратори)

Пневматичні сепаратори поєднують принцип аеродинамічної сепарації з використанням спеціальних сіток для поділу зерна від домішок.

Конструкція:

- Система вентиляції: На робочій поверхні сепаратора розташовані сітки або сита, крізь які проходить повітряний потік. Легші домішки піднімаються вгору і виводяться через спеціальні канали, а

зерно залишається на ситах або поверхнях, які зберігають його відділеним від легких часток.

- Регульовані параметри: Важливими характеристиками є налаштування швидкості повітряного потоку і кута нахилу сіток для оптимізації процесу очищення.

Переваги:

- Висока ефективність для очищення зерна від легких домішок, таких як пил та дрібні частини рослин.
- Не пошкоджує зерно та дозволяє досягти високої якості очищення.
- Можна використовувати для обробки зерна різних культур.

9. Центрифугальні сепаратори

Центрифугальні сепаратори використовують принцип обертання для відділення зерна від домішок, заснований на різниці в масі та швидкості осідання часток.

Конструкція:

- Центрифугальний барабан: Зерно потрапляє в обертальний барабан, де під дією центрифуги домішки розділяються за різними характеристиками (масою, формою).
- Переміщення зерна: Завдяки різній швидкості осідання часток зерно та домішки переміщуються в різні напрямки, що забезпечує ефективну сепарацію.

Переваги:

- Висока ефективність для відокремлення зерна від часток, що мають значну різницю у масі.
- Використовуються для очищення зерна від камінців, насіння бур'янів та інших важких домішок.
- Підвищують ефективність за рахунок центрифугальної сили.

10. Механізм з барабаном та обертовими ситами

Цей тип сепараторів використовується для більш дрібного очищення зернового вороху, зазвичай для сортування на більш точні фракції.

Конструкція:

- Барабан з сіткою: У сепараторі є обертовий барабан з сіткою, через яку зерно проходить, а домішки залишаються на зовнішній поверхні або переміщуються в іншу частину пристрою.
- Рухома сітка: Важливими є рухомі сітки, що дозволяють очищати зерно від дрібних часток за допомогою відцентрової сили.

Переваги:

- Підходить для сортування зерна за розміром та формою.
- Чудово очищає від камінців, важких домішок та інших матеріалів, що мають відмінну масу чи форму.

11. Класичні сепаратори з сітчастими решетами

Це один з найстаріших і найпростіших типів сепараторів, використовуваних для обробки зернового вороху.

Конструкція:

- Решета та сита: Зерно проходить через сітки з різними розмірами отворів, де воно поділяється на кілька фракцій.
- Поступальний рух: Сита можуть рухатись поступально або коливатися, що сприяє руху зерна і домішок через решета.

Переваги:

- Простота конструкції і експлуатації.
- Низька вартість та ефективність для початкового очищення зерна від великих домішок (камінців, сміття, часток соломи).
- Висока надійність і тривалий термін служби.

12. Оптичні сепаратори

Це новітній тип сепараторів, який використовує оптичні сенсори та інші високотехнологічні пристрої для розпізнавання та відокремлення домішок від зерна.

Конструкція:

- Оптичні сенсори та камери: За допомогою камер і сенсорів пристрій здійснює аналіз кожної частки зерна в реальному часі, визначаючи, чи є вона домішкою, і відокремлює її за допомогою струменя повітря.

- Комп'ютерне управління: Система за допомогою алгоритмів аналізує зображення і дані, відокремлюючи зерно від інших матеріалів, таких як камінці, насіння бур'янів, пошкоджені зерна.

Переваги:

- Висока точність і ефективність очищення.
- Можливість видалення домішок навіть за кольором або формою.
- Дуже швидка та високопродуктивна робота.

Промисловість випускає такі моделі сепараторів Р8-БЦСМ-25; Р8-БЦСМ-50; А1-БЦСМ-100, продуктивністю 25, 50, 100 т/год (на зерні пшениці з середньою щільністю 775 г/л, вологістю до 17%), ефективність очистки не менше 70%, потужність встановлених електродвигунів 3,0; 4,5; 9,0 кВт відповідно.



Рисунок 2.1 - БЦСМ «СУЗІР'Я»

Оптимальним рішенням для попередньої очистки є барабанні скальператори. Барабанний скальператор А1-БЗО (рис. 2.2) призначений для

після збиральної, попереднього очищення зерна від грубих і великих сторонніх та соломистих домішок, що потрапили у зерно підчас збирання, зберігання транспортування. Скальператор дозволяє також запобігати засміченню приймально-розподільчих пристроїв наступного зерноочисного обладнання. Принцип роботи скальператора заключається у поступального очищення зерна від грубих і великих сторонніх та соломистих домішок. Початкова зернова суміш надходить рівномірно через приймальний патрубок по лотку досередини приймальної частини решітного циліндра. Проходячи крізь отвори очищене від домішок зерно по вивантажувальному патрубку утвореного нижніми похилими стінками корпусу, виводиться із скальператора і подається на подальшу обробку. Відмінність цієї машини від аналогів, в даній зерноочисній машині в перше використано пульт частотного перетворення, що дозволяє встановлювати та вводити на дисплей потрібну швидкість обертання основного робочого органа скальператора – ситового барабана. Тим самим, збільшує ефективність або продуктивність скальператора по очищенню зернових культур.

Сьогодні барабанний скальператор А1-БЗО випускається у трьох виконаннях продуктивністю 40, 100, 150 т/год (на зерні пшениці з об'ємною масою 770-850 кг/м³, вологістю 10-15%), ефективність очистки від крупних домішок 100%, встановлена потужність 0,75; 0,75 ;1,1 кВт відповідно, частота обертання 0-56 об/хв.



Рисунок 2.2 - А1-БЗО

Сепаратор – ворохоочищувач самапересувний СВС-25 (рис. 3.3) (вібросепаратор, Хмельницьк). Самотперсувний сепаратор призначений для очищення зерна від засмічення на відкритих майданчиках з твердим покриттям або в складських приміщеннях. Окрім того, СВС-25-01 «Колос» може використовуватись для завантаження або перелопачування зерна. Завдяки високій ефективності очистки, функціональності і легкості пересування, СВС-25-01 став широко використовуватись у невеликих сільськогосподарських підприємствах. Продуктивність машини 25 т/год (на зерні пшениці з натурою 755 г/л, вологістю до 18%), ефективність очистки неменше 60%, швидкість пересування: робоча 0,3; транспортна 5 м/с, потужність встановлених електродвигунів 9,37 кВт.



Рисунок 2.3 - СВС-25

Сепаратор повітряної очистки СВО-25 (рис. 2.4) (вібросепаратор, Хмельницьк). Сепаратор повітряної очистки СВО-25 призначений для додаткової очистки зерна і насіння зернових, круп'яних, бобових культур, а також сортування зерна за його питомою вагою. Сепаратор встановлюють як самостійно, так і в технологічних лініях комплексів післязбиральної очистки і підготовки зерна для насіння.



Рисунок 2.4 - СВО-25

Продуктивність машини 25 т/год (пшениця з об'ємною масою 760 кг/м^3 , вологістю до 15% і вмістом домішок до 5%), ефективність очистки не менше 50%, потужність електродвигуна 5,5 кВт.

Машини вторинного очищення (МВО) використовуються для очищення насіння від великих, легких, дрібних зернових домішок з доведенням кінцевого продукту до вимог ГОСТів на насіння I-III класів. Встановлюються на насіннеочисних лініях. Повнота виділення домішок не менше 50% та дотримання повноцінного зерна не більше 3%.

Розташування технологічного устаткування дозволяє працювати по двох технологічних схемах:

- Повітрянорешетна і трієрна очистки.
- Первинне очищення на вібровідцентровому зерновому сепараторі.

Перша схема застосовується при очищенні насінь, друга при очищенні фуражного і продовольчого зерна.

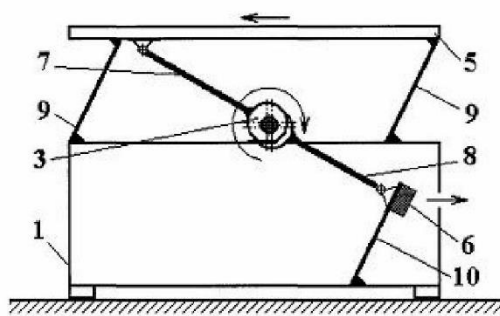
При роботі з першої схеми зерно за допомогою автомобілепідйомника ГАП-2ІД вивантажується в завальну яму, відкля завантажувальною норією піднімається нагору і по зернопроводам надходить у два паралельно працюючі блоки вібровідцентрованого зернового сепаратора.

Легкі домішки осідають в осадовій камері сепаратора і самопливом виводяться в секцію незернових відходів. Пил відсмоктується вентилятором, по повітряводу виводиться в циклон і осідає в секції незернових відходів.

Попередньо очищене зерно по трубопроводу надходить на проміжну норію, а потім на остаточне очищення в насіннеочисні машини К-531/1. Відходи з повітрянорешетної частини надходять у секцію зернових відходів бункера, а короткі домішки і дроблене зерно від трієрів направляється в спеціально змонтований бункер відходів, місткістю 3м³. Очищене зерно самопливом падає в бункер чистого зерна, відкіля його можна направити в норію вагозабірного апарата або транспортний засіб. Продуктивність насіннеочисної лінії при очищенні насіння пшениці з затарюванням у мішки до 4 т/год, ячменя до 3 т/год.

При роботі комплексу по другій схемі зерно що пройшло первинне очищення на вібровідцентровому сепараторі Р8-БЦС-50, по трубопроводу направляється в бункер чистого зерна. Продуктивність при очищенні продовольчого зерна пшениці вологістю 18% і чистотою 40% - до 40 т/г. Реконструкція зернокомплексу дозволила одержувати за один пропуск насіння, що відповідає по чистоті вимогам першого класу.

Метою патенту № 80700 (рис. 2.5) є створення вібропневмостола, в якому врівноваження маси деки виконується за рахунок контрвантажів, що дає змогу експлуатувати його без встановлення фундаменту.



Фиг. 1

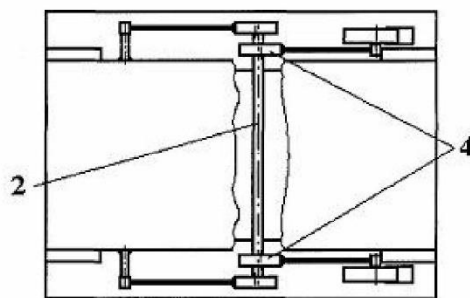


Рисунок 3.5 - № 80700

Конструкція містить раму 1, до якої примикає вал з розміщеними на ньому ексцентриковими механізмами 3 і 4 приводів, відповідно, повітропроникливої деки 5 і контр вантажів 6 за допомогою тяг 7 і 8. Повітропрониклива дека і контр вантажі з'єднанні з рамою через пружні елементи 9 і 10.

Робочий процес здійснюється наступним чином.

При обертанні вала ексцентрикові механізми 3 і 4 приводять в рух через тяги 7 і 8 повітропроникливу деку 5 і контр вантажі 6. При переміщенні деки в напрямку показаному на фіг. 1 контр вантажі рухаються в протилежному напрямку, за рахунок чого забезпечується врівноваження мас, на раму 1 якого коливання передаються через пружні елементи 9 і 10.

Метою патенту № 29598 (рис. 3.6) є відмивання насіння овочевих культур за рахунок поєднання гідравлічного і пневматичного способів сепарації, що дає можливість створення інтенсивного тертя шарів рідини з розмиванням слизу і желатиноподібної плівки до стану клітковини та соку, що забезпечує максимальне вивільнення насіння, а відмінності в об'ємних масах відходів та насіння - найкращу їх чистоту при мінімальних втратах.

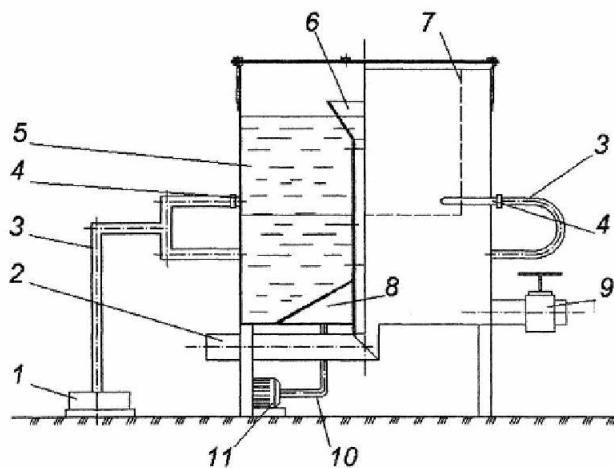


Рисунок 2.6 - № 29598

Метою патенту № 75105 (рис. 3.7) є формування поверхні з поперечними і повздовжнім кутами нахилу.

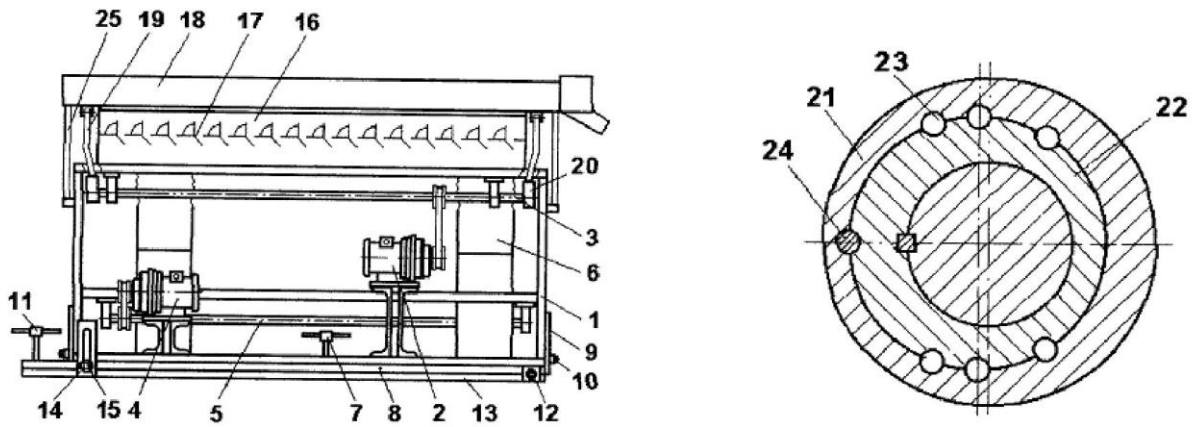


Рисунок 2.7 - № 75105

Метою патенту № 45698 (рис. 2.8) є створення пневмосепаратора з високою якістю сепарації матеріалів.

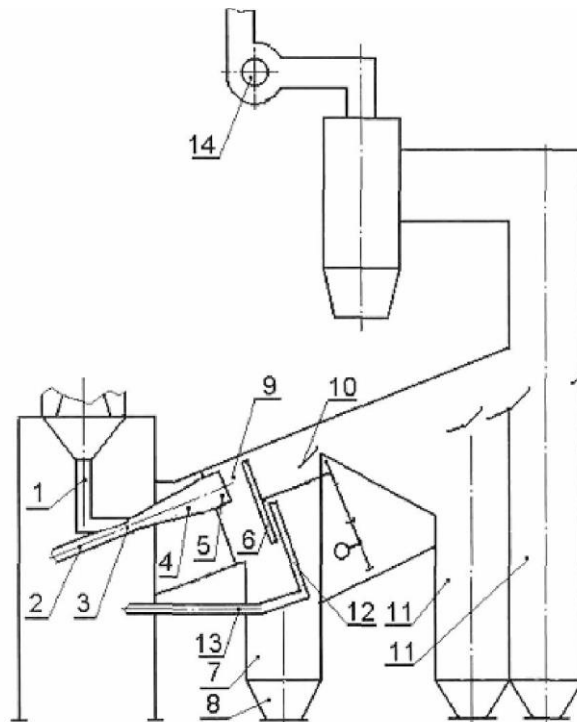


Рисунок 2.8 - № 45698

Пневмосепаратор має завантажувальний пристрій 1, нагнітач газу-носія 2, ежектор 3, розгінну магістраль, що виконана з конічною 4 і циліндричною 5 частин, за циліндричною частиною встановлене сито 6, що обертається, між яким розміщена камера класифікації 7 з розвантажувальним пристосуванням 8, за ситом 6 поперек повітряного каналу 9 із заслінками 10 і додатковими класифікаторами 11 для послідовно зменшуваних фракцій, встановлене сопло очищення сита 12, що з'єднано з нагнітачем 13, а на виході з повітряного каналу встановлений вентилятор 14 з циклонним фільтром.

Пневмосепаратор працює в такий спосіб. Ежектор 3 одержує живлення від нагнітача газу-носія 2, зтягує сипучі матеріали з завантажувального пристрою 1, що надходять у конічну 4 і циліндричну 5 частини розгінної магістралі, потік направляється на сито, що обертається. Для очищення сита встановлене сопло 12, що живиться повітрям від нагнітача 13 газу-носія. Потік повітря, що витікає із сопла спрямований назустріч основному потоку руху повітря з великим тиском. За рахунок цього комірки сита очищаються.

Фракції різної питомої ваги і розміру, що не пройшли через сито 6, опускаються в першу по напрямку руху потоку камеру класифікації 7 та осаджуються в розвантажувальному пристосуванні 8.

Фракції меншого розміру рухаються по напрямку основного потоку газу-носія і за рахунок різної парусності і ваги здобувають різні швидкості руху, проходять систему заслінок і додаткові класифікатори 11 і осідають у розвантажувальному пристосуванні.

Відпрацьований газ видаляється через вентилятор з циклонним фільтром.

Метою патенту № 38052 (рис. 2.9) є створення пневмосепаратора обрушеного насіння, в якому за рахунок конструктивних особливостей підвищується ефективність сепарації.

Пневмосепаратор складається з каналу пневмопотуку криволінійного профілю, поверненого випуклістю вниз та з'єднаного за допомогою

перепускного клапану 2 з приймальним бункером 3 та з осадочною камерою 4. Пневмосепаратор працює наступним чином.

Потік надходить в канал криволінійного профілю 1, де поділяється на ядра, що після відкриття клапану 2 надходить в приймальний бункер 3 і лузгу, що транспортується в осадочну камеру.

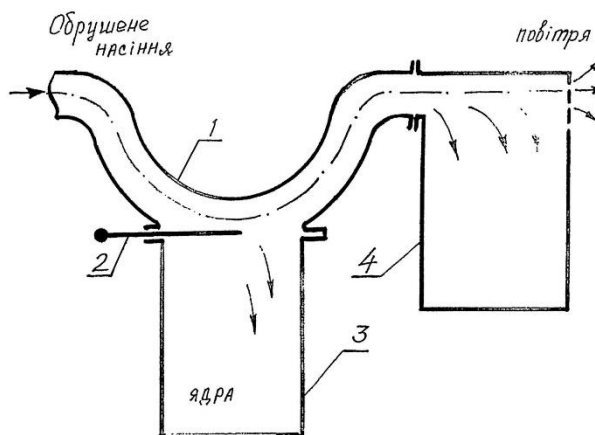


Рисунок 2.9 - № 38052

Застосування пневмосепаратора обрушеного насіння дозволяє використати пневматичний імпульс потоку водночас для транспортування і сепарації обрушеного насіння, забезпечуючи підвищення ефективності сепарації.

Метою патенту № 31170 (рис. 2.10) є спрощення конструкції і зменшення габаритів із забезпеченням необхідного ефекту очищення від крупних сторонніх і легких домішок без втрат зерна у відходи.

Пневмосепаратор містить раму 1, кожух 2 і відстійну камеру 3. В корпусі 2 на підшипниках встановлений шнековий ротор 4 з витками 5 і жорстко закріпленим приводним шківом 6. Нижня циліндрична частина кожуха 2 виконана з прикріплених до бокових стінок 7 ребер 8 у вигляді півкілець круглого перерізу, розміщених одне від одного на відстані, більшій розмірів зернин і жорстко з'єднаних між собою ззовні стержнем 9, розміщеним по твірній кожуха. До витків 5 шнекового ротора 4 жорстко прикріплені штифти 10, кожен з яких розміщений навпроти середини щілини 11, утвореної двома суміжними ребрами 8. Пневмосепаруючий канал 12 утворений циліндричною

частиною кожуха 2 шнекового ротора 4 і стінкою 13 відстійної камери 3. Під циліндричною частиною кожуха 2 шнекового ротора 4 встановлене похиле жалюзійне днище 14, жорстко з'єднане з суцільною боковою стінкою 7 кожуха 2. Для завантаження пневмосепаратора зерновим ворохом кожух 2 має завантажувальний патрубок 15 і патрубок 16 для виходу крупних домішок. Для виходу очищеного зерна служить патрубок 17.

Відстійна камера 3 має циліндричну перегородку 18, жорстко з'єднану зі стінкою 13, і між торцем якої і стінкою 13 є щілина 19 для входу повітря, вакуум-клапан 20 для вивантаження легких домішок і вікно 21 для приєднання до джерела відсмоктувальної пневмосистеми.

Пневмосепаратор працює наступним чином.

Зерновий ворох, що підлягає розділенню на фракції, подається в патрубок 15, з якого самопливом поступає в кожух 2 і шнековим ротором 4 переміщується в бік патрубку 16 для виходу крупних домішок. Частинки зернового вороху, розміри яких менші ширини щілин 11, утворених ребрами 8, просипаються на похиле жалюзійне днище 14, пролітаючи в пневмосепаруючому каналі 12, де виділяються легкі домішки, які осідають у відстійній камері 3 і через вакуум-клапан 20 виводяться за межі пневмосепаратора.

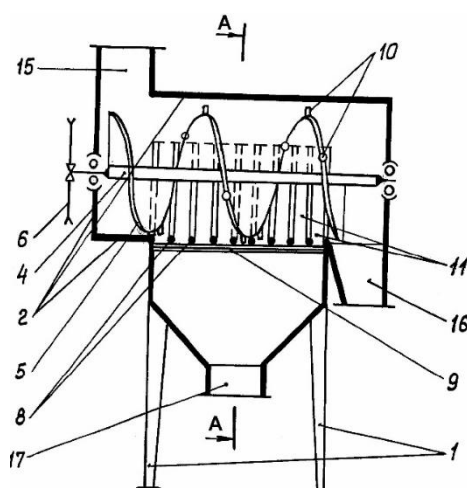


Рисунок 2.10 - № 31170

Частинки зернового вороху, розміри яких більше ширини щілини 11, витками 5 шнекового ротора переміщуються до патрубку 16, з якого вивантажуються за межі пневмосепаратора, а очищене зерно вивантажується крізь патрубок 17.

Очищення щілин 11 від забивання крупними домішками забезпечується штифтами 10, кріплення до витків 5 дискового ротора 4.

Таким чином пневмосепаратор розділяє зерновий ворох на три фракції: легкі домішки, очищене зерно, крупні домішки.

Висновки

Існує багато різних конструкцій сепараторів для очищення зернового вороху, і вибір конкретного типу залежить від багатьох факторів, таких як тип оброблюваної культури, склад домішок, бажана продуктивність і вимоги до якості очищеного зерна. Комбінація різних типів сепарації може бути найефективнішим рішенням для забезпечення найкращих результатів очищення.

Прийнято рішення розробити конструкцію застосувавши авторське свідоцтво **№ 38397**.

3 КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ОБГРУНТУВАННЯ

3.1 Опис розробленої конструкції

Попереднє очищення зернової маси є однією з ключових ланок у післязбиральному циклі обробітку, особливо в контексті підготовки якісного насінневого матеріалу. Після відокремлення зерна від вороху, воно являє собою неоднорідну суміш: поряд із повноцінним насінням основної культури присутні численні домішки (20–30 %), до яких належать недозрілі, ушкоджені зерна, насіння бур'янів, частини інших культурних рослин, а також елементи органічного та мінерального походження. Такі включення мають підвищену вологість і часто є осередками ураження мікрофлорою, що створює передумови для самозігрівання маси та підвищених втрат внаслідок дихальних процесів. Окрім того, забруднення сприяє утворенню щільних прошарків у зернових штабелях, які без належного вентилявання швидко втрачають якість.

Застосування попереднього очищення дозволяє вилучити з потоку, що надходить на сушку, великі, легкі, вологі (до 40 % і більше) домішки рослинного походження, таким чином знижуючи загальну вологість зернової маси на 1–2 %. Це, в свою чергу, дає змогу зменшити витрати пального під час сушки – орієнтовно на 2 кг умовного палива на кожен тону продукції. Отже, ефективне очищення зерна на початковому етапі є вкрай важливим. Варто зазначити, що сучасні зернозбиральні машини демонструють настільки високий рівень очищення, що в багатьох випадках для первинного очищення достатньо застосування повітряних сепараторів.

Післязбиральне доведення зерна до кондицій у господарствах організовується за допомогою зерноочисних машин, сушильних комплексів, механізованих ліній або окремих агрегатів. Стандартна схема передбачає: первинне очищення, сушіння вологого зерна, а далі – послідовне первинне та

вторинне очищення вже висушеного зерна. У низці сучасних машин передбачено також проміжне зберігання.

У регіонах, де початкова вологість зерна при збиранні не перевищує 24 %, доцільним є застосування дворівневої схеми післязбиральної обробки. Суть такого підходу полягає в поділі технологічного процесу на два етапи: перший – у період пікового навантаження, коли здійснюється попереднє та часткове первинне очищення для короткострокового зберігання; другий – у післязбиральний період, коли відбувається остаточне доведення до стандартних кондицій. На першому етапі доцільно використовувати продуктивні машини, які не гальмують ритм збирання врожаю й забезпечують інтенсивне видалення найбільш проблемних домішок – зокрема, залишків бур'янів і соломи, що є головною причиною псування зерна під час зберігання.

Для здійснення попереднього очищення зерна застосовується широкий спектр зерноочисного обладнання, що базується на різних технологічних принципах і здатне забезпечити відповідність продукції встановленим стандартам чистоти. Водночас, проблема ефективного вилучення легких домішок та пилу залишається актуальною і сьогодні. Захист атмосферного повітря від техногенних забруднень, особливо з боку промислових підприємств, є гострою екологічною проблемою як в Україні, так і в усьому світі. За оцінками ООН, щороку в атмосферу викидається близько 2,5 мільйона тонн пилових частинок.

Обладнання для видалення легких і пилоподібних домішок можна умовно розділити на чотири основні категорії:

1. Системи, що здійснюють видалення домішок у сухому стані;
2. Агрегати, які використовують водне середовище або методи вологого очищення;
3. Установки, що працюють на основі фільтрації;
4. Комбіновані системи, які поєднують декілька способів очищення.

Аналіз другої та третьої груп показує, що їх застосування пов'язане з підвищеними експлуатаційними витратами, потенційними ризиками для

здоров'я працівників, негативним впливом на довкілля та суттєвим зношенням обладнання. До того ж, такі системи не здатні забезпечити обробку великих обсягів зерна в обмежений проміжок часу.

Сухі методи очищення, що належать до першої групи, мають певні обмеження: пил, який повторно піднімається в повітря, громіздкі конструкції (наприклад, пиловідстійні камери), а також обмежений спектр ефективності залежно від фракційного складу домішок.

Більшість сучасних зерноочисних машин ґрунтується на використанні повітряного потоку, що забезпечує сепарацію частинок. У таких машинах реалізується або відкрита, або замкнена система циркуляції повітря. Замкнені повітряні цикли дозволяють багаторазово використовувати один і той самий об'єм повітря, при цьому очищуючи його спеціальними фільтрами, що істотно зменшує рівень викидів пилу в атмосферу.

На основі аналізу пропонується конструкція ворохоочисної машини з використанням замкненої системи повітрообігу. Основними елементами цього пристрою є діаметральний вентилятор, циліндричне решето з робочою поверхнею зовні, жалюзійний розподільник повітря та двоступенева осадкова камера (рис. 3.1).

Робота машини, зображеної на рисунку 3.1, полягає в наступному. Потік повітря створюється діаметральним вентилятором (1), який приводиться в дію електродвигуном постійного струму (2) через механічну передачу (3), та спрямовується в повітряний канал (5). За допомогою системи регулювання напрямку потік розподіляється через циліндричне решето (6) і жалюзі (7) до лотка-інтенсифікатора (10). Зерновий ворох надходить із завантажувального бункера (12), де його подача контролюється заслінкою (11). Під впливом повітряного потоку зерно переходить у псевдозріджений стан, в якому важкі компоненти осідають донизу, тоді як легкі домішки (солома, солома, недомолочені колоски) концентруються у верхньому шарі. Це дає змогу ефективно розділяти фракції та очищати зерно від небажаних включень.

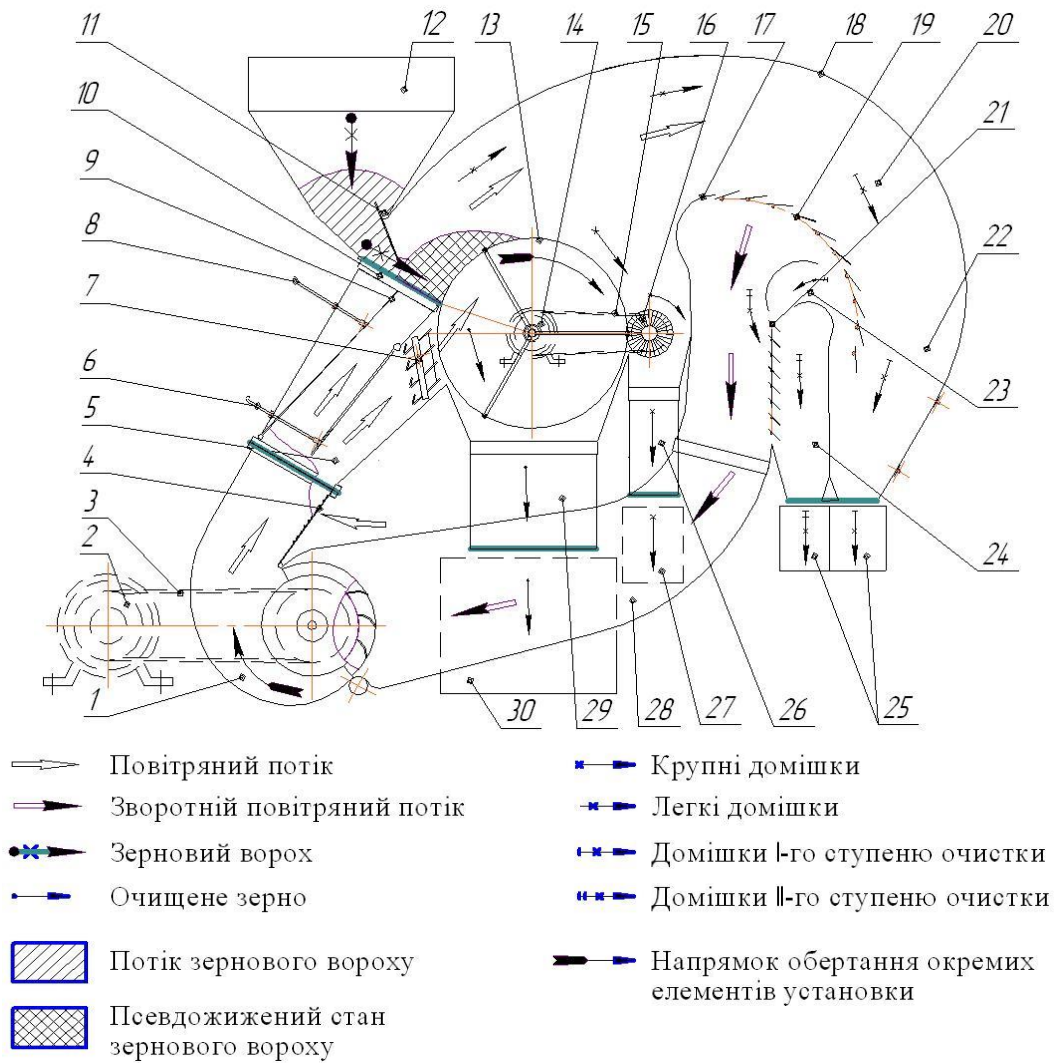


Рисунок 3.1 – Ворохоочисник

Обертання циліндричного решета (13) з частотою 20...24 об/хв здійснюється від мотор-редуктора (14), який одночасно приводить у дію щітковий очищувач (16) через механічний привід (15). Зерновий ворох, що перебуває в псевдозрідженому стані, проходить крізь отвори решета і потрапляє до каналу очищеного зерна (29), а далі – до бункера (30). Тим часом великі домішки, як-от недомолочені колоски чи солом'яна збоїна, під дією обертання переміщуються у напрямку щіткового пристрою та виводяться через канал видалення великих домішок (26) до відповідного бункера (27). Повітря, що подається до зони циліндричного решета, регулюється системою жалюзі (7) і проходить крізь решето та ворох. За рахунок тиску, створеного

діаметральним вентилятором, легкі домішки підхоплюються потоком і переміщуються через канал, обмежений корпусом (18), у робочу зону першого ступеня очищення (20). Відсічник регулює напрямок повітря, мінімізуючи його кількість у зоні виведення великих фракцій і перенаправляючи потік до каналу легких домішок.

Під впливом відцентрової сили дрібні легкі частинки (пил, солома, солом'яна крихта) притискаються до внутрішньої поверхні обичайки (18) і спрямовуються до осадочної камери першого ступеня очищення (22), а згодом накопичуються в спільному бункері для видалених домішок обох ступенів (28). Завдяки розрідженню, яке утворюється поза робочою зоною жалюзі першого ступеня внаслідок роботи вентилятора (1), напрям руху повітря змінюється на зворотній. Частина повітря при цьому втрачається через канали для очищеного зерна (29), великих домішок (26) та осадочні камери (22, 24), а компенсується через впускні жалюзі (4), які подають додаткове повітря до повітряного каналу (5).

Невелика кількість залишкових легких домішок потрапляє через жалюзі (19) у вхідну частину другого ступеня очищення (23), звідки спрямовується в осадочну камеру другого ступеня. Тут відбувається остаточне осідання частинок у бункері (25). Очищене повітря через жалюзі (21) другого ступеня знову подається до всмоктуючої зони вентилятора (28) для повторного використання, формуючи тим самим замкнений цикл повітряної циркуляції в системі первинного очищення зерна.

З аналізу існуючих технічних засобів та їх класифікації випливає, що більшість сучасних зерноочисних машин функціонують на базі повітряної сепарації – з реалізацією як відкритої, так і замкненої системи циркуляції повітря. У машинах із замкненим циклом використовується постійний об'єм повітря, що очищується в процесі, що дозволяє значно зменшити рівень пилових викидів у навколишнє середовище. У рамках даного дослідження запропонована та обґрунтована ефективна технологічна схема машини для

попереднього очищення зерна, яка працює в межах замкненої повітряної системи.

3.2 Розрахунок роботи сітчастого барабана

Одна з основних умов ефективної роботи машин - відсутність або мінімальний зміст повноцінного зерна у відходах, тобто в домішках йдуть сходом з поверхні барабана і відсутності крупних домішок в основній масі зерна, яка проходить через ситовий барабан. Схема визначення умов живлення ситового барабана початковим продуктом і довжини його просіючої поверхні для даного типу скальператорних машин представлена на рисунку 3.2.

По всій ширині нерухомого похилого лотка зернова суміш рухається шаром однакової товщини. Проте швидкість шарів залежно від їх відстані до робочої поверхні лотка різна. При куту α нахилу лотка, швидкості верхніх шарів більш ніж нижніх. Пошаровому руху сипкої суміші на лотку, що сприяє сортуванню, в результаті якого крупні і дрібні частинки домішок чистяться в різних шарах. Крупні домішки переміщуються у верхні шари і орієнтуються паралельно робочій поверхні, а дрібні і важкі занурюються вниз і провалюються крізь сито.

Кінематичні показники машин залежать від правильно вибраних настановних, кінематичних і технологічних параметрів машин.

Так, для пояснення повного сходу початкового матеріалу з живильного лотка слід прийняти кут нахилу лотка.

$$\alpha \geq \varphi_{з.в} \quad (3.1)$$

де $\varphi_{з.в}$ - кут тертя вологого зернового матеріалу об сталь, $\varphi_{з.в} = 35...40^\circ$

Приймаємо $\alpha = 38^\circ$.

Для забезпечення видалення крупних домішок сітчастою поверхнею кут α_2 між нижньою кромкою живильного лотка і вертикально приймаємо.

$$\alpha_2 = 60...75^\circ \quad (3.2)$$

Слід враховувати, що зменшення α_2 веде до зниження продуктивності

решітного барабана.

Приймаємо $\alpha_2 = 70^\circ$.

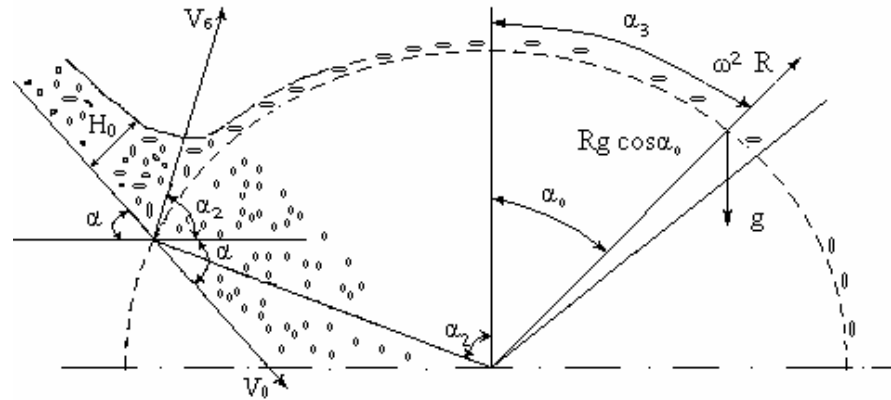


Рисунок 3.2 - Схема для визначення умов живлення ситового барабана початковим продуктом

Умова живлення циліндрового ситового барабана початковою зерною сумішшю знаходиться в прямій залежності від величини середньої швидкості подачі зерна з живильного лотка на барабан (V_0 , м/с).

За відомими даними середня швидкість V_0 подачі з живильного лотка на барабан знаходиться в межах:

$$V_0 = 0,2 \dots 0,3 \text{ м}\cdot\text{с}. \quad (3.3)$$

Приймаємо $V_0 = 0,3 \text{ м}\cdot\text{с}$.

Оскільки визначення середньої швидкості руху зерна по живильному лотку представляє скрутним, то доцільно контролювати V_0 по середніх значеннях товщини H_0 шару зерна на лотку.

З умови рівномірної подачі зернової суміші на живильний лоток визначається H_0 .

$$H_0 = \frac{Q}{BV_0\gamma_0}; \quad (3.4)$$

де Q - продуктивність машини т/г. $Q = 10$ т/год.

B - ширина живильного лотка. $B = 0,9$.

V_0 - середня швидкість подачі зерна з живильного лотка на барабан м/с.

γ_0 - щільність зернової суміші, кг/м³.

$$H_0 = \frac{10}{0,9 \cdot 0,3 \cdot 760} = 0,048 \text{ м}$$

За умов нерозривності потоку під час переходу зернової суміші з лотка на ситовий барабан повинна дотримуватися наступна умова.

$$V_0 \cdot \frac{\cos \alpha}{\cos \alpha_2} = V_6 \quad (3.5)$$

де V_6 - окружна швидкість барабана, м/с.

α - кут нахилу живильного лотка до горизонталі, град.

α_2 - кут між нижньою кромкою живильного лотка і вертикаллю. град.

Якщо $\frac{V_0 \cos \alpha}{\cos \alpha_2} < V_6$, то в місці переходу з лотка на ситовий барабан

знаходиться зона інтенсивного просіювання основної маси зерна, а крупні і грубі домішки захоплювані силою тертя об сито, рухатимуться по його

поверхні і виводиться з неї. Якщо $\frac{V_0 \cos \alpha}{\cos \alpha_2} > V_6$, то зернова суміш, при переході

з живильного лотка на ситовий барабан гальмується, що збільшується як вірогідність переходу через сито разом із зерном крупних домішок.

$$V_6 = 0,3 \frac{\cos 38^\circ}{\cos 70^\circ} = 0,69 \text{ м/с}$$

Аналіз рівнянь показує, що на процеси сепарації в скальператорних машинах впливають не тільки кінематичні і геометричні параметри ситового барабана (V_6 , Q) і живильного лотка (β , α , α_2) але і фізико-механічні властивості зернової суміші, що розділяється (H_0 , γ_0).

Зернові, круп'яні, бобові культури і їх домішки мають різні розміри (довжина, ширина, товщина) і форму, густину і коефіцієнт тертя, що приводить при постійному навантаженні на скальператорний барабан до різної товщини шару зернової суміші на живильному лотку H_0 , а це робить безпосередній вплив на процес сепарації і на його оптимальний режим.

Важлива умова - це визначення довжини просіювання поверхні барабана. Відрив частинки з поверхні барабана не відбудеться, якщо зберігається умова динамічної рівноваги діючих на неї сил.

Рівняння динамічної рівноваги на нормаль і дотичну мають вигляд.

$$N + P = G \cdot \cos \alpha_0 \quad (3.6)$$

$$F = G \cdot \sin \alpha_0 \quad (3.7)$$

де $G = mg$ - сила тяжіння землі;

$P = m \omega^2 R$ - відцентрова сила;

$N > 0$ - нормальна реакція барабана;

$F \leq fN$ - сила тертя ($f = \operatorname{tg} \varphi$ коефіцієнт тертя, φ - кут тертя).

g - прискорення вільного падіння, м/с²;

α_0 - поточний кут між вертикаллю до центра тяжіння частки, град;

ω - кутова швидкість барабана, м

Поставивши значення сил в рівняння (3.6) і (3.7) одержимо, що

$$N = mg \left(\cos \alpha_0 - \frac{\omega^2 R}{g} \right) \quad (3.8)$$

$$fN \geq mg \sin \alpha_0 \quad (3.9)$$

З рівняння виходить, що умова контакту частинки з барабаном ($N > 0$) виконується. А це можливо з кутом α_3 , більше 0 але менше α_0 , рівно

$$\alpha_0 = \arccos \frac{\omega^2 R}{g} \quad (3.10)$$

де α_0 - кут при початку координат.

Відрив же частинок від барабана може відбутися лише після початку її ковзання, при $\alpha_3 > \alpha_0$.

При зіткненні з ситовою поверхнею барабана зерновий потік роздвоюється: частина його проходить через сито безпосередньо в зоні контакту, інша частина захоплюється силами тертя обертається разом з барабаном.

При очищенні зернової суміші від крупних домішок, коли розміри отворів сита істотно перевищують розміри зернової основної культури, велика частина їх просівається в межах кута α_2 . З місця перетину вертикального діаметру робочої поверхні ситового барабана на ній залишається не більш 5% основного зерна від його кількості в початковій суміші.

Рух зернівок щодо поверхні практично припиняється, розташовані над отвором частинки швидко просіваються, а зернівки, розташовані над перетином ліній сита утримані частинками крупних домішок, продовжують рух разом з барабаном. Вірогідність просівання цих зернівок збільшується при ковзанні по поверхні барабана, початок якого відповідає куту α_2 .

$$\alpha_3 = \varphi; \quad (3.11)$$

оскільки $\varphi = \alpha$, то приймаємо $\alpha_3 = \varphi = 38^\circ$.

Під час переходу частинок за межі кута α_3 вірогідність просівання зернівок зменшується. Кількість частинок не просіяних після проходження кута α_3 потрапляючи в схід, зростає із зменшенням розмірів отворів сита, діаметру барабана і збільшення питомого навантаження на барабан. Довжина дуги на якій можливо просівання зерна рівна.

$$l = \alpha_2 + \alpha_3 \quad (3.12)$$

або

$$l = \alpha_2 + \varphi \quad (3.13)$$

$$l = 70 + 30 = 108^\circ = 1,849 \text{ радіан.}$$

Час в перебігу якого можливе просівання зерна, дорівнює

$$t = \frac{R(\alpha_2 + \varphi)}{V_6} \quad (3.14)$$

$$t = \frac{0,3 \cdot 1,849}{0,69} = 0,8 \text{ с}$$

Аналіз літературних джерел показує, що довжина дуги і час просівання частинок через сито барабана, що обертається, залежить не тільки від кінематичних і настановних параметрів живильного лотка (α_2), барабана (R , V_6), але і від коефіцієнта тертя зернової суміші (φ), що подається на очищення в скальператор.

Для забезпечення високоефективної роботи сітчастого барабана очисна щітка повинна мати окружну швидкість $V_{щ}$.

$$V_{щ} = (1,05 \dots 1,15) V_6; \quad (3.15)$$

де V_6 - окружна швидкість барабана, м/с $V_6 = 0,69$ м/с.

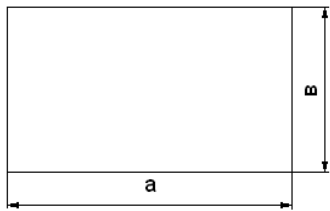
Приймаємо $V_{щ} = 1,15 V_6$;

$$V_{щ} = 1,15 \cdot 0,69 = 0,7 \text{ м/с.}$$

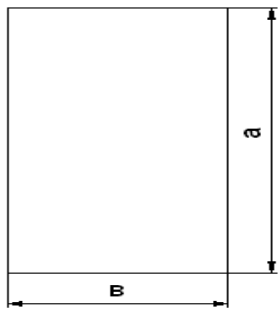
Виходячи з агротехнічних вимог через отвори решета не повинні провалюватися домішки шириною більше 20 мм.

Отже, найбільший розмір отвору не повинен перевищувати 20 мм.

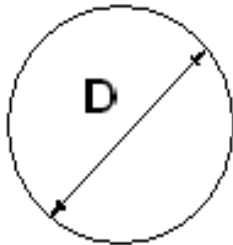
Розглянемо декілька видів отворів різних формою і розмірам.



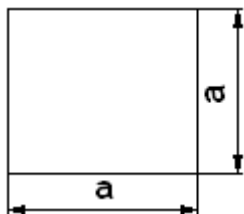
- прямокутник з розміром сторін $a \cdot b = 16 \cdot 12$ мм, більшою стороною розташовані дотично до поверхні барабана.



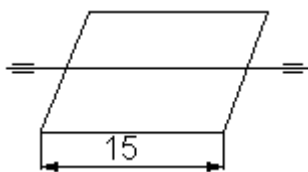
- прямокутник з розміром сторін $a \cdot b = 18 \cdot 9$ мм, більшою стороною розташування паралельно утворюючої барабана.



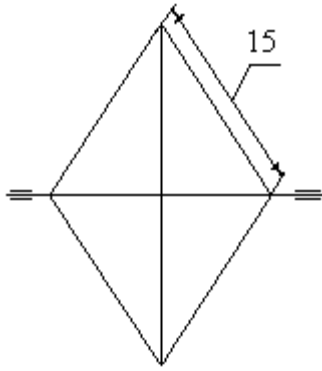
- круглі отвори діаметром $D = 20$ мм.



- квадратні із стороною $a = 14$ мм.



- ромбічні із стороною 15 мм, велика діагональ ромба розташована паралельно утворюючої барабана.



- ромбічні із стороною 15 мм, велика діагональ якого розташована дотично до поверхні барабана.

Перші чотири види отворів як правило використовується в тканинних і штампованих ситах, останні - в плетених. Тканинні і штамповані сита мають менший коефіцієнт живого перетину порівняно з племінними, що зменшує їх питому продуктивність.

Грунтуючись на результатах дослідження приймаємо плетене сито з розмірами осередків 15·15 мм ромбічної форми, розташованої більшою діагоналлю ромба дотична до циліндрової поверхні барабана.

3.3 Кінематичні розрахунки

Привід на сітчастий барабан беремо від мотор-редуктора.

Частота обертання вихідного вала редуктора - 309 хв^{-1} .

Нам необхідно визначити частоту обертання для валу сітчастого барабана.

З формули

$$V = \frac{\pi d n}{60} \quad (3.16)$$

Визначаємо n:

$$n = \frac{60V}{\pi d} \quad (3.17)$$

де V - окружна швидкість барабана, м/с $V = 0,62 \text{ м/с}$.

d - діаметр барабана, м $d = 0,6 \text{ м}$.

$$n = \frac{60 \cdot 0.62}{3.14 \cdot 0.6} = 20 \text{ хв.}^{-1}$$

Визначимо передавальне число приводу сітчастого барабана.

$$i = \frac{n_1}{n_2} \quad (3.18)$$

де n_1 - частота обертання валу шнека, хв^{-1} , $n_1 = 309 \text{ хв}^{-1}$

n_2 - частота обертання валу барабана, хв^{-1}

Підставивши значення, маємо

$$i = \frac{309}{20} = 15.45$$

Визначимо число зубів зірочки приводу валу сітчастого барабана враховуючи, що на провідній зірочці 13 зубів і крок зачеплення $t = 15,875 \text{ мм}$

$$Z_2 = Z_1 \cdot i, \quad (3.19)$$

$$Z_2 = 13 \cdot 15,45 = 200,85.$$

Приймаємо $Z_2 = 201$ зуб

Визначимо діаметр ділительного кола відомої зірочки

$$d_g = \frac{t}{\sin \frac{180}{z}}; \quad (3.20)$$

Підставивши значення, маємо

$$d_g = \frac{15.875}{\sin \frac{180}{201}} = 1018 \text{ мм}$$

Як видно з розрахунків, зірочка виходить дуже великого діаметру. Щоб зменшити діаметр, потрібно ввести проміжну зірочку.

Вводимо проміжну зірочку. Приймаємо число зубів на ній рівне 49. Передавальне відношення передачі: вал, шків завантажувального шнека, проміжний вал визначається.

$$i_1 = \frac{Z_{np}}{Z_1}; \quad (3.21)$$

Підставивши значення, одержимо

$$i_1 = \frac{49}{13} = 3.769;$$

Частота обертання проміжного валу визначається

$$n_{np} = \frac{n_1}{i_1}; \quad (3.22)$$

$$n_{np} = \frac{309}{3.769} = 81.98 \text{ хв.}^{-1}$$

На валу сітчастого барабана нам необхідно одержати частоту обертання рівну 20 хв^{-1} .

Визначимо передавальне відношення з проміжного валу на вал сітчастого барабана, i_2 .

$$i = \frac{i}{i_1} \quad (3.23)$$

Підставивши значення, одержимо

$$i_2 = \frac{15.45}{3.769} = 4.099$$

Визначимо число зубів зірочки приводу сітчастого барабана. На проміжний вал встановлюємо зірочку з числом зубів $Z = 13$.
Число зубів відомої зірочки Z_2 визначимо.

$$Z_2 = Z_{\text{пр}} \cdot i_2 \quad (3.24)$$

$$Z_2 = 13 \cdot 4,099 = 53,3;$$

Приймаємо $Z_2 = 53$

Розрахуємо основні параметри зірочок.

Для зірочок з числом зубів $Z = 49$.

Крок зірочки, $t = 15,875$ мм.

Діаметр ролика ланцюга, $D = 10,16$ мм.

Відстань між внутрішніми пластинами ланцюга $b_{\text{вн}} = 9,65$ мм.

Ширина внутрішньої пластини ланцюга, $b = 14,73$ мм.

Діаметр ділильного кола по формулі

$$d_g = \frac{15.875}{\sin \frac{180}{49}} = 248.01 \text{ мм}$$

Діаметр кола виступів, D_e

$$D_e = t \left(K + ctg \frac{180}{Z} \right); \quad (3.25)$$

де K - коефіцієнт враховує число зубів.

Приймаємо $K = 0,5$ при $Z > 35$.

$$D_e = 15.875 \left(0.5 + \operatorname{ctg} \frac{180}{49} \right) = 255.2 \text{ мм}$$

Радіус западин, r

$$r = 0,5025D + 0,05 \text{ мм}; \quad (3.26)$$

$$r = 0,5025 \cdot 10,16 + 0,05 = 5,2 \text{ мм};$$

Діаметр кола западин D_i

$$D_i = d_g - 2r; \quad (3.27)$$

де r - радіус западин.

$$D_i = 248,01 - 2 \cdot 5,2 = 237,61 \text{ мм};$$

Ширина зірочки, b_1

$$b_1 = 0,93 \cdot b_{\text{вп}} - 0,15 \text{ мм}; \quad (3.28)$$

$$b_1 = 0,93 \cdot 9,65 - 0,15 = 8,8 \text{ мм};$$

Радіус закруглює зуба (як найменший), r_3

$$r_3 = 1,7D;$$

$$r_3 = 1,7 \cdot 10,16 = 17,3 \text{ мм};$$

Відстань від вершини зуба до центру дуг закруглення, h

$$h = 0,8 D;$$

$$h = 0,8 \cdot 10,16 = 8,1 \text{ мм};$$

Діаметр обода (найбільший), D_c

$$D_c = t \cdot \operatorname{ctg} \frac{180}{Z} - 1.3b;$$

$$D_c = 15.875 \cdot \operatorname{ctg} \frac{180}{49} - 1.3 \cdot 14.73 = 228 \text{ мм}$$

Радіус закруглень

$$r_{\text{ч}} = 1,5 \text{ мм}$$

Для зірочки з числом зубів $Z = 53$

Крок зірочки $t = 15.875 \text{ мм}$

Діаметр ролика ланцюга $D = 10.16 \text{ мм}$

Відстань між внутрішніми пластинами ланцюга $B_{\text{вн}} = 9,65 \text{ мм}$

Ширина внутрішньої пластини ланцюга, $b = 14.73 \text{ мм}$

Діаметр ділительного кола d_g

$$d_g = \frac{15.875}{\sin \frac{180}{53}} = 268.2 \text{ мм}$$

Діаметр кола виступу D_e

$$D_e = 15.875 \left(0.5 + \operatorname{ctg} \frac{180}{53} \right) = 275.6 \text{ мм}$$

Радіус западин $r = 5,2 \text{ мм}$

Діаметр кола западин

$$D_i = 268,2 - 2 \cdot 5,2 = 257,8 \text{ мм};$$

Ширина зірочки

$$b_1 = 8,8 \text{ мм}$$

Радіус закруглює зуба (як найменший) $r_3 = 17,3 \text{ мм}$.

Відстань від вершини зуба до центру дуг закруглює $h = 8,1$ мм.

Діаметр обода (найбільший), D_e

$$D_e = 15.875 \cdot \operatorname{ctg} \frac{180}{53} - 13 \cdot 14.73 = 248.6 \text{ мм}$$

Привід на щітку для очищення сітчастого барабана беремо від валу барабана.

Оскільки окружна швидкість очисної щітки відома, то визначаємо частоту обертання валу щітки

Діаметр щітки 0,15 м

Підставивши значення у формулу, маємо

$$n = \frac{60 \cdot 0.7}{3.14 \cdot 0.15} = 89 \text{ хв.}^{-1}$$

Визначимо передавальне відношення (i) по формулі

$$i = \frac{89}{20} = 4.45;$$

На вал щітки ставимо зірочку $Z = 13$ зубів.

$$Z = 13 \cdot 4.45 = 57.85$$

Перераховуємо передавальне відношення

$$i = \frac{58}{13} = 4.46$$

Частота обертання валу щітки буде рівна.

$$n = 20 \cdot 4,46 = 89,2 \text{ хв}^{-1}$$

Розрахуємо основні параметри зірочки з числом зубів $Z = 58$

Оскільки крок зірочки $t = 15,875$, то всі параметри залишаються такими ж як і у раніше розрахованих зірочок.

Змінюється тільки наступні параметри

Діаметр ділительного кола D_g

$$d_g = \frac{15.875}{\sin \frac{180}{53}} = 293.44 \text{ мм}$$

Діаметр кола виступів D_e

$$D_e = 15.785 \left(0.5 + \text{ctg} \frac{180}{58} \right) = 300.8 \text{ мм}$$

Діаметр кола западин D_i

$$D_i = 300.8 - 2 \cdot 5.2 = 290.4 \text{ мм}$$

Діаметр обода, D_c

$$D_c = 15.875 \cdot \text{ctg} \frac{180}{58} - 13 \cdot 14.73 = 273.7 \text{ мм}$$

Приймаємо довжину ступеці для всіх зірочок рівної 45мм.

Закріплення зірочки на валах передбачене призматичною шпонкою з додатковим заклиненням від осьового зсуву за допомогою настановного

гвинта розмірами $M10 \times 25 \frac{020}{45}$ - по ГОСТ 1485 – 64 з гайкою $M10 \times \frac{010}{35}$ по

ГОСТ 5916 - 62.

3.4 Розрахунки на міцність

Перевірочний розрахунок валу барабана. Метою розрахунку валу є

перевірочний розрахунок діаметру валу сітчастого барабана на кручення і вигин.

Навантаження валу у зірочки визначається по формулі.

$$Q = P + 2P_g \quad (3.29)$$

де P - окружне зусилля.

P_g - зусилля від провисання ланцюга.

Окружне зусилля визначається по формулі

$$P = \frac{102N}{V}; \quad (3.30)$$

де N - передавана потужність, кВт

V - швидкість ланцюга, м/с

Використовуючи результати дослідження, приймаємо потужність, спожиту сітчастого барабана рівної 1 кВт.

Швидкість руху ланцюга визначаємо по формулі.

$$V = \frac{Z_1 \cdot t \cdot n}{60 \cdot 1000};$$

де Z_1 - число зубів малої зірочки $Z_1 = 13$.

t - крок ланцюга, мм $t = 15,875$ мм

n - частота обертання малої зірочки, хв.⁻¹ $n = 82$ хв.⁻¹;

$$V = \frac{13 \cdot 15,875 \cdot 82}{60 \cdot 1000}; \quad (3.31)$$

Підставивши значення у формулу (3.30) маємо.

$$P = \frac{102 \cdot 1}{0,282} = 361,7 \text{ Н};$$

Зусилля від провисання ланцюга визначаємо по формулі.

$$P_g = K_f \cdot q \cdot g \cdot A_0; \quad (3.32)$$

де K_f - коефіцієнт залежний від відносного розташування зірочки в просторі

$K_f = 1,0$ при вертикальному розташуванні передачі.

q - маса одного погонного метра ланцюга, кг/м ; $q = 0,96$ кг/м;

$g = 9.81$ м/с² - прискорення вільного падіння;

A_0 - відстань між осями зірочок, м $A_0 = 0,476$ м.

Підставивши значення у формулу, маємо

$$P_g = 1,0 \cdot 0,96 \cdot 9,81 \cdot 0,476 = 4,5 \text{Н};$$

Таким чином,

$$Q = 361,7 + 2 \cdot 4,5 = 371 \text{Н};$$

Визначимо навантаження валу у зірочки приводу щіток.

Визначаємо швидкість ланцюга.

Число зубів зірочки рівне $Z = 53$.

Швидкість ланцюга рівна.

$$V = \frac{53 \cdot 15.875 \cdot 20}{60 \cdot 1000} = 0.28 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$$

Визначимо робоче зусилля провідної гілки

$$P = \frac{102 \cdot 0,25}{0,28} = 91 \text{Н}$$

де $0,25$ - потужність витрачається на привід очисної щітки.

Визначимо зусилля і провисання ланцюга по формулі (3.32)

$K_f = 6.0$ - при горизонтальному розташуванні ланцюга.

$A_0 = 0,375\text{м}$.

$$P_g = 6,0 \cdot 0,96 \cdot 9,81 \cdot 0,375 = 21\text{Н};$$

Визначимо навантаження валу

$$Q = 91 + 2 \cdot 21 = 133\text{Н};$$

Визначаємо навантаження на вал від ваги сітчастого барабана і зерна знаходиться на барабані. Визначимо орієнтовану вагу барабана. Барабан складається з двох дисків з ступеціями, п'яти підтримуючих кілець і сітки. Загальний об'єм всіх складових частин барабана рівний $0,0034\text{м}^3$.

Знаходимо вагу барабана

$$P_o = \rho \cdot V \cdot g; \quad (3.33)$$

де ρ - густина кг/м^3 , $\rho = 7600 \text{ кг/м}^3$.

V - об'єм всіх складових частин барабана, $V = 0,0034\text{м}^3$

g - прискорення вільного падіння, $g = 9,81\text{м/с}^2$

Підставивши значення у формулу

$$P = 7600 \cdot 0,0034 \cdot 9,81 = 253\text{Н};$$

Зерно знаходиться на барабані впливатиме на вал барабана тільки там, де воно знаходиться безпосередньо на барабані

Приблизне $P_3 = 100\text{Н}$.

Загальне зусилля буде рівне

$$P = P_o + P_3 \quad (3.34)$$

Підставивши значення, одержимо

$$P = 253 + 100 = 353 \text{ Н};$$

Це зусилля діє як рівномірно розподілене навантаження на довжині барабана $l = 1,3\text{м}$.

Величина навантаження визначається

$$q = \frac{P}{l}$$
$$q = \frac{353}{1.3} = 270.5 \text{ Н/м}$$

Для зручності розрахунку приведемо рівно діючу рівномірно розподілене навантаження рівне 353 Н. Точка розташована на рівній відстані від обох опор. Позначимо навантаження валу у привідної зірочки Q_1 , а зірочки приводу щітки Q_2 . Знаходимо горизонтальні і вертикальні складові цих навантажень і позначимо розташування сил на схемі

Горизонтальна складова

$$P_1 = Q \cdot \cos \alpha \quad (3.35)$$

Вертикальна складова

$$P_2 = Q \cdot \sin \alpha \quad (3.36)$$

де α - кут нахилу ланцюгової передачі до горизонту.

Визначаємо для першого випадку

$$\alpha = 90^0$$
$$P_1 = Q \cdot \cos 90^0 = 0$$
$$P_2 = Q \cdot \sin 90^0 = 371 \cdot 1 = 371 \text{ Н};$$

Для другого випадку

$$\alpha = 0$$

$$P1 = Q \cdot \cos 0 = 133 \cdot 1 = 133 \text{ Н};$$

$$P2 = Q \cdot \sin 0 = 0;$$

Визначимо величини опорних реакцій з початку у вертикальній площині, а потім в горизонтальній.

Будуємо схему навантаження валу у вертикальній площині

$$\begin{cases} \sum M_A^V = 0 \\ \sum M_B^V = 0 \end{cases} \quad (3.37)$$

$$\begin{cases} R_B^V \cdot 1.56 - Q \cdot 0.78 + P_2 \cdot 1.625 = 0 \\ Q \cdot 0.78 - R_A^V \cdot 1.56 + P_2 \cdot 0.065 = 0 \end{cases}$$

Вирішуючи цю систему рівнянь, знаходимо

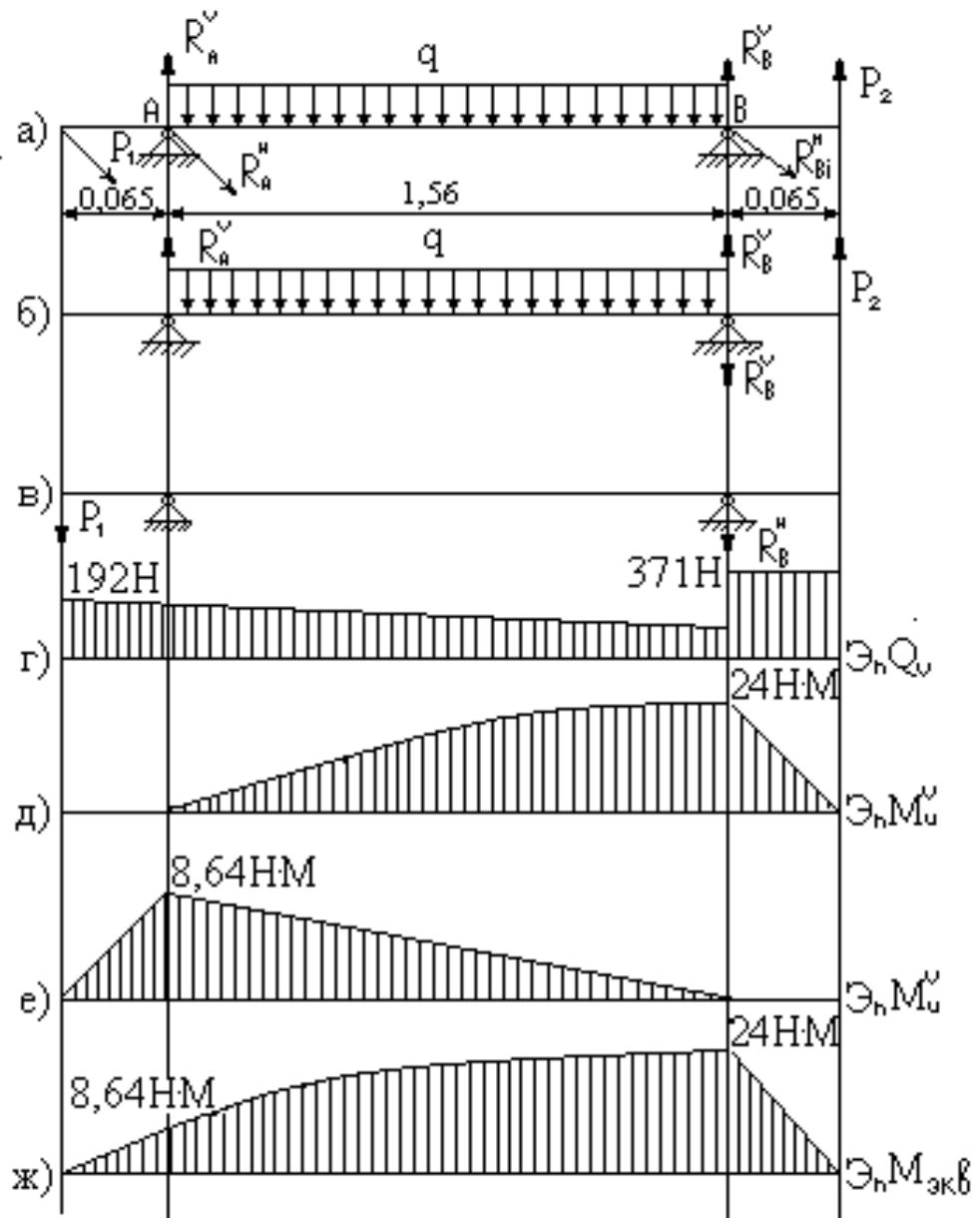
$$R_A^V = \frac{Q \cdot 0.78 + P_2 \cdot 0.065}{1.56};$$

$$R_A^V = \frac{353 \cdot 0.78 + 371 \cdot 0.065}{1.56} = 192 \text{ Н};$$

$$R_B^V = \frac{Q \cdot 0.78 - P_2 \cdot 1.625}{1.56};$$

$$R_B^V = \frac{353 \cdot 0.78 - 371 \cdot 1.625}{1.56} = 210 \text{ Н}.$$

Перевірка



Розрахункові схеми валу і епюри M_u і Q .

$$\sum X^V = 0 \quad (5.38)$$

$$R_a^V - Q + R_B^V + P_2 = 0$$

$$192 - 353 - 210 + 371 = 0$$

Складовій R_B^V потрібно поміняти напрям на протилежний.

Будуємо схему навантаження валу в горизонтальній площині

$$\begin{cases} \sum M_A^H = 0 \\ \sum M_B^H = 0 \end{cases}$$

$$\begin{cases} -R_B^H \cdot 1.56 + P_1 \cdot 0.065 = 0 \\ -R_A^H \cdot 1.56 + P_1 \cdot 1.625 = 0 \end{cases}$$

Вирішуючи цю систему рівнянь, знаходимо

$$R_B^H = \frac{P_1 \cdot 0.065}{1.56};$$

$$R_B^H = \frac{133 \cdot 0.065}{1.56} = 6 \text{ Н};$$

$$R_A^H = \frac{P_1 \cdot 1.625}{1.56};$$

$$R_A^H = \frac{133 \cdot 1.625}{1.56} = 139 \text{ Н}.$$

Перевірка

$$\sum X^H = 0$$

$$-P_1 + R_A^H - R_B^H = 0$$

$$-133 + 139 - 6 = 0$$

Будуємо епюру навантажень валу у вертикальній площині

Будуємо епюру моментів у вертикальній площині

Будуємо епюру моментів в горизонтальній площині

Будуємо епюру $M_{\text{скв}}$

Визначаємо крутний момент, по формулі

$$M_{\text{кр}} = 9550 \frac{N}{n}; \quad (3.39)$$

Підставивши значення у формулу, маємо

$$M_{кр} = 9550 \frac{1}{20} = 478 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Визначаємо згинаючий момент

$$M_{уз} = \sqrt{M_{ун}^2 + M_{ув}^2} \quad (3.40)$$

Визначаємо згинаючий момент в перетині опори *A*

$$M_{уз}^A = \sqrt{0 + 8.64^2} = 8.64 \text{ Н/м}$$

Визначаємо згинаючий момент в перетині опори *B*

$$M_{уз}^B = \sqrt{24^2 + 0} = 24 \text{ Н/м}$$

Проведений момент визначаємо по формулі

$$M_{np} = \sqrt{M_u^2 + 0.75 \cdot M_{кр}^2}; \quad (3.41)$$

$$M_{np} = \sqrt{24^2 + 0.75 \cdot 478^2} = 415 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

Визначаємо діаметр валу з умови, що

$$\sigma_{np} = \frac{32M_{np}}{\pi \cdot d^3}; \quad (3.42)$$

де $[\sigma_u]$ - допустима напруга вигину, $[\sigma_u] = 0,43$

σ_b - межа витривалості.

Для сталі 45 $\sigma_b = 590 \text{ Н/мм}^2$.

$$d = \sqrt[3]{\frac{3.2 \cdot M_{np}}{\pi \cdot 0.43 \cdot \sigma}}; \quad (3.43)$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{3.2 \cdot 415}{3.14 \cdot 0.43 \cdot 590}} = 25.5 \text{ мм}$$

Приймаємо діаметр валу рівний 30мм.

Раціональна конструкція опор валів і правильний вибір підшипників в значній мірі визначає надійність всієї проектованої розробки і машини в цілому.

Схема валу для вибору підшипників представлений на рисунку

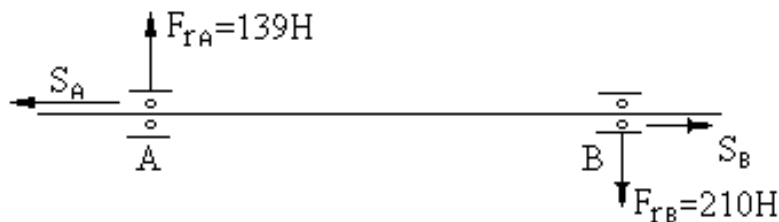


Схема валу для вибору підшипників

Вибираємо підшипники в опорі *B*.

На цю опору діє радіальне навантаження $F_r = 210 \text{ Н}$. В результаті в опорі *У* виникає осьова складова цього навантаження S_B .

Оскільки при установці валу можлива не співпадання вісей опор, встановлених в протилежних стінах корпусу, вибираємо кулькові підшипники.

Завдяки своїй здатності самоустановлюватися сферичні підшипники компенсує вказані вище недоліки.

Вибираємо підшипники легкої серії 11206 ГОСТ 8545 - 75 для якого динамічна вантажопідйомність $Z = 12066 \text{ Н}$ приведенного навантаження $x = 1$, $y = 0$, $e = 0,2$.

Осьова складова в опорі *B* визначається

$$S_B = e \cdot F_{rB}; \quad (3.44)$$

де e - чинник приведенного навантаження;

F_{rB} - радіальне навантаження в опорі B .

Підставивши значення, маємо

$$S_B = 0,2 \cdot 210 = 42 \text{ Н};$$

Оскільки $F_{aB} = 0$, то $F_{aB} = S_B$

де F_{aB} - осьове навантаження в опорі B

$$F_{aB} = 42 \text{ Н};$$

Еквівалентне навантаження для цього підшипника розраховується по формулі

$$P = (x \cdot V \cdot F_2 + y \cdot F_a) \cdot K_\sigma \cdot K_m;$$

де P - еквівалентне навантаження;

V - коефіцієнт обертання; $V = 1$,

K_m - температурний коефіцієнт; $K_m = 1.0$

K_σ - коефіцієнт залежний від характеру навантаження на підшипник.

$$K_\sigma = 1.0.$$

x, y - чинники навантаження $x = 1, y = 0$.

Тоді

$$P = (1 \cdot 1 \cdot 210 + 0 \cdot 42) 1,0 \cdot 1,0 = 210 \text{ Н};$$

Розрахункова довговічність підшипника визначається по формулі

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot n} \left(\frac{c}{P_H} \right)^P;$$

де L_h - довговічність підшипників;

n - частота обертання валу, хв.^{-1} $n = 20 \text{ хв}^{-1}$;

C - динамічна вантажопідйомність; $C = 12066$ Н.

P - показник ступеня; $P = 3$ для кулькових підшипників;

P_n - еквівалентне навантаження.

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot 20} \left(\frac{12066}{210} \right)^3 = 158000 \text{ год.}$$

Ця довговічність задовольняє вимоги тому підшипник середньої серії №11206 ГОСТ 8545 - 75 підходить для валу, що розраховується. Приймаємо на опору А підшипник №11206 ГОСТ 8545 - 75.

3.5 Обґрунтування та розрахунок засобів для післязбиральної обробки зерна

Методика обґрунтування основних параметрів устаткування і зерноочисна машина була використана при підготовці проекту на реконструкцію зерноочисного комплексу у господарстві.

У господарстві вирощують зернові культури: пшениця і ячмінь. Аналіз даних про терміни дозрівання різних культур, приведений вище показує, що терміни надходження озимих і ярових культур пшениці і ячменя збігаються. З огляду на частку у виробництві зернових саме цих культур, виникає необхідність мати в господарствах мінімум дві лінії післязбиральної обробки зерна.

Статистичні характеристики руху зерна дають інформацію про те, що у період «пікових» надходжень на зернотік пшениці починається збирання ячменя. Очевидно, що навіть при наявності всього двох культур, що забираються, існуючий у господарстві агрегат ЗАВ-10 не задовольняє його потребам. Крім того, у перспективі планує збільшити виробництво насіння,

зернових і трав, упровадити технологію збирання методом очосу рослин на корені.

Розроблені в Україні і за кордоном методики обґрунтування параметрів технологічного процесу післязбиральної обробки зерна не можуть бути застосовані в силу специфіки агрокліматичних умов, розмірів посівних площ, врожайності, розмірів валових зборів зерна, характеристик зернових матеріалів. Крім того відсутні дані про реальні показники якості роботи зерноочисної машини в умовах їхнього нормального функціонування, що свідчить про необхідність удосконалювання методик розрахунку параметрів устаткування зернокомплексів з урахуванням зональних умов.

Розроблена методика розрахунку параметрів устаткування потокових ліній післязбиральної обробки зерна з використанням методу імітаційного моделювання і ймовірно-статистичних методів дозволяє робити моделювання

з метою визначення продуктивності вхідних у технологічний ланцюжок машин, ємностей і межопераційних нагромаджувачів, що забезпечують роботу комплексу в заданих умовах.

На підставі вищевикладеного пропонуються зміни в існуючій технології післязбиральної обробки зерна.

Так, на існуючий комплекс ЗАВ-10 пропонується установити запропоновану машину попереднього очищення зерна і доповнити його відділенням прийому і попереднього збереження місткістю 100 т.

Для обробки насінневого фонду встановити насіннеочисну приставку у складі машини вторинної очистки МВО-10 та пневмосортувального стола МОС-9.

Для обробки товарного зерна встановити технологічну лінію Р-8-УЗК-50 продуктивністю 50 т за годину.

Все це забезпечить повнопоточну механізовану обробку одночасно двох культур і усунути вищевказані недоліки

Характеристика умов роботи

1. Вихідний матеріал: зерновий ворох ячменю
2. Об'ємна маса $700 \div 760 \text{кг/м}^3$.
3. Вміст сорної домішки – до 10%.
4. Вміст великої соломистої домішки – до 5%.
5. Вологість – до 20%.

Експлуатаційно-технічна характеристика машини

1. Продуктивність машини за годину чистого часу $W = 10 \text{ т/год.}$;
2. Кількість обслуговуючого персоналу експериментального ворохоочисника, якій входить до складу зерноочисного комплексу ЗАВ-10, складає одна людина.
3. Продуктивність за одну годину змінного часу, т/год., визначається по формулі

$$W_c = W \cdot k, \quad (3.45)$$

де: W – паспортна продуктивність агрегату ЗАВ-10, $W=10 \text{т/год.}$

k – коефіцієнт використання часу зміни, $k = 0,8$;

$$W_c = 10 \cdot 0,8 = 8 \text{ т/год.}$$

4. Питома витрата електроенергії визначається по формулі

$$Q = \frac{N_{\text{э.д.}} + N_{\text{м.р.}}}{W}, \quad (3.46)$$

де: $N_{\text{э.д.}}$, $N_{\text{м.р.}}$ – потужність електродвигуна і мотор-редуктора відповідно встановлених на машині, $N_{\text{э.д.}} = 4 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$, $N_{\text{м.р.}} = 1,1 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$

$$Q = \frac{4 + 1,1}{10} = 0,51 \text{ кВт} \cdot \text{год.} / \text{т}$$

Висновки

У цьому розділі розроблено та обґрунтовано технологічну схему ворохоочисного агрегату з використанням сітчастого барабана і замкненого повітряного циклу. Запропонована конструкція є простою у виконанні,

забезпечує високу питому продуктивність і характеризується технологічною надійністю. Відсутність змінних вібраційних навантажень та мінімальний рівень травмування зерна дозволяє рекомендувати цю машину як ефективний засіб первинного очищення в умовах сільськогосподарських господарств.

Розглянувши деякі види отворів для сітчастого барабана різних форм і розмірів, прийняли плетене сито з розмірами осередків 15×15 мм ромбічної форми. Зробивши кінематичні розрахунки визначено частоту обертання для валу сітчастого барабана $n = 20 \text{ хв}^{-1}$; передавальне число приводу $i = 15.45$; частота обертання проміжного валу $n_{np} = 81.98 \text{ хв}^{-1}$; число зубів відомої зірочки $Z_2 = 53$; довжину ступеці 45мм; виконано розрахунок валу сітчастого барабана на кручення і згин.

Виконано розрахунок експлуатаційних показників: охарактеризовано умови роботи, приведено експлуатаційно-технічна характеристика машини (продуктивність 8 т/год., питома витрата електроенергії 0,51 кВт·год./т, енергоємність 0,58 грн./т). Висвітлені основні нюанси зберігання техніки.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Основні вимоги з охорони праці та техніки безпеки при роботі на машині для очищення та сортування зерна включають:

1. Загальні вимоги:

- Перед початком роботи необхідно пройти інструктаж з охорони праці та техніки безпеки.
- Усі працівники повинні мати відповідні засоби індивідуального захисту (робочий одяг, захисні рукавички, окуляри, навушники).
- Місце роботи повинно бути добре освітлене, чисте і впорядковане.

2. Безпека при експлуатації обладнання:

- Перевірка технічного стану машини перед початком роботи: наявність усіх захисних огорожень, справність механізмів, системи запуску та зупинки.
- Залишати робоче місце тільки після повної зупинки машини та відключення її від джерела живлення.
- При налаштуванні або обслуговуванні машини необхідно вимикати електричне живлення, забезпечити її блокування та виведення з роботи.

3. Охорона здоров'я:

- Регулярні перерви для відпочинку, щоб уникнути перевтоми.
- Вживання харчових продуктів лише в спеціально відведених місцях.
- Приділяти увагу вентиляції робочих приміщень, особливо при очищенні зерна, щоб уникнути пилової небезпеки.

4. Запобігання нещасним випадкам:

- Заборонено працювати з машинним обладнанням без належної підготовки або без спеціальних інструкцій.

- Використання пристроїв для видалення пилу та забезпечення системи пожежогасіння в разі загрози займання зерна.
- У разі аварійної ситуації чи поломки негайно зупинити роботу і повідомити про проблему відповідним органам.

5. Надання першої медичної допомоги:

- Наявність аптечок першої допомоги на кожному робочому місці.
- Працівники повинні бути ознайомлені з основами надання першої допомоги при травмах чи нещасних випадках.

6. Захист від небезпечних факторів:

- Шум: Високий рівень шуму під час роботи машин для очищення та сортування зерна може викликати втому або навіть пошкодження слуху. Працівники повинні носити захисні навушники або інші засоби для зменшення впливу шуму.
- Пил: Під час очищення та сортування зерна може утворюватися пил, що є потенційно небезпечним для дихальних шляхів. Для захисту необхідно використовувати маски або респіратори, а також передбачити вентиляцію та системи пиловловлювання.
- Вібрація: Якщо обладнання викликає значні вібрації, це може призвести до пошкоджень рук, суглобів та нервової системи. Працівники повинні використовувати спеціальні рукавички для зменшення вібраційного впливу.

7. Обслуговування та технічний нагляд:

- Машини для очищення та сортування зерна повинні регулярно перевірятися технічними фахівцями, щоб переконатися, що всі механізми працюють належним чином.
- Потрібно своєчасно проводити планове технічне обслуговування, змащення та заміну зношених деталей.
- Всі ремонтні роботи повинні проводитися тільки кваліфікованим персоналом після повної зупинки обладнання.

8. Безпека при роботі з електричними та механічними частинами:

- Перед проведенням будь-яких робіт з електричними та механічними частинами обладнання потрібно відключити машину від мережі електроживлення та зупинити її.
- Використовувати тільки дозволені інструменти та захисні засоби для роботи з електричними елементами.
- У разі поломки або виходу з ладу електричних елементів слід негайно повідомити електрика, а не намагатися самостійно усувати неполадки.

9. Вимоги до працівників:

- Працівники повинні бути проінструктовані щодо безпечних методів роботи з технічним обладнанням, знати основи роботи та користуватися інструкціями, що додаються до кожної машини.
- Забороняється працювати на обладнанні без відповідних навичок, а також перебувати на робочому місці у нетверезому стані або під дією наркотичних речовин.
- Працівники повинні дотримуватися правил особистої гігієни, оскільки робота з зерном може призводити до подразнення шкіри або алергічних реакцій.

10.Протипожежна безпека:

- Оскільки зерно є горючим матеріалом, на робочих місцях повинні бути встановлені пожежогасні засоби, такі як вогнегасники та системи автоматичного пожежогасіння.
- Необхідно забезпечити належну вентиляцію в приміщеннях для запобігання накопиченню пилу, який може стати причиною вибуху.
- У разі виникнення пожежі працівники повинні бути проінструктовані щодо дій під час евакуації та правильної організації гасіння вогню.

11.Навчання та підвищення кваліфікації:

- Працівники повинні регулярно проходити навчання з охорони праці та техніки безпеки, включаючи нові методи роботи з обладнанням та усунення небезпек.
- Програми підвищення кваліфікації повинні охоплювати не тільки безпеку, а й правила ефективного та економічного використання машин.

12. Контроль за дотриманням норм і правил:

- Регулярний контроль за виконанням правил охорони праці та техніки безпеки має проводити адміністрація підприємства чи спеціальні органи з охорони праці.
- Працівники повинні знати, що за порушення техніки безпеки передбачені штрафи або навіть звільнення, залежно від серйозності порушення.

Висновки

Забезпечення безпеки працівників: Робота на машинах для очищення та сортування зерна пов'язана з різноманітними небезпеками, такими як пил, шум, вібрація та механічні травми. Для запобігання травмам і захворюванням необхідно дотримуватися суворих вимог охорони праці та техніки безпеки, а також використовувати індивідуальні засоби захисту.

Технічна справність обладнання: Для безпечної експлуатації машин важливо забезпечити їх належний технічний стан. Регулярне обслуговування та своєчасна заміна зношених деталей є важливими чинниками для мінімізації ризику поломок та аварій.

Підготовка та інструктаж працівників: Всі працівники повинні пройти відповідне навчання та інструктаж з техніки безпеки перед початком роботи, а також регулярно проходити курси підвищення кваліфікації щодо нових методів безпечної експлуатації техніки та технології очищення зерна.

Охорона здоров'я та навколишнього середовища: Забезпечення належної вентиляції, контроль за рівнем шуму та пилу на робочому місці допомагає уникнути негативного впливу на здоров'я працівників. Необхідно також дотримуватися вимог щодо протипожежної безпеки для запобігання аваріям, пов'язаним з горючими матеріалами.

Висновки підкреслюють важливість комплексного підходу до охорони праці та техніки безпеки при роботі на машинах для очищення та сортування зерна. Це забезпечить ефективну роботу обладнання, мінімізацію ризиків для здоров'я працівників та запобігання аварійним ситуаціям.

5 ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ ЕКОНОМІЧНЕ

У проєкті нами модернізовано конструкцію горохоочисника. Запропонована технологічна схема ворохоочисника із замкненою повітряною системою і циліндричним решетом з зовнішньою робочою поверхнею.

Таблиця 5.1

Дані вихідні до розрахунків техніко-економічних

№	Показник	Розмірність	Технологічна машина	
			серійна	модернізована
1	P	т	3000	3000
2	П	т/год.	7,46	8
3	E	кВт·год	5,1	5,1
4	M	грн.	90000	92000
5	К. п.	чол.	1	1

Б

П

$$K_{НГ} = \frac{W_{СЕЗ}}{W_{ГОД}} = \frac{3000}{7,46} = 402,14 \text{ год.} \quad K_{НГ} = \frac{W_{СЕЗ}}{W_{ГОД}} = \frac{3000}{8} = 375 \text{ год.} \quad (5.1)$$

Б

П

$$B_{П} = K_{НГ} \cdot n = 402,14 \cdot 1 = 402,14 \text{ год.} \quad B_{П} = K_{НГ} \cdot n = 375 \cdot 1 = 375 \text{ год.} \quad (5.2)$$

$$П = \frac{C_T}{W_{ГОД}} \cdot K_1 \cdot K, \quad (5.3)$$

Б

П

$$П = 11,05 \text{ грн./т}$$

$$П = 10,31 \text{ грн./т}$$

Б

П

$$A_{ТР} = 2,90 \text{ грн/т}$$

$$A_{ТР} = 2,76 \text{ грн/т}$$

$$V_{\text{ПММ}} = C_{\text{ПММ}} \cdot V_{\text{ЕЛ}} = 6,86 \cdot 5,1 = 34,98 \text{ грн./т}$$

Проект

$$V_{\text{ПММ}} = C_{\text{ПММ}} \cdot V_{\text{ЕЛ}} = 6,86 \cdot 5,1 = 34,98 \text{ грн./т}$$

ТО, ТР витрати і зберігання:

$$B = \frac{B_B \cdot (\alpha_{\text{ТО}} + \alpha_3 + \alpha_{\text{ТР}})}{100 \cdot K_{\text{НГ}} \cdot W_{\text{ГОД}}}, \quad (5.4)$$

Б

$$V_{\text{ТР}} = 5,76 \text{ грн./т}$$

П

$$V_{\text{ТР}} = 5,89 \text{ грн./т}$$

Витрат експлуатаційних всього на 1 т:

Б

$$E_B = 11,05 + 2,90 + 34,98 + 5,76 = 54,69 \text{ грн./т}$$

П

$$E_B = 10,31 + 2,76 + 34,98 + 5,89 = 53,94 \text{ грн./т}$$

Б

П

$$E_{\Sigma} = E_B \cdot W_{\text{СЕЗ}} = 54,69 \cdot 3000 = 164070 \text{ грн.}$$

$$E_{\Sigma} = 53,94 \cdot 3000 = 161820 \text{ грн.}$$

Вкладення капітальні на 1 т:

Б

П

$$K_B = \frac{B_B}{W_{\text{СЕЗ}}} = 30 \text{ грн./т}$$

$$K_B = 30,67 \text{ грн./т}$$

Витрати приведені на 1 т:

$$П_B = E_B + 0,15 \cdot K_B$$

Б

$$P_B = 54,69 + 0,15 \cdot 30 = 59,19 \text{ грн./т}$$

П

$$P_B = 53,94 + 0,15 \cdot 30,67 = 58,54 \text{ грн./т}$$

Витрати приведені на весь обсяг робіт:

Б

$$P_{B\Sigma} = P_B \cdot W_{\text{СЕЗ}} = 59,19 \cdot 3000 = 177570 \text{ грн.}$$

Проект

$$P_{B\Sigma} = P_B \cdot W_{\text{СЕЗ}} = 58,54 \cdot 3000 = 175620 \text{ грн.}$$

Річний економічний ефект:

$$E_E = 177570 - 175620 = 1950 \text{ грн.}$$

Строк окупності додаткових капітальних витрат

$$N = 1 \text{ рік}$$

Табличні данні розрахунів приведені в додатку 1

Висновки

Техніко-економічний аналіз підтвердив доцільність запропонованої модернізації: експлуатаційні витрати в порівнянні з базовим зразком знижено, річний економічний ефект становить 1950 грн, а термін окупності близько року. Проведені розрахунки свідчать про ефективність розробленої конструкції, що дозволяє рекомендувати її до впровадження.

ВИСНОВКИ ЗАГАЛЬНІ

1. Проведено аналіз господарської діяльності підприємства, що дозволило обґрунтувати актуальність та вибір теми дипломного проєкту.

2. Визначено ключові агротехнічні вимоги до процесу післязбирального обробітку зернових культур.

3. Здійснено аналітичний огляд сучасних конструкцій пневмосепараторів, який показав значну різноманітність як компоновочних схем, так і конструкцій робочих органів. На основі результатів огляду прийнято рішення розробити нову конструкцію ворохоочисника, базуючись на авторському свідоцтві № 38397.

4. Запропоновано технологічну схему ворохоочисної машини із замкненою системою повітряної циркуляції. Обладнання вирізняється простою конструкцією, високою питомою продуктивністю та надійністю в роботі. Завдяки відсутності знакозмінних вібраційних навантажень машина не пошкоджує насіння.

5. Установлено, що ефективність процесу сепарації залежить не лише від кінематичних та установчих параметрів ситового барабана (V_b , Q) і живильного лотка (β , α , α_2), а й від фізико-механічних властивостей зернової суміші (H_0 , γ_0). Після аналізу форм та розмірів отворів решета обрано плетене сито з ромбічними комірками розміром 15×15 мм. В межах кінематичних розрахунків визначено оптимальні параметри: частоту обертання валу ситового барабана, передавальне число приводу, частоту обертання проміжного вала, число зубців зірочки ($Z_2 = 53$), довжину ступиці (45 мм). Проведено розрахунок вала на кручення та згин.

6. Розраховано основні експлуатаційні показники. Наведено технічну характеристику машини: продуктивність — 8 т/год, питоме споживання електроенергії — 0,51 кВт·год/т, енергоємність — 0,58 грн/т. Описано умови експлуатації та наведено рекомендації щодо зберігання обладнання.

7. Висвітлено заходи з охорони праці, включаючи планування перевірки небезпечних факторів під час експлуатації машини. Це дозволить знизити рівень травматизму та професійних захворювань серед обслуговуючого персоналу. Конструктивні зміни не вплинули негативно на дотримання норм техніки безпеки та охорони навколишнього середовища.

8. Техніко-економічний аналіз підтвердив доцільність запропонованої модернізації: експлуатаційні витрати в порівнянні з базовим зразком знижено, річний економічний ефект становить 1950 грн, а термін окупності близько року. Проведені розрахунки свідчать про ефективність розробленої конструкції, що дозволяє рекомендувати її до впровадження.

ЛІТЕРАТУРА

1. Борисенко І. Проблеми механізації зберігання і переробки зерна / І. Борисенко. Пропозиція, 2000. №8-9. – с. 36-38.
2. Кобець А.С. Грунтообробні машини: теорія, конструкція, розрахунок: монографія / А.С. Кобець, Б.А. Волик, А.М. Пугач. – Дніпропетровськ: «Свидлер А.Л.», 2011. – 140 с.
3. Волошин І.П., Канівець І.Д. /Механізація робіт на токах// І.П.Волошин, І.Д. Канівець І.Д. – Дніпропетровськ: Промінь, 1973. – 66с.
4. Гірник М.Л. Механізація та автоматизація післязбиральної обробки зерна / М.Л. Гірник. – К.: Урожай, 1976. – 152 с.
5. Комаристов В.Ю. Довідник з механізації післязбиральної обробки зерна / В.Ю. Комаристов, М.М. Петренко. – К.: Урожай, 1990. – 183 с.
7. Луценков В.А. Безпека технологічних процесів при ремонті і технічному обслуговуванні машин та обладнання АПК / В.А. Луценков, Д.А. Бутко, О.В. Гранкіна. Навчальний посібник. – Сімферополь; Бізнес – Ін форм, 1999. – 328 с.
8. Луценков В.А. Безпека технологічних процесів при виробництві та післязбиральній обробці продукції рослинництва / В.А. Луценков, Д.А. Бутко, Ю.П. Рогач. Навчальний посібник. – Сімферополь; Бізнес – Ін форм, 2002. – 344 с.
9. Бутко Д.А. Організація навчання з питань охорони праці АПК / Д.А. Бутко, В.А. Луценков, М.Т. Воїнов. Навчальний посібник. – Сімферополь; Бізнес – Ін форм, 2000. – 264 с.
10. Технічна механіка. Підручник. Калетнік Г.М., Булгаков В.М., Черниш О.М., Кравченко І.Є., Солоня О.В., Цуркан О.В. – К.: «Хай-Тек-Прес», 2011. – 340 с.
11. Сільськогосподарські машини: підручник / Д. Г. Войтюк, Л. В. Аніскевич, В. В. Іщенко та ін.; За ред. Д. Г. Войтюка. – К.: «Агроосвіта», 2015. – 679 с.

12. Сільськогосподарські та меліоративні машини: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.О. Дубровін, Т.Д. Іщенко та ін.; За ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2004. – 544 с.
13. Войтюк Д.Г., Барановський В.Н., Булгаков В.Н. та ін. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку. – К.: Вища освіта, 2005. - 464 с.
14. Кобець А. С. Основи теорії робочих органів сільськогосподарських машин. – Дніпропетровськ: ДДАУ, 1999. – 204 с.
15. Кобець А. С. Теорія і розрахунок сільськогосподарських машин: практикум / Кобець А. С. Кобець О. М., Пугач А. М. – Дніпропетровськ: Вид-во «Свідлер А. Л.», 2011. – 164 с.
16. Скрипник В.І. Розробка, виробництво, конструктивні особливості нової сільськогосподарської техніки: навчальний посібник для здобувачів професійної освіти / В.І. Скрипник. – Київ.: Літера ЛТД, 2019. – 256 с.
17. Головчук А. Ф., Марченко В. І., Орлов В. Ф., Експлуатація та ремонт сільськогосподарської техніки: Підручник: У 3 кн. / За ред. проф. А. Ф. Головчука. Книга 3 – Машини сільськогосподарські . – К.: Грамота, 2005 р. – 576 с.
18. Булгаков В.М. Теоретична механіка. Посібник для практичних занять. (Під редакцією проф. С.І.Кучеренка). / В.М. Булгаков, В.В. Бурлака, Г.М. Калетнік, І.Є. Кравченко, С.І. Кучеренко, Д.І. Мазоренко, Л.М. Тіщенко, М.Г. Березовий. – Вінниця: Нова книга, 2010. – 667 с.
19. Бакум М. В. Проектування сільськогосподарських машин: навч. посіб. Ч. 1. Плуги загального призначення / М. В. Бакум, С. П. Нікітін, А. В. Сергєєва; за ред. М. В. Бакума; Харк. держ. техн. ун-т с.-г. – Х., 2003. – 336 с.
20. Гапоненко В. С. Сільськогосподарські машини. – К.: Урожай, 1993. – 448 с.

21. Бондаренко М. Г. Комплектування і використання машинно-тракторного парку в рослинництві: підруч. для студ. вузів / М. Г. Бондаренко, В. А. Демещук. – К. : Вищ. шк., 1995. – 237 с.

22. Гевко Р. Б. Машини сільськогосподарського виробництва: навч. посіб. для студ. вузів / Р.Б. Гевко, І. Г. Ткаченко, І. І. Павх; М-во освіти і науки України, Терноп. акад. нар. госп-ва. – Тернопіль, 2002. – 251 с.

23. Заїка П. М. Теорія сільськогосподарських машин: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. Т. 1. Ч. 1. Машини та знаряддя для обробітку ґрунту. / П. М. Заїка, М-во освіти і науки України, М-во аграр. політики України, Харк. держ. техніч. ун-т с.-г. – Х.: ОКО, 2001. – 443 с.

24. Паламарчук В. І., Проценко О. О., Козачук А. М. та ін. Довідник з механізації виробництва цукрових буряків. За ред. О. О. Проценко. – К.: Урожай, 1987. – 240 с.

ДОДАТКИ

Економічна ефективність проекту

№	ПОКАЗНИКИ	Варіант	
		базовий	проект
1	Вид роботи	попереднє очищення	
2	Об'єм роботи, т	3000	3000
3	Продуктивність, т/год	7,46	8
4	Кількість нормо-годин у обсязі робіт	402,14	375
5	Кількість обслуговуючого персоналу, чол.	1	1
6	Витрати праці, год.	402,14	375
7	Тарифний розряд роботи	V	V
8	Тарифна ставка, грн./год.	50	50
9	Витрата електроенергії кВт·год.	5,1	5,1
10	Балансова вартість машини, грн.	90000	92000
11	Вартість електроенергії грн./кВт·год.	6,86	6,86
12	Експлуатаційні витрати, грн./т у тому числі:	54,69	53,94
	а. Основна і додаткова заробітна плата	11,05	10,31
	б. Амортизаційні відрахування	2,90	2,76
	в. Витрати на електроенергію	34,98	34,98
	г. Витрати на ТО, ПР, зберігання	5,76	5,89
13	Капітальні вкладення, грн./т	30	30,67
14	Приведені затрати, грн./т	59,19	58,54
	На весь обсяг роботи, грн.	177570	175620
15	Річний економічний ефект, грн.		1950
16	Строк окупності, років		1