

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Інститут (факультет ) Навчально-науковий інженерно-технічний  
інститут ім. акад. І.С. Гулого

Кафедра Технологічного обладнання та комп'ютерних технологій  
проектування

«До захисту в ЕК»  
Директор інституту(декан факультету)  
\_\_\_\_\_ Сергій БЛАЖЕНКО  
(підпис) (ім'я та прізвище)

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

«До захисту допущено»  
Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ Микола ЯКИМЧУК  
(підпис) (ім'я та прізвище)

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

зі спеціальності \_\_\_\_\_ 133 «Галузеве машинобудування» \_\_\_\_\_

освітньо-професійної програми Інжиніринг харчових виробництв \_\_\_\_\_

на тему: Підвищення ефективності очищення зернових культур шляхом  
удосконалення конструктивних елементів зерноочисного сепаратора ВЧС-100

Виконав: здобувач II курсу, групи ОХ-2-2М

Погорелов Ярослав Всеволодович  
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник: Якобчук Роман Леонідович  
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Консультанти \_\_\_\_\_

(ім'я та прізвище)

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (ім'я та прізвище)

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (ім'я та прізвище)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_

(ім'я та прізвище)

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач \_\_\_\_\_

(підпис)

**Київ – 2025р.**

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад.І.С.Гулого  
Кафедра Технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва)

Освітня програма «Інжиніринг харчових виробництв

(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри ТОКТП**

**проф. Микола ЯКИМЧУК**

(власне ім'я і ПРІЗВИЩЕ)

« 18 » 09 2025 року

## **З А В Д А Н Н Я** **НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА**

Погорелов Ярослав Всеволодович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Підвищення ефективності очищення зернових культур шляхом удосконалення конструктивних елементів зерноочисного сепаратора ВЧС-100

керівник роботи Якобчук Роман Леонідович, доц., канд. тех. наук

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

затвержені наказом закладу вищої освіти від « 17 » 09. 2025 р. № 712-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 01.12.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи

1. Технічний паспорт обладнання.

2. Альбом галузевого обладнання. 3. Навчальна та спеціальна література

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):  
Реферат; Зміст; Вступ; Аналіз сучасного стану об'єкта дослідження, вибір і обґрунтування основного напрямку дослідження; Розробка нового технічного рішення об'єкта дослідження; Дослідна частина та узагальнення результатів; Розрахункова частина; Принципи автоматизованого управління об'єктом проектування; Заходи з охорони праці та охорони довкілля; Маркетингове обґрунтування проекту; Висновки; Список використаних літературних джерел

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):  
Загальний вигляд обладнання – 4 аркуші; Складальні одиниці обладнання – 4 аркуші; Технологія маршруту складання вузла – 1 аркуш; Науково-дослідна робота – 4 аркуші

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультантів	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання: 18.09.2025 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	<i>Вступ</i>	18.09.2025 р.	
2	<i>Аналіз сучасного стану об'єкта дослідження, вибір і обґрунтування основного напрямку дослідження</i>	19.09.2025 р.	
3	<i>Розробка нового технічного рішення об'єкту дослідження</i>	24.09.2025 р.	
4	<i>Дослідна частина та узагальнення результатів</i>	17.10.2025р.	
5	<i>Розрахункова частина</i>	24.10.2025 р.	
6	<i>Принципи автоматизованого управління об'єктом проектування</i>	26.10.2025 р.	
7	<i>Заходи з охорони праці та охорони довкілля</i>	31.10.2025 р.	
8	<i>Маркетингове обґрунтування проекту</i>	05.11.2025 р.	
9	<i>Висновки</i>	14.11.2025 р.	
10	<i>Список використаних літературних джерел</i>	16.11.2025 р.	
11	<i>Графічна частина формату А1 – 10 шт.</i>	28.11.2025 р.	
12	<i>Подача кваліфікаційної роботи на кафедру</i>	02.12.2025 р.	

Здобувач \_\_\_\_\_  
( підпис )

**Ярослав ПОГОРСЛОВ**  
(власне ім'я і ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
( підпис )

**Роман ЯКОБЧУК**  
(власне ім'я і ПРІЗВИЩЕ)

## Реферат

Магістерська кваліфікаційна робота присвячена удосконаленню конструкції зерноочисного сепаратора ВЧС-100 з метою підвищення ефективності очищення зернових культур.

У роботі запропоновано модернізований решітний стан, у якому традиційне кулькове очищення замінено пристроєм пружинного типу. Такий очищувач забезпечує роботу не лише з плоскими решетами з поздовжніми отворами, а й із полотнами секційної будови. У цих секціях передбачено 2–3 ряди довгастих отворів, розміщених таким чином, що їх орієнтація у сусідніх секціях змінюється в протилежні боки під кутом, меншим за динамічний кут тертя зернової суміші по решету. Подібне компонування сприяє інтенсивнішому розподілу зерна за фракціями й ефективнішому виділенню домішок, тоді як пружинний очищувач забезпечує стабільне очищення решіт у процесі роботи.

Метою дослідження є підвищення продуктивності та якості роботи сепаратора ВЧС-100. Об'єкт дослідження – процес очищення зерна на зерноочисних машинах.

Предмет дослідження – конструктивне вдосконалення сепаратора ВЧС-100.

**Ключові слова:** зерно, сепаратор, очищення.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Якобчук Р.Л.	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> Погорєлов Я.В.	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Реферат</b>	<b>24.0252.КР.20.000 ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> 3/91

## Summary

The master's project is devoted to improving the design of the VCHS-100 grain cleaning separator in order to increase the efficiency of grain cleaning.

The work proposes a modernized screen frame in which traditional ball cleaning is replaced by a spring-type device. Such a cleaner works not only with flat screens with longitudinal holes, but also with sectional screens. These sections have 2–3 rows of oblong holes arranged in such a way that their orientation in adjacent sections changes in opposite directions at an angle smaller than the dynamic angle of friction of the grain mixture on the screen. This layout promotes more intensive distribution of grain by fractions and more efficient separation of impurities, while the spring cleaner ensures stable cleaning of the screens during operation.

The purpose of the study is to increase the productivity and quality of the VCHS-100 separator.

The object of the study is the process of grain cleaning on grain cleaning machines.

The subject of the study is the structural improvement of the VCHS-100 separator.

**Keywords:** grain, separator, cleaning.

## ЗМІСТ

	стор.
Рефера.....	3
Вступ.....	6
1. Аналіз сучасного стану об'єкта дослідження, вибір і обґрунтування напрямку дослідження.....	8
2. Розробка нового технічного рішення об'єкту дослідження .....	15
3. Дослідна частина та узагальнення результатів .....	22
4. Розрахункова частина .....	48
5. Принципи автоматизованого управління об'єктом проектування ...	65
6. Заходи з охорони праці та охорони довкілля .....	67
7. Маркетингове обґрунтування проекту дослідження.....	84
Висновки.....	89
Список використаних літературних джерел.....	90
Специфікації.....	94

## ВСТУП

Сучасний агропромисловий комплекс висуває високі вимоги до якості післязбиральної обробки зернових культур. Однією з ключових операцій технологічного процесу є очищення зерна від домішок різної природи, адже саме цей етап визначає якість подальшого зберігання, переробки та загальну ефективність функціонування зернопереробних підприємств. У зв'язку з цим зростає потреба у вдосконаленні зерноочисних машин, підвищенні їх продуктивності, надійності та технологічної гнучкості. Особливої уваги потребують сепаратори, які забезпечують основне фракціонування зернової суміші.

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю підвищення ефективності роботи сепаратора ВЧС-100, що широко застосовується на підприємствах зернопереробної та зернопідготовчої галузі. Традиційні конструктивні рішення, зокрема системи кулькового очищення решіт, мають низку недоліків, серед яких схильність до забивання при роботі з важкоосипними культурами, нерівномірність очищення та підвищене зношування робочих поверхонь. Це обмежує продуктивність та стабільність технологічного процесу. Тому пошук технічних рішень, спрямованих на модернізацію решітного стану та покращення умов очищення, є актуальною науковою і практично значущою задачею.

**Об'єктом дослідження** є процес очищення зерна на зерноочисних машинах.

**Предмет дослідження** – конструктивне удосконалення сепаратора ВЧС-100.

**Мета роботи** полягає у підвищенні продуктивності та якості роботи сепаратора ВЧС-100 шляхом удосконалення його конструктивних елементів.

Для досягнення поставленої мети в роботі запропоновано модернізований решітний стан, у якому традиційний кульковий очишувач

замінено пристроєм пружинного типу. Така конструкція забезпечує стабільне очищення робочих решіт та запобігає їх забиванню. Крім того, у роботі застосовано принципово новий підхід до компоновки решіт секційної будови: у кожній секції передбачено 2–3 ряди довгастих отворів, орієнтованих у протилежні боки в сусідніх секціях під кутом, меншим за динамічний кут тертя зернової суміші. Такий підхід сприяє більш інтенсивному розподілу зерна за фракціями та підвищує ефективність виділення домішок.

**Наукова новизна роботи** полягає у створенні та теоретичному обґрунтуванні конструкції решітного стану із пружинним очищувачем та секційним розташуванням довгастих отворів змінної орієнтації. Запропоноване рішення дозволяє підвищити стійкість процесу очищення та інтенсифікувати рух зернової суміші по робочих поверхнях.

**Практичне значення роботи** полягає в можливості впровадження модернізованого решітного стану у конструкцію існуючих сепараторів типу ВЧС-100, що сприятиме підвищенню продуктивності, зменшенню втрат та покращенню якості очищення зернових культур. Результати дослідження можуть бути використані підприємствами агропромислового комплексу, а також у навчальному процесі під час вивчення дисциплін, пов'язаних із післязбиральною обробкою зерна та конструюванням сільськогосподарських машин.

# 1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ, ВИБІР І ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕННЯ

## 1.1. Огляд літературних джерел та аналіз прогресивних конструкційних рішень

Ефективність післязбиральної обробки зерна значною мірою визначається якістю очищення зернової маси, що надходить на подальші технологічні операції. У більшості сільськогосподарських підприємств базовим елементом технологічної лінії залишаються повітряно-решітні зерноочисні машини. Вони забезпечують початкове та вторинне очищення зернового матеріалу за рахунок поєднання аеродинамічної та механічної сепарації.

Аналіз наукових джерел, зокрема робіт з машин для переробки зернових культур, свідчить, що головною умовою стабільності роботи таких машин є ефективна робота решітного стану, на якому відбувається остаточний розподіл зернової суміші за геометричними розмірами частинок.

Ключовою проблемою, що систематично згадується в літературі, є забивання отворів решіт, що призводить до зменшення пропускної здатності, погіршення сепарації та перевантаження потоку. Для усунення цієї проблеми протягом останніх десятиліть було запропоновано декілька типів очисників:

- щіткові очищувачі, що забезпечують механічне зчищення частинок, проте характеризуються високим зносом і складністю технічного обслуговування;
- кулькові очищувачі, які отримали значне поширення через простоту конструкції та відсутність приводу;
- комбіновані системи, що поєднують ударні та ковзні дії;
- пружинні очищувачі, які є прогресивним напрямом розвитку.

У зерноочисних машинах для очищення плоских решіт решітних станів широкого поширення набули механізми фрикційної дії з використанням щіткового очисника. Принцип дії даних очищувачів зводиться до взаємодії щітки безпосередньо з решетом і застрягли в них частинках сипучого купу. Відмінності між щітковими механізмами очищення полягає лише в конструкціях їх приводу. Розглянемо деякі з них.

На Рис. 1.1 зображений очищувач сит. Ворс 5 очисної щітки 4 представленого механізму очищення завжди підібганий до сити 3, його переміщення здійснюється за рахунок електропривода 10 і властивостей біметалічної пластини 7. Вона, в свою чергу, під дією електричного струму нагрівається і згинається, змінюючи при цьому кут нахилу ворсу, що викликає переміщення візки 1 з щіткою 4 по напрямних 2 уздовж решета і відключення від джерела струму 12. При охолодженні пластини спостерігається зворотний рух з відновленням електричного контакту.

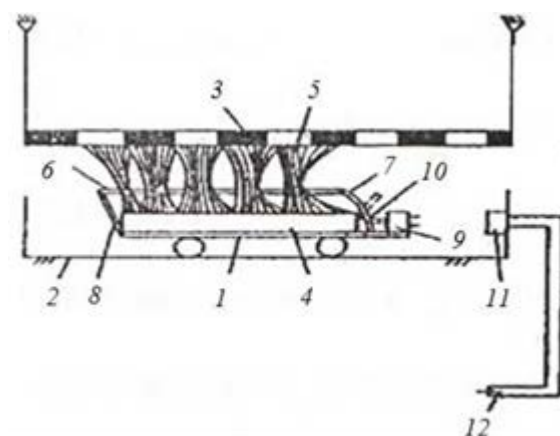


Рис. 1.1 - Очистник сит: 1 - візок; 2 - напрямні; 3 - сито; 4 - очисна щітка; 5 - ворс щітки; 6 - додаткова рамка; 7 - біметалічна пластина; 8 - сережка; 9 - електричний роз'єм; 10 - електричний привід; 11 - друга частина електричного роз'єму; 12 - джерело електричного струму.

При зворотному переміщенні очищувача за рахунок нахилу і підтискання ворсу заснована робота очищувача сита представленого на Рис. 1.2. Перше переміщення в даному випадку здійснюється за рахунок

електродвигуна 20 крутного шків 3, який накручує трос 4 із закріпленою на ньому колодкою 5 зі щіткою 7.

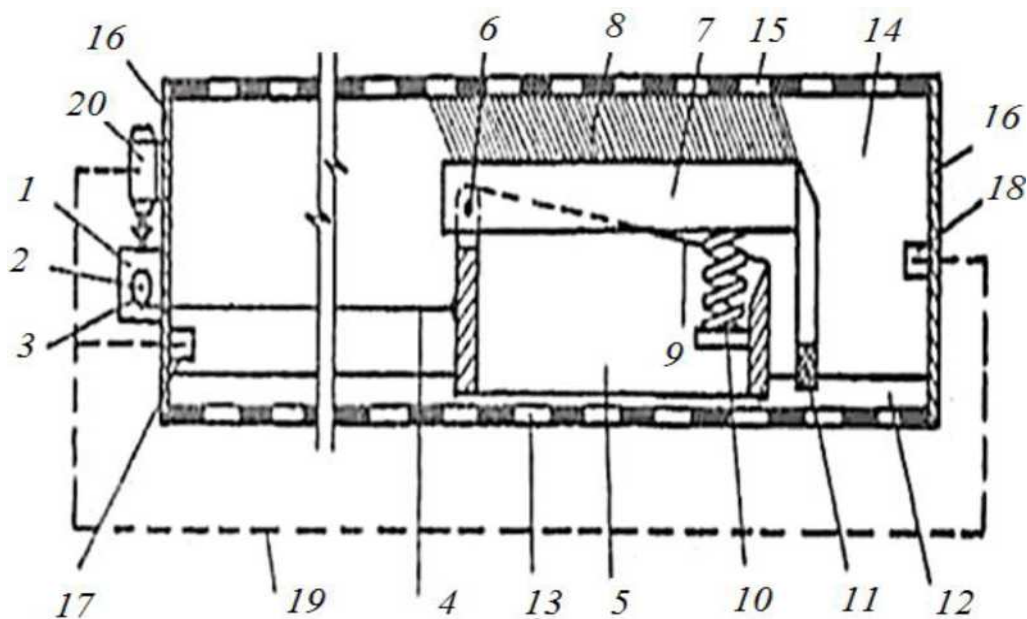


Рис. 1.2 - Очисник сита: 1 - редуктор; 2 - вал; 3 - шків; 4 - трос; 5 - колодка; 6 - шарнір; 7 - корпус щітки; 8 - ворс щітки; 9 - бічні стінки колодок; 10 - пружина; 11 - очисники; 12 - напрямні; 13 - Фордон; 14 - корпус сита; 15 - сито; 16 - бічні стінки корпусу сита; 17,18 - кінцеві вимикачі; 19 - електричний зв'язок; 20 - електродвигун

На Рис. 1.3 зображена конструктивна схема очищувача плоских решіт. Привід механізму очищення передає зворотно-поступальний рух рамці зі щітками, встановленої на ролику. У крайніх переміщеннях ролика на опорній поверхні виконані канавки, при попаданні в які відбувається розрив контакту щіток з решетом. Дане технічне рішення дозволяє інтенсифікувати процес сепарації і знизити навантаження на очищувач.

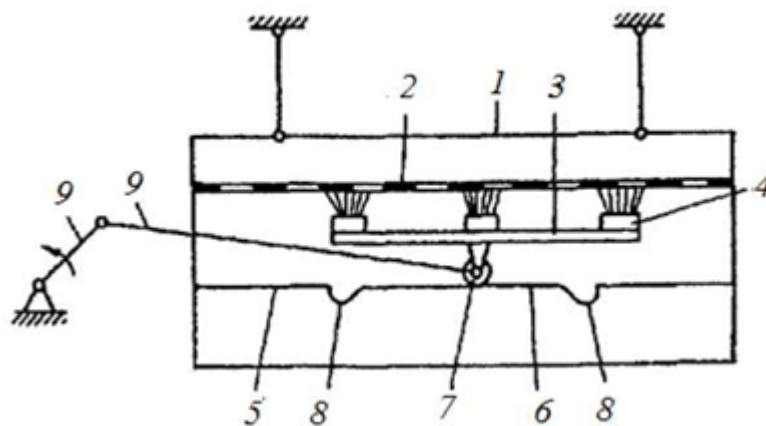


Рис. 1.3 - Очистник плоских решіт: 1 - решітний стан; 2 - решето; 3 - рамка; 4 - щітки; 5 - напрямні; 6 - опорна поверхня; 7 - ролик; 8 - канавки; 9 - привід

На Рис. 1.4 представлена принципова схема механізму очищення решіт зерноочисних машин з коливальним рухом решітний стан [15]. Тут привід очисника працює спільно з коливаннями решетного стану. Рухома платформа 3 рухається по напрямних 4 під дією тяги 15, при цьому контакт щітки з решетом залежить від положення решетного стану 1, яке викликає по чергове натяг і розслаблення троса 8 пов'язаного через шарніри 7 і блочки 9 з підпружиненим важелем 5.

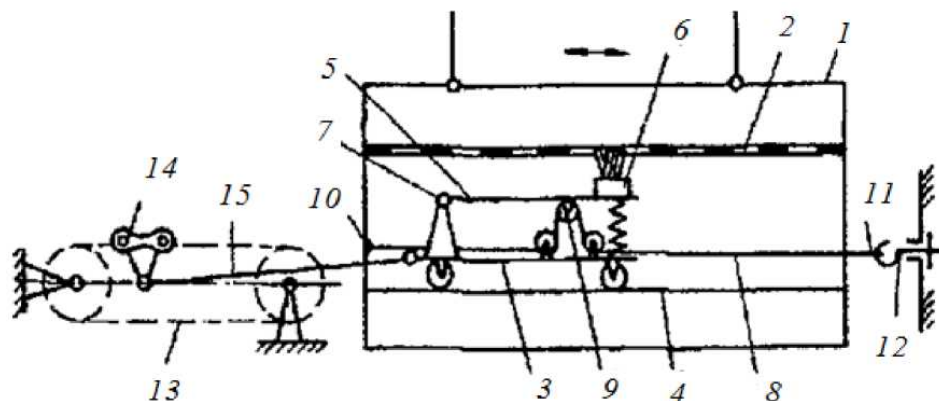


Рис. 1.4 - Механізм очищення решіт зерноочисних машин з коливальним рухом решітний стан: 1 - решітний стан; 2 - решето; 3 - платформа; 4 - напрямні; 5 - підпружинений важіль; 6 - щітка; 7 - шарнір; 8 - трос; 9 - блочки; 10,11 - кінці троса; 12 - механізм натяження; 13 - ланцюгова передача; 14 - ланка ланцюгової передачі; 15 – тяга

За результатами порівняльного аналізу відзначено, що кулькові очисники хоча й ефективні у більшості випадків, однак проявляють нестабільність роботи за умов підвищеної вологості та наявності дрібних домішок, які щільно забивають отвори і важко видаляються ударними елементами. Крім того, кулькові очищувачі мають обмеження щодо типу решіт, зокрема форм отворів.

У працях сучасних дослідників наголошується на необхідності вдосконалення кінематичних характеристик решітних систем. Частота й амплітуда коливань, траєкторія руху решета, форма отворів, матеріали рам — усе це визначає характер руху зернової суміші та ефективність її поділу.

Останніми роками спостерігається тенденція до використання пружинних очисників, які поєднують простоту конструкції з високою інтенсивністю очищення. Результати експериментальних досліджень свідчать, що пружинні очищувачі забезпечують:

- багатократний контакт із поверхнею решета;
- змінний кут дії відносно отворів;
- ударно-ковзний характер взаємодії із решетом;
- стабільну роботу незалежно від вологості та стану матеріалу.

Пружинний очищувач може ефективно працювати з решетами складної конфігурації, зокрема з довгастими отворами у секційній структурі решета, де отвори сусідніх секцій відхилені у протилежні сторони для підвищення якості поділу.

Такі прогресивні рішення свідчать про загальну тенденцію галузі: підвищення ефективності очищення решіт шляхом переходу від ударних одноточкових елементів до багатоточкових пружних систем.

## 1.2. Обґрунтування актуальності дослідження, формулювання мети та завдань дослідження

У сучасних умовах інтенсифікації виробництва зернових культур та зростання вимог до якості готового продукту надзвичайно важливою є проблема підвищення ефективності машин післязбиральної обробки. Продуктивність повітряно-решітних зерноочисних машин значною мірою залежить від фізико-механічних властивостей зернової суміші, конструктивних параметрів робочих органів і, насамперед, якості очищення решіт.

- висока інтенсивність очищення за рахунок багатоточкового контакту;
- можливість рівномірного очищення по всій довжині комірки;
- здатність працювати з різними типами отворів, у тому числі з довгастими секційними решетами;
- підвищення ефективності поділу без збільшення енергоспоживання;
- зменшення втрат зерна внаслідок забивання отворів.

Таким чином, модернізація решітного стана шляхом використання пружинного очищувача є актуальною науково-технічною задачею, спрямованою на підвищення ефективності процесу очищення зернової суміші.

### Мета дослідження

Підвищення ефективності роботи повітряно-решітної зерноочисної машини за рахунок удосконалення конструкції решітного стана та кінематики його руху із застосуванням пружинного очищувача.

### Завдання дослідження

1. Виконати літературний огляд конструкцій зерноочисних машин та їх решітних систем.

2. Провести аналіз існуючих очисників решіт і визначити їх недоліки.
3. Обґрунтувати вибір пружинного очищувача як перспективного конструктивного рішення.
4. Розробити удосконалену конструкцію решітного стана з використанням пружинного очищувача.
5. Проаналізувати кінематичні параметри руху решітного стана та їх вплив на процес очищення.
6. Визначити очікуваний ефект від впровадження модернізованої конструкції.

### 1.3. Висновки

Проведений літературний огляд дає підстави стверджувати, що ефективність роботи повітряно-решітних зерноочисних машин значною мірою залежить від конструкції решітного стана та системи очищення отворів решета. Традиційні конструкції, зокрема кулькові очищувачі, мають ряд недоліків, які обмежують їх використання в умовах інтенсивних навантажень або підвищеної вологості зернової маси.

Аналіз прогресивних конструкційних рішень свідчить, що найбільш перспективною є технологія застосування пружинних очищувачів. Використання пружин дозволяє значно підвищити інтенсивність очищення, забезпечити стабільний контакт з поверхнею решета, адаптувати конструкцію до різних типів отворів та підвищити продуктивність машини без суттєвого ускладнення конструкції.

Отже, подальші дослідження, пов'язані з модернізацією решітного стана та оптимізацією параметрів роботи пружинного очищувача, мають важливе практичне значення і сприятимуть підвищенню ефективності зерноочисної техніки.

## 2. РОЗРОБКА НОВОГО ТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

Продуктивність зерноочисних машин значною мірою визначається якістю очищення робочих органів, зокрема плоских решіт. Ступінь очищення отворів решета впливає на стабільність процесу сепарації, інтенсивність просіювання та загальну результативність роботи сепаратора. Низька ефективність очищення призводить до зменшення живого перерізу решета, збільшення кількості забитих отворів, порушення режимів подачі зернової маси й, відповідно, до зниження продуктивності всієї зерноочисної системи.

У сучасних повітряно-решітних машинах найпоширенішими є кулькові очисники. Вони мають низку конструктивних переваг — простоту, технологічність виготовлення, відсутність додаткових приводів, компактність та достатню надійність. Проте кулькові системи мають і суттєві обмеження: зниження ефективності при роботі з важкоосипними зерновими сумішами, нерівномірний вплив на отвори решета, обмежену інтенсивність очищення та зростання ймовірності забивання при зменшенні амплітуди коливань решітного стану. Враховуючи, що повітряно-решітні машини й надалі залишатимуться основним типом обладнання для післязбиральної обробки зерна, завдання підвищення ефективності очищення решіт є актуальним і технічно обґрунтованим.

Метою розробки стало створення альтернативної системи очищення плоских решіт сепаратора ВЧС-100, яка забезпечувала б:

- підвищену інтенсивність очищення отворів решета;
- зменшення частоти забивання робочої поверхні;
- стабільність процесу сепарації при різних видах зернової суміші;
- можливість роботи з новими типами решет секційної будови;
- підвищення загальної продуктивності сепаратора за рахунок покращення ефективності очищення.

## Розробка нового технічного рішення

У результаті було запропоновано конструкцію решітного стану із застосуванням пружинного очищувача замість традиційного кулькового. Схему нового очищувача представлено на рисунку.

Пружинний очищувач складається з:

- 1 — перфорованої відбивної поверхні;
- 2 — виступів, що формують комірки;
- 3 — комірок для розміщення пружини;
- 4 — напрямних;
- 5 — очищувача у вигляді пружини;
- 6 — робочого решета.

Відбивна поверхня поділена виступами на окремі прямокутні комірки, у кожній з яких розміщено пружинний елемент. Над комірками встановлене робоче решето з довгастими отворами.

### **Принцип роботи технічного рішення**

Під час зворотно-поступального руху решітного стану пружина здійснює складний коливальний рух у межах своєї комірки:

- послідовно взаємодіє зі стінками виступів;
- відскакує від похилих поверхонь комірки;
- торкається решета всіма своїми витками;
- здійснює ковзання по поверхні після удару, доки знову не досягає виступу.

Таке багаторазове багатооточкове контактування значно підвищує інтенсивність очищення отворів решета. На відміну від кулькових очисників, де контакт відбувається точково, пружина має кілька витків, які одночасно впливають на різні ділянки решета. Кількість точок контакту дорівнює кількості витків пружини, що забезпечує значно більшу частоту очищення.

Можливість роботи з секційними решетами

Запропонований очищувач ефективно працює не лише з решетами з поздовжніми отворами, а й з полотнами, поділеними на секції із 2–3 рядами довгастих отворів. У таких секціях отвори орієнтовані з невеликим зустрічним відхиленням — під кутом, меншим за динамічний кут тертя зернової суміші. Таке компонування:

- підвищує інтенсивність розподілу зерна за фракціями;
- покращує виділення домішок;
- стабілізує процес просіювання.

Пружинний очищувач забезпечує надійне очищення отворів незалежно від орієнтації секцій та складності геометрії решета.

## **2.1 Устрій та принцип роботи модернізованого об'єкту проектування**

Зернова маса – це сукупність взаємозв'язаних компонентів зерна основної культури, домішок, мікроорганізмів, комах та повітря міжзернових проміжків. Найбільший вміст в зерновій масі зерна основної культури від 60% до 95%. Зернову масу слід розглядати насамперед як комплекс живих організмів. Кожна група цих організмів або її окремі представники за певних умов так чи інакше виявляють свою життєдіяльність і тим самим впливають на стан та якість зернової маси, що зберігається. Зерно і насіння, маючи невеликі розміри та малу масу 1000 зерен, навіть у малій за масою партії містяться у великій кількості. Основою будь якої зернової маси є зерно (насіння) певного ботанічного роду. За прийнятою класифікацією ці зерна (за умови їх доброякісності) належать до категорії основного зерна або до зерен головної культури. Переважна більшість зернової маси, як правило, не однорідна за своїм станом – зерна різняться за розмірами, виповненістю, масою 1000 зерен, щільністю, вологістю та інше.

Основою будь-якої зернової маси є зерна (насіння) певної ботанічної родини. Разом з зерном основної культури, яка утворює зернову масу, в неї завжди потрапляє і деяка кількість домішок – насіння інших культурних

рослин і бур'янів, органічні і мінеральні частини рослин, ґрунту тощо. Зерно основної культури і домішки є середовищем життєдіяльності багатьох мікроорганізмів. Крім цих компонентів, в окремі партії зерна потрапляють шкідники хлібних запасів. Між зернами основної культури та домішками є порожнини – щілини, заповнені повітрям, яке суттєво впливає на всі компоненти зернової маси. Отже, практично усі зернові маси складаються з п'яти компонентів: зерно (насіння) основної культури, домішки, мікроорганізми, шкідники хлібних запасів та повітря.

Під час збирання врожаю формується зернова маса, яка складається з величезної кількості окремих зерен, кожне з яких так чи інакше відрізняється від іншого своїми розмірами, формою, масою, хімічними та іншими ознаками. Для одержання правильної характеристики зерен і оцінки усієї партії потрібно знати їх відмінності, з'ясувати ступінь неоднорідності партії за тією чи іншою ознакою, встановити межу відмінностей і середні величини їх значень. Домішки – це небажаний компонент зернової маси. Кількість домішок, виявлених у партії зерна продовольчого, фуражного чи технічного призначення, виражених в процентах від її маси, називають за-сміченістю. Домішки бувають рослинного, тваринного і мінерального походження. Кожна з цих груп складається з дуже різноманітних об'єктів, які по-різному впливають на можливість використання партії зерна і якість продуктів, що з нього виробляються. Розрізняють дві фракції домішок: смітну і зернову. До складу смітних домішок входять: мінеральні (земля, пісок, пил, частинки шлаку, руди тощо); органічні (частки стебла, листків, стрижні колосків, початку, остюки тощо); насіння дикорослих рослин; насіння культурних рослин, якщо воно згідно з відповідним стандартом не віднесене до зернових домішок. Наприклад, зерна жита і ячменю у партії пшениці, зерна пшениці і ячменю в житі чи зерна пшениці і жита в ячмені належать до зернових домішок; зерна усіх інших культур (вівса, проса, гречки, рису

тощо) відносяться до смітних домішок; зерна основної культури з чітко зіпсованим ендоспермом (гнилі, плісняві, підсмажені тощо); шкідливі домішки.

До складу мікрофлори кожної зернової маси входять різні бактерії і плісеневі гриби, інколи її заселяють актиномицети і споріднені їм організми, а також дріжджі. За способом життя мікроорганізми поділяють на три групи: сапрофітні, фітопатогенні та патогенні для тварин і людини. Переважну більшість мікроорганізмів у зернової масі становлять сапрофіти, які живляться органічними речовинами зерна, внаслідок чого воно частково або повністю руйнується, змінюючи свої фізичні властивості і хімічний склад. Основними представниками мікроорганізмів на свіжозібраному зерні є бактерії. Наприклад, згідно з даними Л. О. Трисвятського, склад мікрофлори пшеничного зерна в лісостеповій зоні становить в період молочного стану 100% (на початку підрахунку мікроорганізмів усю кількість їх взяли за 100 %), з них бактерій було 91 %, у воскову стиглість їх було 126 %, в т.ч. бактерій 95 %. Залежно від умов зберігання зернової маси змінюється кількісний і видовий склад мікрофлори. Якщо зернова маса зберігається в умовах, за яких неможливий активний розвиток мікроорганізмів, то зі збільшенням строку зберігання спостерігається часткове відмирання їх, а також змінюється співвідношення між окремими видами мікробів.

### **Зерночисний, повітряно-ситовий сепаратор**

Сепаратор складається з двохсекційного ситового корпусу, поз.3, підвішеного до станини, поз.1, на гнучких підвісках з скловолокна і вертикального пневмосепаруючого каналу, поз. 25. Даний сепаратор є односекційним і відповідно має один пневмосепаруючий канал. У ситовому корпусі встановлені два яруси сит: сортувальні, поз.10, і підсівні, поз.11. У кожному ярусі встановлена одна ситова рама, поз.4. Ситова рама у корпусі фіксуються ексцентриковими зажимами, поз.26. Ситові рами повздовжніми

та поперечними брусками розділені на відсіки, в кожному з яких знаходиться по дві гумові кульки, поз.29, які призначені для очищення сит. До нижньої площини ситової рами прикріплені сітчасті фордони, поз.28. На передній стінці ситового корпусу з внутрішньої сторони встановлений електродвигун, поз.5, який при допомозі клинопасової передачі приводить в обертальний рух шків з дисбалансом, поз.6, що забезпечує круговий поступальний рух ситового корпусу. У верхній частині станини встановлений приймальний патрубок, поз.9, для поступання зерна і патрубок для підключення до аспіраційної мережі, поз.29. Очищене зерно відводиться через випускний канал, поз.17. Для відведення крупних та дрібних домішок встановлено лотки, відповідно поз. 12 та 13. З боку сходової частини корпусу встановлено пневмосепаруючий канал, поз.25, з вібрототком , поз.19, призначеним для подачі зерна в канал. Для більш ефективного виділення легких домішок в пневмосепаруючому каналі регулюють амплітуду коливань вібрототка, величину його виходу в канал, величину вихідного зазору, швидкість повітряного потоку (розміщення рухомої стінки, поз.24) в верхній та нижній частині каналу, а також витрату повітря.

### **Принцип дії сепаратора**

Неочищене зерно самотічно поступає в ситовий корпус. Крупні домішки (схід з сортувального сита) виводяться через лоток сепаратора, а суміш зерна з дрібними домішками проходить через сортувальне сито і направляються на підсівне сито. Дрібні домішки (прохід підсівного сита) потрапляють у лоток і видаляються з сепаратора. Очищене на ситах від крупних і дрібних домішок зерно поступає на вібрототок і далі у пневмосепаруючий канал. При проходженні повітря через потік зерна легкі домішки виділяються з зернової суміші і виносяться повітрям через канал у горизонтальний циклон. Очищене зерно з пневмосепаруючого каналу через отвір у нижній частині по самотічним трубам направляється на переробку.

Регулююча перегородка пневмосепаруючого каналу виготовлена з трьохшарового скла. Вона одночасно є зовнішньою стінкою каналу.

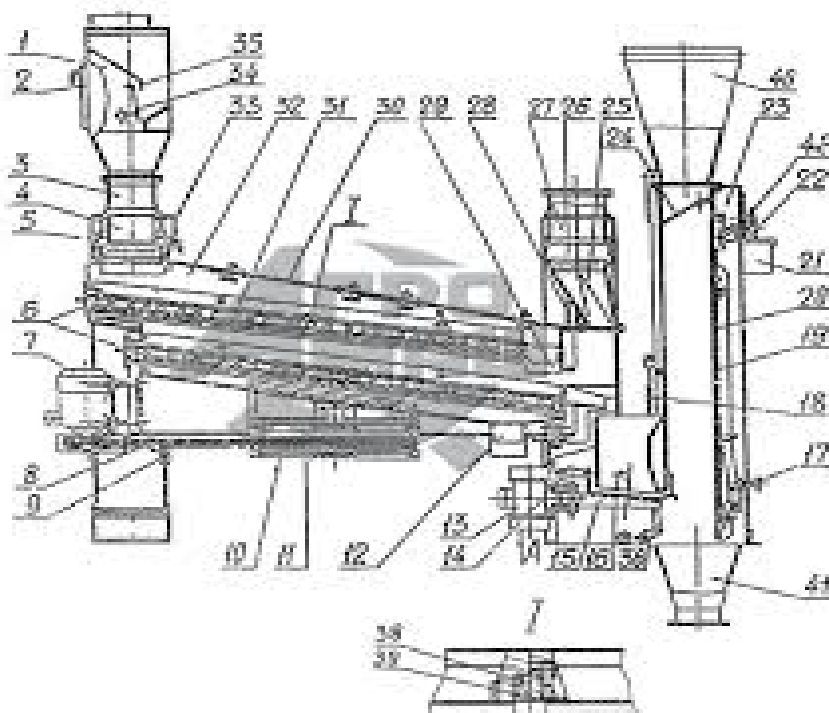


Рис. 2.1. Зерноочисний сепаратора ВЧС-100.

## 2.2. Висновки

У межах роботи розроблено нове технічне рішення для очищення плоских решіт сепаратора ВЧС-100, що передбачає заміну кулькового очищувача на пружинний. Запропонована конструкція забезпечує:

- значно інтенсивніше та якісніше очищення отворів решета;
- зменшення забивання та стабільність живого перерізу решета;
- підвищення ефективності процесу сепарації;
- можливість роботи з інноваційними секційними решетами з різноорієнтованими отворами;
- зростання продуктивності зерноочисної машини в цілому.

Таким чином, пружинний очищувач є перспективним варіантом модернізації традиційних повітряно-решітних машин і дозволяє суттєво підвищити ефективність післязбиральної обробки зерна.

### **3. ДОСЛІДНА ЧАСТИНА ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ**

#### **3.1. Об'єкт та предмет досліджень**

У процесі дослідження використовувався зерноочисний сепаратор типу ВСК-100, конструкція якого була попередньо удосконалена шляхом модернізації пневмосепаруючого каналу та робочого ситового блоку.

Під час підготовки розділу проводився аналіз існуючих технічних рішень, механізмів сепарації та фізико-механічних властивостей зернової маси. Основними джерелами інформації були:

- література з технологій післязбиральної обробки зернових культур;
- нормативно-технічна документація (ДСТУ 3768:2019, ДСТУ 7419:2013);
- наукові дослідження провідних вчених з питань пневмосепарації;
- електронні бази даних Scopus, Web of Science, Google Scholar;
- технічні паспорти та інструкції заводу-виробника.

В процесі огляду було встановлено, що ступінь однорідності зернової маси, її початкова засміченість, щільність домішок, вологість та кут природного укосу суттєво впливають на ефективність її розділення.

Ці фактори стали основою для формування предмету дослідження, який полягає у вивченні закономірностей руху зернової суміші в оновленій конструкції сепаратора та аналізі впливу конструктивних параметрів вузлів на якість очищення.

#### **3.2 Опис експериментальної установки чи імітаційної моделі об'єкту досліджень.**

Для проведення досліджень на вдосконаленій лабораторній установці в якості вихідного матеріалу був узятий купу насіння пшениці з бункера зернозбирального комбайна, отриманий під час збирання насіння озимої

пшениці сорту. Всі дослідження проводили за методиками описаним в попередньому розділі.

Результати по визначенню складу бункерного купи пшениці представлені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Результати визначення складу бункерного купи пшениці

№ дослідю	Ціле зерно, %	Подрібнене зерно. %	Зерно в плівці. %			Скловидність. %	Вміст клейк овин и. %
				Великі	Малі		
і	82,10	6.52	0.95	7,64	3,74	62,74	26.50
2	82,38	5.92	0.96	7,85	3.85	63,05	27,30
3	81,40	5.89	0.94	8,61	4.10	62,27	24.10
4	81,76	6.03	0.94	8,29	3,92	62.33	25.10
5	83,90	5.60	0,98	7,38	3.12	63.38	29.50
Середнє	82,31	5,99	0,95	7,95	3.75	62.75	26.50

Таким чином, в вихідному купі зміст насіння пшениці - 82,31%, дробленого зерна 5,99%, зерна в плівці 0,95%, засмічувачів 11,7% в тому числі 7,95% великих і 3,75% дрібних. Склоподібність і вміст клейковини складало 62,75% і 26,50% відповідно.

Вологість досліджуваного купи не перевищувала 14%.

### 3.3. Вплив конструкції відбивної поверхні на якість очищення решета

Продуктивність зерноочисних машин залежить від складу, оброблюваного купи, його фізико-механічних властивостей, конструктивних і режимних параметрів роботи машин. Один з основних показників, що

забезпечують ефективність роботи зерноочисної машини, є якість очищення решіт.

На сучасних повітряно-решітних зерноочисних машинах для очищення плоских решіт використовують кулькові очисники. У порівнянні зі щітковими, дані очисники мають наступні переваги: простота конструкції, відсутність приводного механізму, невеликі габаритні розміри решітного стану, надійність і довговічність роботи, технологічність виготовлення, простота експлуатації, відносно низька ціна. Вони включають плоске решето з розташованої під ним, відбиває (ОП), розділеної на комірки, в яких розміщені кульки.

Встановлено, що підрешітний простір  $h = 1,3 D$  ( $D$  - діаметр кульки, мм). Оцінити працездатність решіт можна коефіцієнтом використання живого перетину, який знижується в процесі роботи через забиванням решіт. Для проведення досліджень нами були виготовлені чотири рифлених перфорованих поверхні з круглими (рисунок 3.1) і продовгуватими (рисунок 3.2, 3.3 і 3.4) отворами. Вони були виготовлені з оцинкованого листа 0,8 .. 1,2 мм.

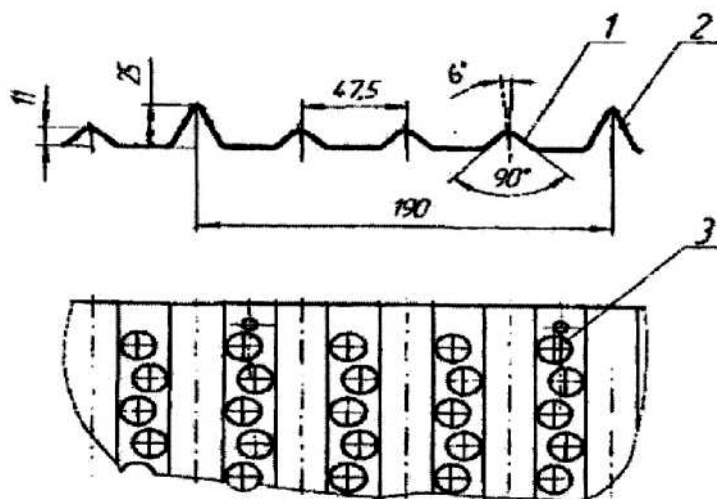


Рис. 3.1 - Схема відбивної поверхні з круглими отворами:

1 - низький риф; 2 - високий риф; 3 - отвір

На рис. 3.1 представлена схема відбивної поверхні з круглими отворами. На відбивній поверхні є низькі рифи висотою 11 мм, які

спонукають кульки рухатися. Вони розташовуються з кроком 47,5 мм перпендикулярно напрямку коливання решета. Бічні поверхні рифів утворюють між собою кут  $90^\circ$  і розташовані так, що бісектриса цього кута має нахил по відношенню до площини відбивної поверхні на  $6^\circ$ . Великі рифи висотою 25 мм розташовуються з кроком 190 мм. Вони ділять на комірки підрешітний простір і запобігають переходу кульок з одного комірки в іншу. Між рифами виконані отвори діаметром 15...18 мм, які використовуються для безперешкодного проходження зернової фракції, розсипану через решето.

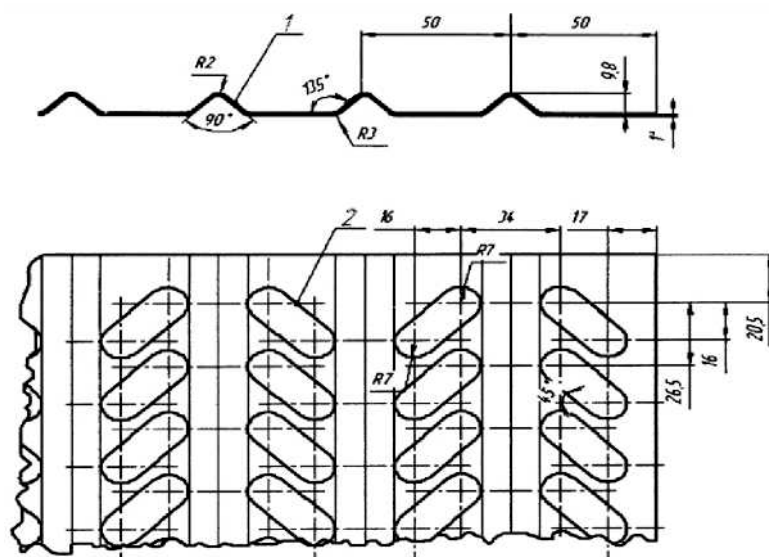


Рис. 3.2. - Схема відбивної поверхні з продовгуватими отворами: 1 - риф; 2 – отвір

Рифи, розташовані на відбивній поверхні (рисунок 3.2), мають висоту 9,8 мм і використовуються для спонукання кульок до руху. Вони розташовані з кроком 50 мм перпендикулярно напрямку коливань решета. Бічні поверхні рифів утворюють між собою кут  $90^\circ$  і розташовані так, що бічні поверхні рифів нахилені по відношенню до площини відбивної поверхні на  $135^\circ$ . У западинах між рифами виконані довгасті отвори з радіусом закругленою частини 7 мм, призначені для проходження частини купи, розсипану через решето.

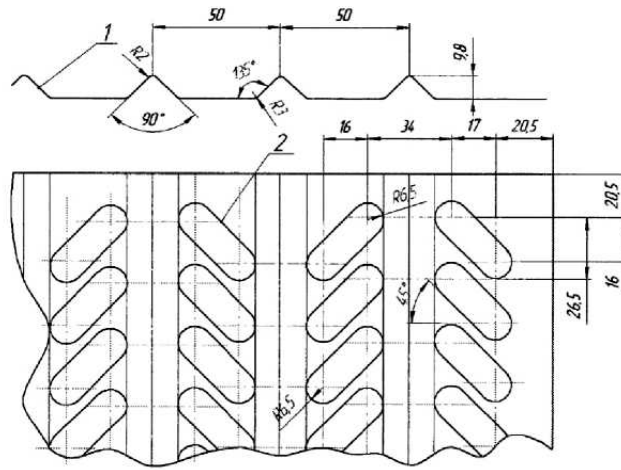


Рис. 3.3. - Схема відбивної поверхні з продовгуватими отворами зменшеного розміру: 1 - риф; 2 - отвір

Третя відбивна поверхня (рисунок 4.3) відрізняється тим, що довгасті отвори виконані в западинах між рифами мають радіус закругленою частини 6,5 мм. Четверта відбивна поверхня (рисунок 3.4) відрізняється від вище зазначених тем, що вона має радіус закругленою частини 5,5 мм, а на рифах додатково в хаотичному порядку нанесено ребра висотою і шириною 1 мм.

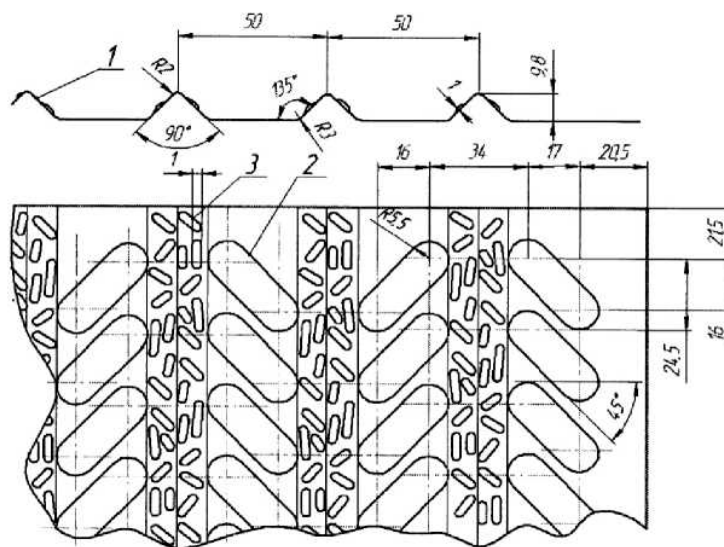


Рис. 3.4. - Схема відбивної поверхні з продовгуватими отворами з додатковим ребренням рифів: 1 - риф; 2 - отвір; 3 – ребро

Відбивну поверхню, оснащену кульками, розташовують під решетом, на відстані 40мм. Дослідження проводили при очищенні зернового купи озимої пшениці на експериментальній установці з частотою коливань

решетного стану 350, 375 і 400 хв-1, амплітудою коливань 15 мм, продуктивністю 20, 40 і 60 т / год (в розрахунку на ширину решетного стану 1500 мм ), розміром комірки 130, 160 і 190 мм, числом кульок в комірці 3, 5 і 7 шт. Зерно розділили на решетах з довгастими отворами шириною 2,4, 2,6 і 2,8 мм.

В якості очисних елементів використовували гумові кульки діаметром 28 мм. Вологість зерна визначена за допомогою вологоміра Wile - 65 склала 14%. Якість очищення решіт оцінювали коефіцієнтом використання живого перетину решета.

$$K = L - \frac{l \cdot n}{L},$$

де L - сумарна довжина отворів решета, мм;

l - середня довжина зернівки, мм;

n - число застрягли зернівок, шт.

Залежність коефіцієнта використання живого перетину решета До від типу відбивної поверхні була визначена на решеті з прямокутними отворами в 2,8 мм, частоті обертання валу приводу 400 хв-1, продуктивності 60 т / год, розмірі комірки 190 мм.

Результати досліджень представлені в таблиці 3.2.

Аналіз результатів досліджень показує, що при однакових режимах роботи решетного стану і однаковому числі кульок кращу якість очищення решіт отримано при постановці перфорованої рифленої поверхні з круглими отворами діаметром 17 мм і продовгуватими мають радіус заокруглення 6,5 мм, дещо гірше показники отримані при використанні двох інших поверхонь.

Таблиця 3.2. - Вплив типу відбивної поверхні і числа кульок на коефіцієнт К використання живого перетину решета.

Тип відбивної поверхні	Число кульок в комірці	К
Перфорована рифлена поверхня з діаметром отворів 17 мм	7	0,92
	5	0,90
	3	0,83
Перфорована рифлена поверхня з продовгуватими отворами і радіусом заокругленою частини 7мм	7	0,88
	5	0,80
	3	0,76
Перфорована рифлена поверхня з продовгуватими отворами і радіусом заокруглення 6,5 мм	7	0,92
	5	0,88
	3	0,80
Перфорована рифлена поверхня з продовгуватими отворами і радіусом заокруглення 5,5 мм	7	0,88
	5	0,86
	3	0,83

На коефіцієнт використання живого перетину сортувального решета впливає і розмір комірці. Дослідженнями встановлено, що при розмірі комірці 160 мм, значення коефіцієнта використання живого перетину решета для всіх використовуваних відбивних поверхонь знаходиться в межах 0,92...0,94. Це говорить про те, що хороша очищення решета забезпечується певним числом ударних елементів на одиницю площі.

Таблиця 3.3. - Вплив типу очищувача на коефіцієнт сепарації

Подача, т / год.	Очищувач	Кулька				Очищувач у вигляді пружини			
		350		450		350		450	
	частота, хв <sup>-1</sup>	амплітуда, мм	16	28	16	28	16	28	16
		Коефіцієнт сепарації, м <sup>-1</sup>							
4,0		0,176	0,198	0,224	0,298	0,166	0,212	0,231	0,331
7,5		0,156	0,176	0,206	0,257	0,145	0,194	0,217	0,312
11,7		0,136	0,149	0,186	0,216	0,128	0,162	0,191	0,270
15,0		0,126	0,136	0,156	0,191	0,117	0,145	0,170	0,239
20,7		0,111	0,116	0,132	0,162	0,101	0,126	0,141	0,197
24,5		0,095	0,104	0,106	0,142	0,089	0,112	0,122	0,165
30,0		0,079	0,089	0,094	0,114	0,073	0,096	0,103	0,132

Використовуючи результати, представлені в таблиці 3.3, побудували графічні залежності коефіцієнта сепарації від продуктивності зерноочисної машини (рис. 3.6, 3.7).

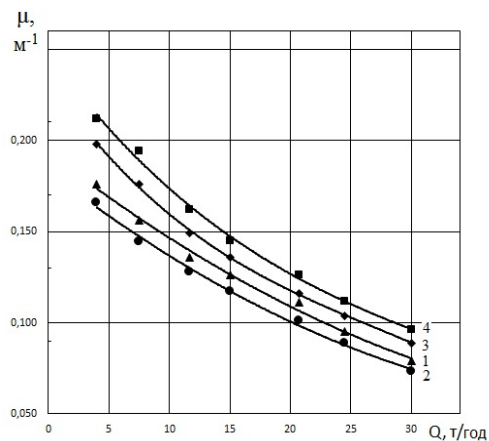


Рис. 3.6 - Вплив продуктивності зерноочисних машин на коефіцієнт сепарації при частоті коливань 350 хв-1

1 – кулька, частота коливань – 350 хв<sup>-1</sup>, амплітуда – 16 мм. 2 – очисник у вигляді пружини, частота коливань – 350 хв<sup>-1</sup>, амплітуда – 16 мм. 3 – кулька, частота коливань – 350 хв<sup>-1</sup>, амплітуда – 28 мм. 4 – очисник у вигляді пружини, частота коливань – 350 хв<sup>-1</sup>, амплітуда – 28 мм.

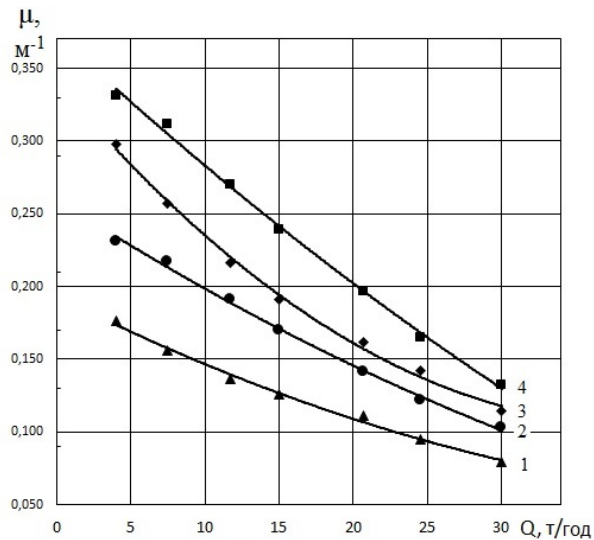


Рис. 3.7 - Вплив продуктивності зерноочисних машин на коефіцієнт сепарації при частоті коливань  $450 \text{ хв}^{-1}$

1 – кулька, частота коливань –  $450 \text{ хв}^{-1}$ , амплітуда – 16 мм. 2 – очисник у вигляді пружини, частота коливань –  $450 \text{ хв}^{-1}$ , амплітуда – 16 мм. 3 – кулька, частота коливань –  $450 \text{ хв}^{-1}$ , амплітуда – 28 мм. 4 – очисник у вигляді пружини, частота коливань –  $450 \text{ хв}^{-1}$ , амплітуда – 28 мм.

Аналіз залежностей представлених в таблиці 3.3 і на рис. 3.6 і 3.7 показує, що зі збільшенням продуктивності зерноочисної машини з 4 т / год до 30 т / год спостерігається зниження коефіцієнта сепарації більш ніж в 2 рази не залежно від режиму роботи і типу очищувача. Це обумовлено збільшенням товщини шару зернового купи на решеті. Сепарація зерна зі збільшенням амплітуди з 16 до 28 мм при частоті коливань  $350 \text{ хв}^{-1}$  відбувається ефективніше на 27,7 - 31,5% і 12,5 - 12,6%, а при частоті  $450 \text{ хв}^{-1}$  на 28,2 - 43,3% і 21,3 - 33% відповідно при застосуванні очисників у вигляді пружини і кульок. Як видно, більш виражений вплив амплітуда надає при використанні нового типу очищувача, так як зі збільшенням амплітуди зростає кількість контактів очищувача у вигляді пружини з решетом за один оборот валу приводу решітного стану. А завдяки своїй конструкції разове число контактів у очищувача у вигляді пружини вище, ніж у кулькового

очищувача, що обумовлює більш високий коефіцієнт сепарації при його використанні на 3 - 15,7%.

Основним показником, що оцінює працездатність решіт, є коефіцієнт використання живого перетину, який зменшується у міру їх забивання. Тільки якісна очистка решіт в процесі роботи зерноочисної машини дозволить збільшити їх продуктивність. Експериментальна установка для обробки зернового купи на плоских пробивних решетах представлена на Рис. 3.1, а методика проведення експериментальних досліджень представлена в розділі 3.6.

Забиваємість і просіюваність решіт з продовгуватими і круглими отворами визначали шляхом порівняльних досліджень при використанні очищувача у вигляді пружини діаметром 22 мм. Частота коливань решітного стану становила 450 хв-1, а амплітуда коливань 28 мм, розмір комірки відбивної поверхні становив 50 мм. Результати експериментальних досліджень по визначенню впливу форми отворів решіт на забиваємість і просіюваність представлена в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 - Вплив розмірів отворів решіт на забиваємість і просіюваність

Ширина отвору решета, мм	Просіюваність, %	Коефіцієнт К	Діаметр отворів решета, мм	Просіюваність, %	Коефіцієнт К
2,2	4,34	0,86	2,0	0,51	1,0
2,4	9,70	0,84	2,5	0,76	1,0
2,6	15,20	0,88	3,0	1,64	1,0
2,8	28,42	0,92	3,6	2,44	1,0
3,0	44,65	0,95	4,0	10,32	1,0
3,4	94,72	1,0	5,0	28,11	1,0
			6,0	66,21	1,0

Дані представлені в таблиці 3.4 показують, що при використанні решіт з круглими отворами зі збільшенням їх діаметра з 2,0 до 6,0 мм станься

зростання просіюваність з 0,51 до 66,21%. Круглі отвори решіт в ході дослідів забивалися.

Інша ситуація спостерігається у решіт з прямокутними отворами, де коефіцієнт використання живого перетину решета До спочатку знижується з ростом ширини отворів, а потім збільшується. Коефіцієнта К має найменше своє значення при порівнянних розмірах отворів решіт і більшої частини елементів зернового купи.

Аналіз експериментальних даних дозволяє зробити висновок про те, що решета з продовгуватими отворами мають більш високу просіюваність, ніж решета з круглими отворами. При цьому у друге, відсутні проблеми з забиваємисть решіт, як це спостерігається при роботі з продовгуватими отворами.

### **3.4. Вплив кута нахилу підвісок решітного стану на фракціонування зернового купи**

Аналіз стану механізації післязбиральної обробки зернових, зернобобових, круп'яних та інших культур показав, що домінуючим і основним засобом очищення залишаються зерноочисні агрегати і зерноочисні комплекси, в технологічних лініях яких встановлюються зерноочисні машини. Продуктивність зерноочисної машини залежить від складу оброблюваного купи, його фізико-механічних властивостей, роботи приймально-розподільних пристроїв для їх завантаження, здатних забезпечити підвищення рівномірності розподілу зернового матеріалу по поверхні решета і конструктивно - кінематичних параметрів роботи решетного механізму.

Дослідження з вивчення впливу кута нахилу підвісок решетного стану на фракціонування зернового купи проводили в лабораторних умовах на експериментальній установці. Склад вихідного купи для проведення експериментальних досліджень представлений в таблиці 3.1.

Для визначення впливу режимних параметрів роботи решіт на коефіцієнт сепарації були проведені багатofакторні дослідження за планом Боксу - Бенкіна.

Умови, матриця планування і результати дослідів представлені в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5. - Матриця планування 1/8 репліки багатofакторного експерименту за планом  $2^7$  і результати дослідів при вивченні сепарації зерна.

Інтервал варіювання	5	6	50	2	10	0,2	0,2			
Верхній рівень (+)	25	28	400	8	20	0,7	3,0			
Нижній рівень (-)	15	16	300	4	0	0,3	2,6			
Досліди:										
1	+	+	-	-	+	+	+	3776,6	1223,4	0,36
2	+	-	-	-	-	+	-	4383,3	617,7	0,17
3	-	+	-	-	-	-	+	3713,3	1286,7	0,38
4	-	-	-	-	+	-	-	4216,7	783,3	0,22
5	+	+	+	-	-	-	-	4520	480	0,13
6	+	-	+	-	+	-	+	3363,3	1636,7	0,5
7	-	+	+	-	+	+	-	4136,7	863,3	0,24
8	-	-	+	-	-	+	+	3603,3	1396,7	0,41
9	+	+	-	+	-	-	-	4496,7	503,3	0,13
10	+	-	-	+	+	-	+	3960	1040	0,30
11	-	+	-	+	+	+	-	4183,3	817,7	0,23
12	-	-	-	+	-	+	+	3883,3	1116,7	0,32
13	+	+	+	+	+	+	+	3853,3	1146,7	0,33
14	+	-	+	+	-	+	-	4406,7	593,7	0,16
15	-	+	+	+	-	-	+	2410	2590	0,92
16	-	-	+	+	+	-	-	4243,3	756,7	0,21

де:  $X_1$  подача зернового купи на решето, т / год;

$X_2$  - амплітуда коливань решітного стану, мм;

$X_3$  - частота коливань, хв-1;

$X_4$  - кут нахилу решета до горизонту, град .;

$X_5$  - кут нахилу підвісок решетного стану, град .;

$X_6$  - довжина підвісок решетного стану щодо вертикалі, м;

$X_7$  - розмір отворів решета, мм;

$U_1$  - маса зерна зійшов з решета, р .;

$U_2$  - маса зерна минулого через решето, р .;

$\mu$  - коефіцієнт сепарації,  $m^{-1}$ .

Аналіз даних таблиці 3.5 показує, що при різних конструктивних і режимних параметрах роботи решетного стану маса зерна зійшов з решета змінюється з 2,4 до 4,5 кг, що пройшов через решето з 0,5 до 1,6 кг, при цьому коефіцієнт сепарації змінюється від 0,13 до 0,92  $m^{-1}$ .

Для отримання математичної залежності, яка описує вплив досліджуваних параметрів, на показники роботи решетного стану проводили статистичну обробку отриманих даних. Обробка результатів досліджень з покидьком незначущих факторів показала, що коефіцієнт сепарації досить точно описується рівнянням:

$$\begin{aligned} \mu = & -0,56 - 0,21X_7^2 + 0,86 \cdot 10^{-3}X_1X_7 + 5 \cdot 10^{-3}X_3X_7 - 0,02 \cdot 10^{-3}X_3^2 - \\ & - 2,6 \cdot 10^{-3}X_3X_6 + 37 \cdot 10^{-3}X_1X_6 + 0,09 \cdot 10^{-3}X_2X_3 - 1,4X10^{-3}X_1X_2 - \\ & - 0,37 \cdot 10^{-3}X_4X_5 \end{aligned}$$

З рівняння видно, що найбільш значимими факторами, що впливають на коефіцієнт сепарації, є розмір отворів решета і спільне вплив подачі і довжини підвісок решетного стану.

У більшості зерноочисних машин застосовуються вертикально розташовані підвіски, значення яких на процес сепарації оцінювався тільки їх довгою. В літературі не відображено впливу зміни кута нахилу на процес сепарації. Є конструкція зерноочисної машини, де підвіски закріплені

фіксоване, що не симетрично похило під кутом  $12^\circ$  до вертикалі в одну сторону, але це обмежує функціональні можливості роботи решетного стану при сортуванні різних культур с / г призначення.

У процесі досліджень вивчали впливу кута нахилу підвісок на якість сепарації і процес виникнення поздовжньо-поперечних коливань. При розташуванні підвісок з протилежним кутом нахилу щодо вертикалі по обидва боки решетного стану, при русі вправо, ліва сторона решетного стану буде опускатися, а права підніматися. При русі вліво навпаки. При цьому, поряд з поздовжніми і вертикальними коливаннями будуть виникати поперечні коливання решетного стану і природно комплекту решіт і шару зернового матеріалу, що знаходиться на них. Схема кріплення підвісок решетного стану представлена на Рис. 3.8.

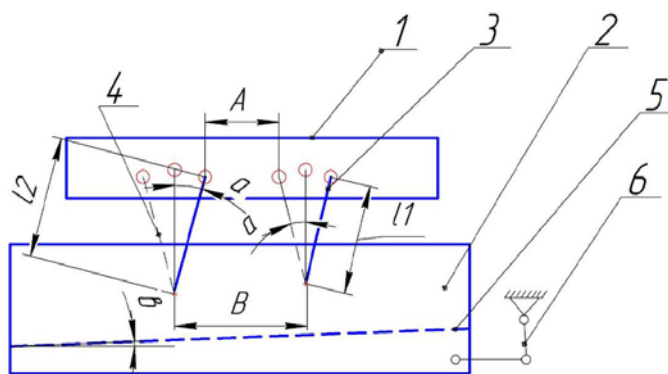


Рис. 3.8. - Схема кріплення підвісок решетного стану: 1 - корпус, 2 - решітний стан, 3 - передня плоска пружина, 4 - задня плоска пружина, 5 - решето, 6 - привід, а - кут нахилу підвісок, в - кут нахилу решета

Частинки зернового купи, що знаходяться на решеті, при описаному вище русі решетного стану у всіх випадках будуть рівномірніше розподілятися і взаємодіяти між собою, що сприятиме самосортування і поділу на фракції. Це дозволить збільшити продуктивність зерноочисної машини і поліпшити якість поділу зернової суміші. Дане припущення було перевірено в ході порівняльних дослідів, в яких порівняли вплив різних типів підвісок (різно-похилі, вертикальні) на процес сепарування. У дослідженнях використовували зерновий сніп пшениці, отриманий безпосередньо з-під

комбайна. Склад вихідного купи для проведення досліджень представлений в таблиці 3.1. Дослідження проводили при подачі 15 т / год.

В ході дослідів змінювалася частота коливання решета від  $300\text{хв}^{-1}$  до  $450\text{хв}^{-1}$ , з кроком  $25\text{хв}^{-1}$ , так як ці частоти в основному використовуються в сучасних зерноочисних машинах, амплітуда коливань становила 16 і 28 мм, довжина підвісок - 300 мм. Нахил підвісок щодо вертикальної осі за різноспрямованого положенні -  $12,5^\circ$ .

Результати досліджень представлені в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6. - Вплив типу підвіски решетного стану на процес сепарації.

Частота коливань, $\text{хв}^{-1}$	Амплітуда, мм	Коефіцієнт сепарації при вертикальному розташуванні підвісок	Коефіцієнт сепарації за різноспрямованому розташуванні підвісок
$n$	$A$	$\mu, \text{м}^{-1}$	
	28	0,138	0,143
300	16	0,124	0,158
	28	0,136	0,152
325	16	0,127	0,162
	28	0,135	0,160
350	16	0,31	0,166
	28	0,140	0,176
475	16	0,121	0,150
	28	0,146	0,192
400	16	0,111	0,135
	28	0,152	0,187
425	16	0,117	0,135
	28	0,157	0,182
450	16	0,122	0,136

Використовуючи результати, представлені в таблиці 3.6, побудували графічні залежності коефіцієнта сепарації від частоти коливань решітного

стану при вертикальному і різноспрямованого розташуванні підвісок (рис. 3.9).

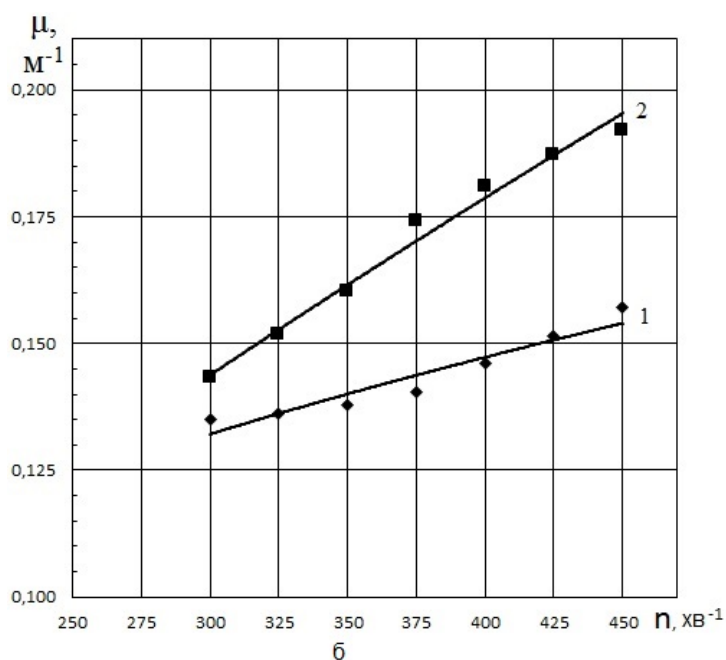
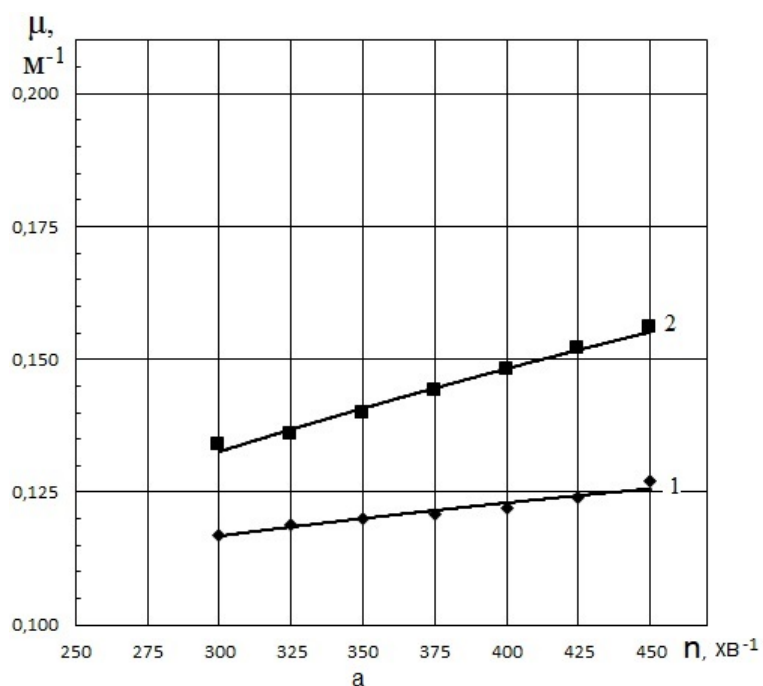


Рис. 3.9 - Залежність коефіцієнта сепарації від частоти коливань  
решітного стану при вертикальному і різноспрямованого розташуванні  
підвісок

(а) 1 – вертикальні підвіски,  $A=16$  мм, 2 – різнонаправлені підвіски,  
 $A=16$  мм (б) 1 – вертикальні підвіски,  $A=28$  мм, 2 – різнонаправлені підвіски,  
 $A=28$  мм

Аналіз даних, представлених вище, показує, що на всіх частотах коливань і всіх значеннях амплітуди різноспрямовані підвіски дають кращий результат. На всіх кінематичних режимах роботи лабораторної установки при проведенні дослідів прохід часток у разі різноспрямованого розташуванні підвісок збільшується в межах від 6% до 39% в порівнянні з вертикально розташованими підвісками. При роботі машини на амплітуді коливань 16 мм при частоті 300 хв<sup>-1</sup>, спостерігається суттєва перевага використання різноспрямованих підвісок в 39% в порівнянні з вертикально розташованими. З подальшим збільшенням частоти коливань, на тій же амплітуді, відбувається зниження різниці в значеннях коефіцієнта сепарації для різноспрямованих і вертикально встановлених підвісок до 11%. Це пов'язано з тим, що з ростом частоти коливань при малій їх амплітуді, відбувається зниження часу перебування зернового матеріалу на решеті, і зерновка не встигає правильно зорієнтуватися по відношенню до отвору решета. Зворотна тенденція спостерігається при роботі решетного стану зерноочисної машини на амплітуді 28 мм. Так, при частоті коливань 300 хв<sup>-1</sup>, перевага різноспрямованих підвісок в порівнянні з вертикально розташованими становить 6%, але з ростом частоти обертання приводного вала збільшується до 22%.

Для визначення впливу амплітуди коливань, частоти обертання валу приводу решетного стану і кута нахилу решіт були проведені лабораторні дослідження.

В ході дослідів змінювали частоту коливання решета від 350 хв<sup>-1</sup> до 450 хв<sup>-1</sup>, з кроком 25 хв<sup>-1</sup>, так як ці частоти в основному використовуються в сучасних зерноочисних машинах, амплітуда коливань становила 16 і 28мм, довжина підвісок - 300 мм. Нахил підвісок щодо вертикальної осі за різноспрямованого положенні - 12,5 °. Дослідження проводили при подачі зернового купи 15 т / год.

Умови, матриця планування і результати дослідів представлені в таблиці 3.7.

Таблиця 4.7 - Матриця планування трьохфакторного експерименту і результати дослідів

Показники	X <sub>1</sub> , мм	X <sub>2</sub> , хв <sup>-1</sup>	X <sub>3</sub> , град.	Маса зерна, г		Коеф. сепарації, м-1
				У схід	У прохід	
Основний рівень	22	400	7,5	У схід	У прохід	ρ
Інтервал варіювання	6	50	7,5			
Верхній рівень (+)	28	450	15			
Верхній рівень (-)	16	350	0			
Досліди:						
1	-	-	+	4385	615	0,166
2	+	-	+	4405	595	0,160
3	-	+	+	4490	510	0,136
4	+	+	+	4330	670	0,182
5	-	-	-	4510	490	0,131
6	+	-	-	4495	505	0,135
7	-	+	-	4540	460	0,122
8	+	+	-	4415	585	0,158

де: X<sub>1</sub> - частота коливань (350-350), хв-1;

X<sub>2</sub> - амплітуда коливань решітного стану (16-28), мм;

X<sub>3</sub> - розташування підвісок (різноспрямований - паралельне);

Аналіз даних показує, що на всіх частотах коливань і всіх значеннях амплітуди різноспрямовані підвіски дають кращий результат. На всіх кінематичних режимах роботи лабораторної установки при проведенні дослідів прохід часток у разі різноспрямованого розташуванні підвісок збільшується при амплітуді 28 мм на 13-36%, а при амплітуді 16мм на 11-20% в порівнянні з вертикально розташованими підвісками.

Застосування даного технічного рішення дозволить підвищити пропускну здатність решета за рахунок зміни характеру руху зерноsumіші по його поверхні мінімум на 11%. Отже, зміна кута нахилу підвісок, а зокрема різноспрямований їх розташування допоможе інтенсифікувати процес сепарації.

На нашу думку, на характер переміщення зернин по поверхні решета і їх самоорієнтування щодо отворів буде надавати кут нахилу підвісок, амплітуда і частота коливань, а також об'ємно-вагові характеристики зернового купу, поданого на робочу поверхню решетного стану.

Дослідження впливу зазначених факторів на процес сепарації зернового матеріалу на плоских решетах зерноочисних машин проводили на лабораторній установці, представленої на Рис. 3.1. при подачах зернового матеріалу 7,0; 15,0; і 24,5 т / ч, частоті коливань решетного стану 350, 400, 450 хв<sup>-1</sup>, амплітуді коливань 28 і 16 мм. Довжину підвісок брали 300 мм, кут їх нахилу змінювали 0; 7,5; 15,0; 24,5 °. Результати лабораторних досліджень наведені в таблиці 3.8.

Таблиця 3.8. - Вплив кута різноспрямованого нахилу передніх і задніх підвісок на процес сепарації.

Кут нахилу підвісок, °	Очисник	Кулька					
	Амплітуда, мм	16			28		
	\ Частота, \ мин <sup>-1</sup> . Подача, т/ч\	350	400	450	350	400	450
		Коефіцієнт сепарації $\mu$ , м <sup>-1</sup>					
Подача, г/год. / Частота, хв <sup>-1</sup> /	350	400	450	350	400	450	
0	7,5	0,185	0,202	0,202	0,266	0,257	0,232
0	15	0,116	0,119	0,124	0,139	0,141	0,150
0	24,5	0,086	0,119	0,091	0,111	0,108	0,094
7,5	7,5	0,196	0,141	0,140	0,211	0,196	0,176
7,5	15	0,167	0,119	0,108	0,119	0,122	0,122
7,5	24,5	0,147	0,108	0,091	0,097	0,086	0,094
15	7,5	0,161	0,187	0,18	0,214	0,220	0,220
15	15	0,122	0,133	0,133	0,139	0,136	0,139
15	24,5	0,111	0,119	0,116	0,113	0,105	0,100
24,5	7,5	0,173	0,179	0,205	0,179	0,190	0,229
24,5	15	0,147	0,133	0,139	0,113	0,122	0,176
24,5	24,5	0,133	0,122	0,127	0,091	0,100	0,156

Аналіз отриманих даних представлених в таблиці 3.8 показує, що при будь-подачі збільшення кута нахилу підвісок від 0 до 7,5 ° призводить до зниження коефіцієнта сепарації решіт на 0,001 ... 0,062 м-1, що становить від 0,1 до 28%. Це відбувається через виникнення інерційних сил, що перешкоджають рівномірному розподілу зернового матеріалу по решето, крім режиму з частотою 350мін-1 і амплітудою 16мм, де відбувається збільшення проходу на 40.180 г або від 5,5 до 29%. Це можна пояснити тим, що коливальний рух, що впливає на очищається матеріал при даних параметрах роботи решетного стану, підвищують ймовірність контакту зернівки з отворами решета. При збільшенні кута нахилу підвісок з 7,5 до 15 ° зростає кількість прохідної фракції на 20.150 г або 5,2-23,2%, на всіх режимах, крім частоти 350 і амплітуди 16мм, де відбувається зниження проходу на 120...160 грам або 16,7-25,8%. Подальше збільшення кута нахилу від 15 до 24,5 ° декілька знижує відсоток прохідної фракції на режимах з частотою коливань 350, 400 хв<sup>-1</sup> і амплітудою 28 мм, 450 хв<sup>-1</sup> і 16 мм від 5 до 15% або на 30...120 грам. На інших режимах спостерігається зростання пропускної здатності від 3,8 до 34,4%, коефіцієнт сепарації збільшився на 10...200 грам. Виходячи з отриманих відомостей, можна зробити висновок про те, що зміна кута різноспрямованого нахилу передніх і задніх підвісок суттєво впливає на процес сепарації. Змінювати кут нахилу підвісок на незначний кут є сенс тільки при частоті коливань решетного стану 350 хв-1 та амплітуді 16 мм. Подальше збільшення кута нахилу підвісок більш доцільно, особливо на частоті 450 хв<sup>-1</sup> і амплітуді 28 мм.

### **3.5. Вплив конструкції приводу решетного стану на ефективність сепарації**

При виробництві зерна найбільш відповідальним і технічно складним процесом є післязбиральної обробки, для реалізації якої в основному використовуються зерноочисні машини. В якості робочих органів таких

машин застосовуються плоскі решета з різною формою і розмірами отворів в залежності від оброблюваної культури.

Хід процесу сепарації зернових сумішей на плоских решетах зерноочисних машин в першу чергу обумовлюється конструктивно - кінематичними параметрами, амплітудою і частотою коливань решітного стану. Для здійснення коливального руху решіт в існуючих вітчизняних і зарубіжних конструкціях зерноочисних машин передбачені різні конструкції механізмів приводу. Найбільш широке поширення отримав ексцентриковий привід. У загальному випадку він включає в себе електродвигун або інший силовий агрегат, механізми передачі і перетворення обертального руху від двигуна в зворотно-поступальний рух решета, за рахунок ексцентрикового механізму, жорстко пов'язаного з решітний стан. У крайніх положеннях переміщення робочих органів виникають значні інерційні сили, які залежать від маси, амплітуди і частоти коливань решітного стану. Це негативно позначається на надійності роботи і продуктивності зерноочисної машини.

Мінімізувати дію інерційних сил на роботу зерноочисної машини можна за рахунок представленої на малюнку 3.6 конструкції приводу, що включає, ексцентрик 6, штовхач 7, в площині якого корпус решетного стану кріпитися до рами пружиною 5. Особливістю конструкції є те, що між штовхачем і корпусом решетного стану відсутня жорстка зв'язок, як у випадку з використанням шатуна або інших сполучних ланок.

У зерноочисної машині, з таким приводом, обертальний рух ексцентрика 6 перетворюється в зворотно-поступальний переміщення штовхача 5, при цьому виникає контактну-силову взаємодію між ним і корпусом решетного стану 1. При русі штовхача 7 вліво, підвіски 3 і решітний стан 1 також відхиляються в цю сторону. Інерційні сили долають жорсткість пружини 5 і вона стискається. Силове взаємодія між штовхачем 7 і решітний стан 1 зменшується. Під час руху штовхача 7 вправо решітний стан 1 під дією стислої пружини 5 також переміщується вправо, при цьому

інерційні сили сприяють зворотного руху і далі відбувається повторення процесу. Відбувається перерозподіл енергії між приводом і решітний стан.

У крайніх точках переміщення решетного стану відбувається розрив силового взаємодії між ним і штовхачем. При русі вліво ексцентриковий привід навантажений, при зворотному русі він не відчуває навантаження і коливання не передаються на корпус машини. Інерційні сили решетного стану так само залежать від оптимальних значень амплітуди і частоти його коливань. В кінцевому підсумку все вище перераховане впливає на продуктивність і надійність машини в цілому.

Працездатність пропонованої конструкції була перевірена в ході порівняльних випробувань на лабораторній установці. Досліди проводили на неочищеному зерновому купі озимої пшениці, склад якої представлений в таблиці 3.1.

Результати досліджень щодо впливу частоти обертання валу приводу решетного стану на пропускну здатність решіт при роботі на амплітуді 28 і 16 мм представлені на рис. 3.11 і 3.12 відповідно.

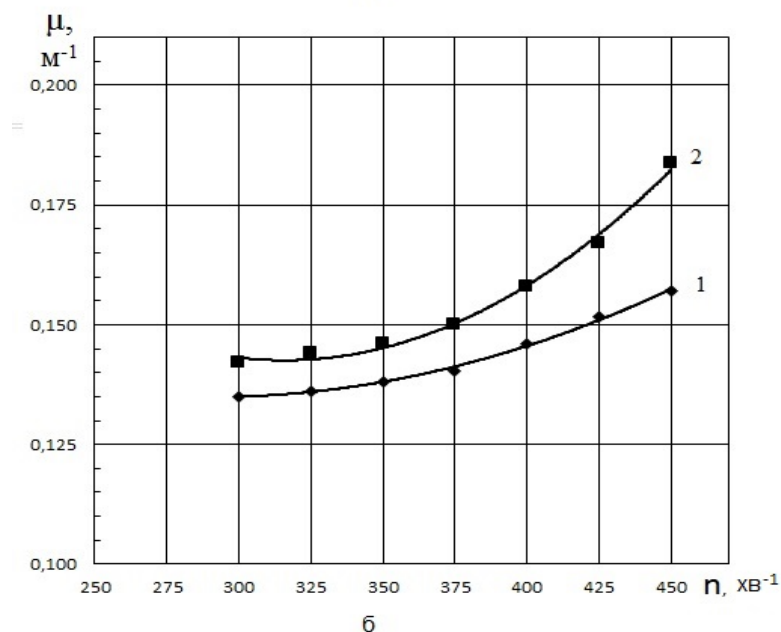
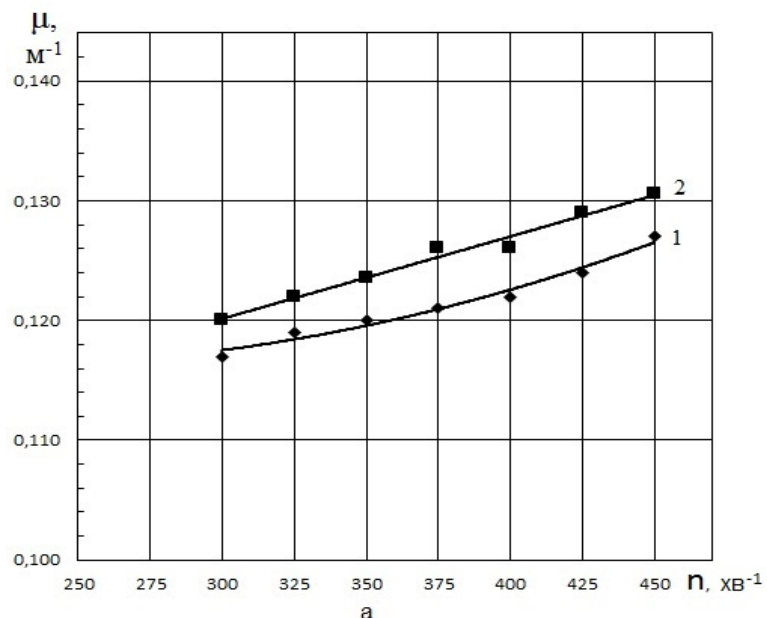


Рис. 3.11 - Вплив частоти приводу решетного стану на коефіцієнт сепарації

(а) 1 – серійний привод,  $A=16$  мм, 2 – модернізований привод,  $A=16$  мм

(б) 1 – серійний привод,  $A=28$  мм, 2 – модернізований привод,  $A=28$  мм

Аналіз результатів досліджень, представлених на рис. 3.11 показує, що зі збільшенням числа обертів вала приводу решетного стану коефіцієнт сепарації  $\mu$  збільшується. Для експериментального приводу він змінюється від 0,12 до 0,184 м $^{-1}$ , а для базового від 0,117 до 0,157 м $^{-1}$ .

Використання експериментальної конструкції приводу решетного стану дозволяє збільшити його продуктивність на 2,5 ... 17%. Це пояснюється більш м'яким режимом роботи решетного стану за рахунок зниження інерційних сил.

Результати досліджень спільного впливу нового технічного рішення для приводу і очищувача решіт у вигляді пружини, при використанні різноспрямованих підвісок на коефіцієнт сепарації зернової купи представлені на Рис.3.12.

Аналіз результатів досліджень, представлених на Рис. 3.12 показує, що зі збільшенням частоти обертання валу приводу решетного стану коефіцієнт сепарації при використанні базового механізму приводу залишається в межах 0,117 ... 0,157 м<sup>-1</sup>, а в запропонованому варіанті він збільшується від 0,132 до 0,242 м<sup>-1</sup>. Дослідженнями встановлено, що використання запропонованих технічних рішень при амплітудах 16 і 28 мм дозволяє підвищити коефіцієнт сепарації.

Використання запропонованих технічних рішень дозволяє підвищити пропускну здатність решіт на 12,8...54%. Спільний вплив вище зазначених технічних рішень дозволяє змінити характер руху зерноsumіші по поверхні решета, поліпшити рівномірність розподілу купи на сепаруючих поверхнях, підвищити ступінь взаємодії частинок між собою, збільшити продуктивність.

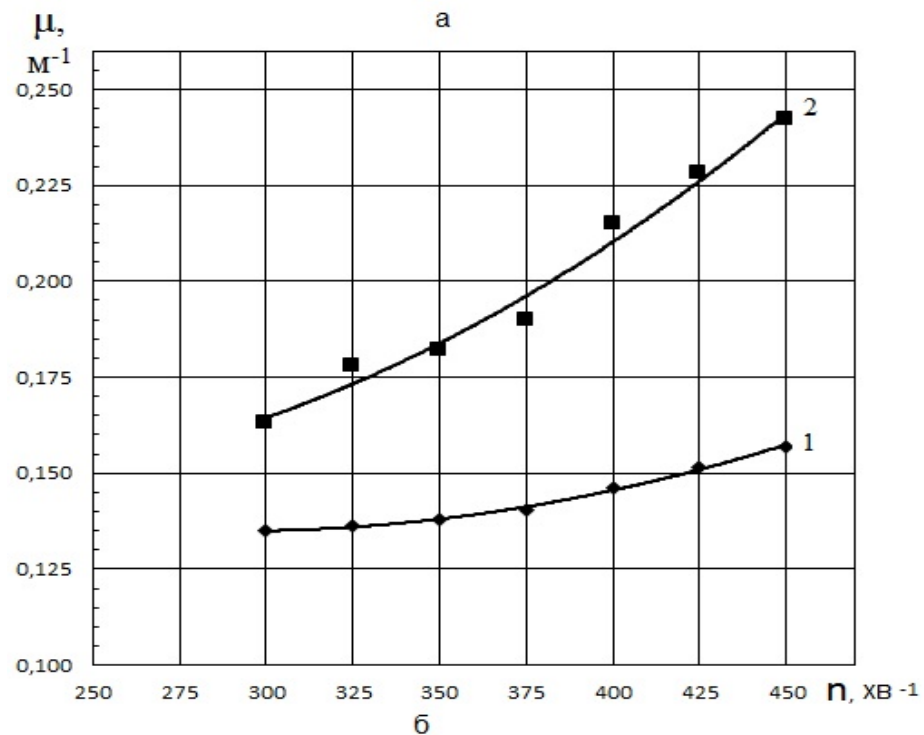
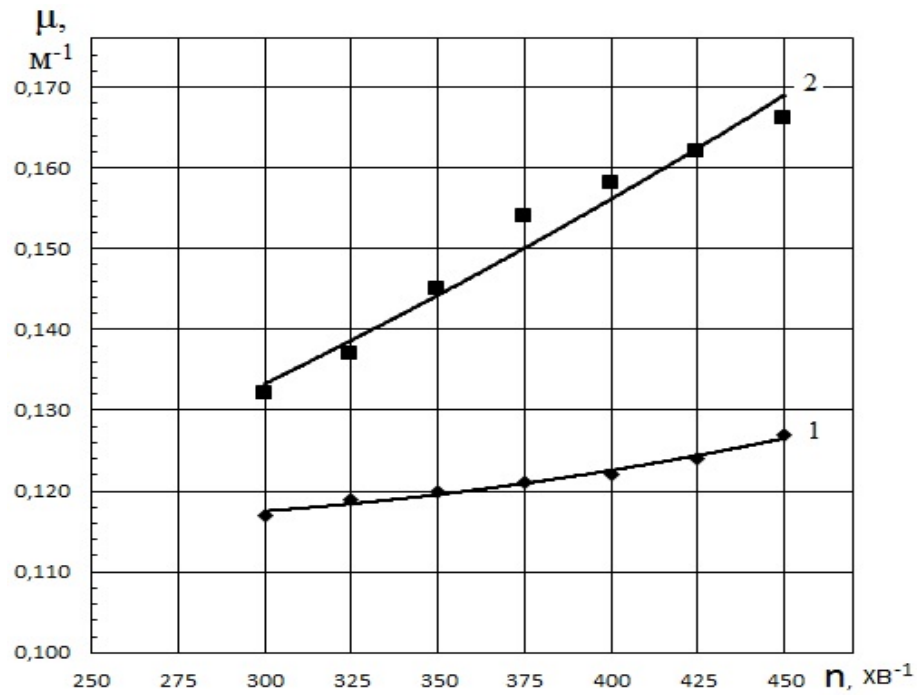


Рис. 3.12. Вплив частоти обертання валу приводу решетного стану на коефіцієнт сепарації

(а) 1 – серійна конструкція,  $A=16$  мм, 2 – модернізована конструкція,  $A=16$  мм

(б) 1 – серійна конструкція,  $A=28$  мм, 2 – модернізована конструкція,  $A=28$  мм

### 3.6 Висновки

У результаті проведених досліджень встановлено, що модернізований сепаратор ВЧС-100 забезпечує підвищення ефективності очищення зернової маси завдяки оптимізованій роботі ситового блоку та удосконаленому пневмосепаруючому каналу. Визначено основні закономірності руху повітряно-зернового потоку, що дозволили встановити раціональні режими аспірації та параметри подачі зерна. Використання модернізованого вузла аспірації сприяло більш повному вилученню легких та мінеральних домішок, що позитивно вплинуло на якість кінцевого продукту. Отримані результати підтверджують доцільність технічних змін та можливість їх впровадження на зернопереробних підприємствах.

## 4. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

### 4.1. Розрахунок продуктивності модернізованого обладнання

Формули розрахунку

1. Маса очищеного зерна:

$$M_{clean} = M_0 \cdot \frac{\eta}{100} \quad 4.1$$

2. Продуктивність сепаратора (маса/час):

$$P = \frac{M_{clean}}{t} \text{ [кг/год]} \quad 4.2$$

3. Продуктивність з урахуванням вологості та домішок:

$$P_{adj} = P \cdot \left(1 - \frac{W}{100}\right) \cdot \left(1 - \frac{D}{100}\right) \quad 4.3$$

Розрахунок продуктивності

1. Маса очищеного зерна:

$$M_{clean} = 1000 \cdot \frac{95}{100} = 950 \text{ кг}$$

2. Продуктивність сепаратора без коригування:

$$P = \frac{950}{0,5} = 1900 \text{ кг/год} \approx 1,9 \text{ т/год} \quad 4.4$$

3. Продуктивність з урахуванням вологості та домішок:

$$P_{adj} = 1900 \cdot (1 - 0,14) \cdot (1 - 0,02) \approx 1590 \text{ кг/год} \approx 1,59 \text{ т/год} \quad 4.5$$

### 4.2 Підбір конструкційних матеріалів

Нормативні вимоги до матеріалів для харчового обладнання та їх застосування у ВЧС-100

Законодавчі та нормативні акти

- В Україні діє Закон України «Про матеріали і предмети, призначені для контакту з харчовими продуктами» від 03.11.2022 № 2718-ІХ. Він встановлює загальні вимоги до матеріалів і предметів, які контактують з

харчовими продуктами, зокрема: безпечність, відсутність міграції шкідливих речовин, контроль за можливими забрудненнями, можливість сертифікації та декларації відповідності.

- Для машин і обладнання харчової промисловості в Україні використовується стандарт ISO EN 1672-1:2001 «Обладнання для харчової промисловості. Вимоги щодо безпеки і гігієни — Основні положення». Серед напрямків, для яких визначені вимоги — обладнання та оснащення для оброблення зерна і фуражу.

#### **4.2.1 Вимоги до матеріалів згідно з принципами гігієнічного проєктування**

Відповідно до міжнародних і європейських рекомендацій для обладнання, що контактує з харчовими продуктами, матеріали мають відповідати таким вимогам.

Поверхні, що контактують із зерном — гладкі, без тріщин, пор, відкритих швів. Це забезпечує можливість повного очищення, дезінфекції та виключає накопичення залишків зерна, домішок, пилу чи залишків мастила.

Матеріали — інертні (не виділяють шкідливих речовин), корозійно стійкі, стійкі до абразії (через тертя зерна, піску, домішок), стійкі до впливу миючих та дезінфікуючих засобів.

Всі з'єднання, зварні шви, кріплення — виконані так, щоб не створювати щілин чи «мертвих зон», де могли б накопичуватися залишки продукту або сторонніх частинок. Якщо є зварювання — шви мають бути зашліфовані або оброблені для гладкості.

Якщо у конструкції передбачені ущільнювачі, прокладки, гумові чи пластикові елементи — вони мають бути сертифіковані як безпечні для контакту з харчовими продуктами.

Застосування нормативів у конструкції ВЧС-100

З огляду на наведені вимоги, для зерноочисного сепаратора ВЧС-100 доцільно:

Для всіх поверхонь, які контактують із зерном або домішками — використовувати нержавіючу сталь, відповідну за своїми властивостями до харчових матеріалів, із гладкою обробкою поверхні. Це забезпечить корозійностійкість, гігієнічність, довговічність, та відповідність закону 2718-ІХ.

Усунути або мінімізувати застосування матеріалів, що не сертифіковані для контакту з харчовими продуктами; особливо — деталі, які контактують безпосередньо з зерном (решета, рами, кожухи, контактні поверхні).

Забезпечити, щоб конструкція не мала «мертвих зон», важкодоступних місць, щілин або незашліфованих зварних швів — це унеможливить накопичення пилу, домішок чи залишків зерна, полегшить очищення та дезінфекцію.

Якщо використовуються гумові/пластикові елементи — перевірити, чи мають вони відповідні сертифікати як матеріали для контакту з харчовими продуктами.

Надати комплект технічної документації (технічний файл), що підтверджує: матеріали — безпечні, поверхні — оброблені, з'єднання — належним чином виконані, — відповідно до вимог закону і стандартів.

#### Практичне значення для ВЧС-100

Дотримання норм (законодавчих та стандартів) гарантує, що виготовлений сепаратор буде безпечним для обробки зерна, що надалі може використовуватися у харчових продуктах (борошно, крупи, комбікорм тощо) без ризику контамінації металевими частками або домішками, а також з мінімальним ризиком корозії, деградації матеріалів чи зносу. Такий підхід підвищує експлуатаційну надійність устаткування, спрощує обслуговування та очищення, зменшує витрати на ремонт, подовжує термін служби.

### **4.3 Розрахунки на міцність елементів конструкції модернізованого обладнання**

Розрахунок клинопасової передачі

Визначаємо передаточне число по формулі

$$u_n = \frac{n_n}{n_p} = \frac{1450}{239} = 6 \quad 4.6$$

Вибираємо пас типу Л , виходячи з потужності і частоти обертання двигуна.

Визначаємо мінімально допустимий діаметр шківа  $d_{1min}$ , мм по таблиці 5.4 [2 с.87] в залежності від крутного моменту на валу двигуна  $T_{дв}$ , Н·м і вибраного перерізу пасу.

$$T_{дв} = \frac{P_{дв} \cdot 10^3}{\omega_{ном}} \quad 4.7$$

де:  $P_{дв}$  - потужність електродвигуна, Вт

$\omega_{ном}$  - номінальна кутова швидкість,  $c^{-1}$

$$\omega_{ном} = \frac{\pi \cdot n_{ном}}{30} = \frac{3,14 \cdot 1450}{30} = 151,8 \quad 4.8$$

де:  $n_{ном}$  - номінальна частота обертання, об/хв.

$$n_{ном} = n_1 = 1450 \text{ об/хв.}$$

Тоді

$$T_{дв} = \frac{7,5 \cdot 10^3}{76} = 72,5$$

Мінімально допустимий діаметр шківа рівний  $d_{min} = 80$  мм.

Прийmemo розрахунковий діаметр ведучого шківа  $d_1 = 80$  мм із стандартного ряду.

Визначаємо діаметр веденого шківа  $d_2$ , мм

$$d_2 = d_1 \cdot u \cdot (1 - \varepsilon) = 80 \cdot 6 \cdot (1 - 0,01) = 475 \quad 4.9$$

Приймаємо  $d_2 = 500$  мм

Визначаємо фактичне передаточне число  $u_\phi$  і проводимо його перевірку  $\Delta u$  від заданого  $u$

$$u_\phi = \frac{d_2}{d_1 \cdot (1 - \varepsilon)} = \frac{500}{80 \cdot (1 - 0,01)} = 6,31 \quad 4.10$$

$$\Delta u = \frac{|u_\phi - u|}{u} \cdot 100\% = \frac{|6,31 - 6|}{6} \cdot 100 = 5,16 \leq 3\% \quad 4.11$$

Визначаємо міжосьову відстань  $a$ , мм.

$$a \geq 0,55 \cdot (d_1 + d_2) + h = 0,55 \cdot (80 + 500) + 4,85 = 351,4 \quad 4.12$$

де:  $h = 4,85$  (табл. К31) – висота перерізу клинового пасу, мм.

Визначаємо розрахункову довжину пасу  $l$ , мм

$$l = 2a + \frac{\pi}{2} \cdot (d_1 + d_2) + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4a} = 2 \cdot 351 + \frac{3,14}{2} \cdot (80 + 500) + \frac{(500 - 80)^2}{4 \cdot 351} = 1739 \quad 4.13$$

Приймаємо  $l = 2000$  мм

Уточнюємо міжосьову відстань по стандартній довжині,  $a$ , мм

$$a = \frac{1}{8} \left[ 2l - \pi(d_2 + d_1) + \sqrt{[2l - \pi(d_2 + d_1)]^2 - 8(d_2 - d_1)^2} \right] = \frac{1}{8} \left[ 2 \cdot 2000 - 3,14(500 + 80) + \sqrt{[2 \cdot 2000 - 3,14(500 + 80)]^2 - 8(500 - 80)^2} \right] = 501 \quad 4.14$$

При монтажу передачі необхідно забезпечити можливість зменшення  $a$  на 0,011 для того, щоб полегшити надівання пасу на шків; для збільшення натягу пасу необхідно передбачити можливість збільшення  $a$  на 0,0251.

Визначаємо кут обхвату пасом ведучого шківа  $\alpha_1$ , град

$$\alpha_1 = 180^\circ - 57^\circ \frac{d_2 - d_1}{a} = 180^\circ - 57^\circ \frac{500 - 80}{500} = 129^\circ \quad 4.15$$

Кут  $\alpha_1$  повинен бути більше  $120^\circ$

Визначаємо швидкість обертання пасу  $V$ , м/с

$$V = \frac{\pi d_1 n_1}{60 \cdot 10^3} \leq [V] \quad 4.16$$

де:  $d_1$  і  $n_1$  - діаметр ведучого шківа, мм та його частота обертання, об/хв.

$[V]$  - допустима швидкість, м/с

$[V] = 25$  м/с – для клинових пасів

$$V = \frac{3,14 \cdot 80 \cdot 1450}{60 \cdot 10^3} = 6,07 \leq [V]$$

Визначаємо частоту пробігів пасу  $U$ ,  $\text{с}^{-1}$

$$U = \frac{V}{1} = \frac{6,07}{2} = 3,04 \leq [U] \quad 4.17$$

де:  $[U] = 30 \text{ с}^{-1}$  - допустима частота пробігів

Відношення  $U \leq [U]$  умовно виражає довговічність пасу і його дотримання гарантує термін служби – 1000...5000 годин.

Визначаємо допустиму потужність, яка передається двома клиновими пасами  $[P_n]$ , кВт

$$[P_n] = [P_0] \cdot C_p \cdot C_a \cdot C_1 \quad 4.18$$

де:  $[P_0]$  - допустима приведена потужність, яка передається двома клиновими пасами, кВт (вибирається інтерполіруванням з таблиць в залежності від типу пасу, його перерізу, швидкості обертання і діаметра ведучого шківів)

$C$  – поправочні коефіцієнти

$C_p = 0,8$  - коефіцієнт динамічного навантаження;

$C_a = 0,92$  - коефіцієнт обхвату кута на меншому шківі;

$C_1 = 1$  - коефіцієнт впливу відношення розрахункової довжини ремня;

$$[P_n] = 24 \cdot 0,8 \cdot 0,92 \cdot 1 = 17,6$$

Визначаємо число клинових пасів  $z$ , шт.

$$z = \frac{P_{\text{ном}}}{[P_n]} = \frac{11}{17,6} = 0,63 \quad 4.19$$

де:  $P_{\text{ном}}$  – номінальна потужність двигуна, кВт

$[P_n]$  - допустима потужність, яка передається пасами, кВт

Приймаємо  $z = 1$ .

Визначаємо силу попереднього натягу  $F_0$ , Н

$$F_0 = \frac{950 \cdot P_{\text{ном}} \cdot C_1}{V \cdot C_a \cdot C_p} = \frac{950 \cdot 11 \cdot 1}{6,07 \cdot 0,92 \cdot 0,8} = 2078 \quad 4.20$$

де:  $P_{\text{ном}}$  – номінальна потужність двигуна, кВт

$V$  - швидкість обертання пасу, м/с

$C_a, C_p, C_1$  - поправочні коефіцієнти

Визначаємо кругову силу, передану клиновим пасом  $F_t$ , Н

$$F_t = \frac{P_{\text{ном}}}{V} = \frac{11 \cdot 10^3}{6,07} = 1812,2 \quad 4.21$$

де:  $P_{\text{ном}}$  – номінальна потужність двигуна, кВт

$V$  - швидкість обертання пасу, м/с

Визначаємо сили натягу ведучої  $F_1$  та веденої  $F_2$  віток, Н

$$F_1 = F_0 + \frac{F_t}{2} = 2078 + \frac{1812,2}{2} = 2984 \quad 4.22$$

$$F_2 = F_0 - \frac{F_t}{2} = 2078 - \frac{1812,2}{2} = 1171,9 \quad 4.23$$

Визначаємо силу тиску пасів на вал  $F_{\text{оп}}$ , Н

$$F_{\text{оп}} = 2 \cdot F_0 \cdot \sin \frac{\alpha_1}{2} = 2 \cdot 2078 \cdot \sin \frac{129}{2} = 3526 \quad 4.24$$

де:  $F_0$  – сила попереднього натягу пасу, Н

$\alpha_1$  - кут обхвату пасом ведучого шківa, град.

Перевіримо міцність клинового пасу по максимальним напруженням в перерізі ведучої вітки  $\sigma_{\text{max}}$ , Н/мм<sup>2</sup>

$$\sigma_{\text{max}} = \sigma_1 + \sigma_u + \sigma_v \leq [\sigma]_p \quad 4.25$$

де:  $\sigma_1, \sigma_u$  - напруження розтягу і згину, Н/мм<sup>2</sup>

$$\sigma_1 = \frac{F_0}{A} + \frac{F_t}{2 \cdot z \cdot A} = \frac{2078}{7075} + \frac{2078}{2 \cdot 1 \cdot 7075} = 0,44 \quad 4.26$$

де:  $A$  – площа поперечного перерізу пасу, мм<sup>2</sup>

$A = 7075 \text{ мм}^2$  (по табл. К31, 2 с.440)

$$\sigma_u = E_u \cdot \frac{h}{d_1} = 100 \cdot \frac{4,85}{80} = 6,06 \quad 4.27$$

де:  $E_u$  - модуль поздовжньої пружності при згині для прогумованих пасів;  $E_u = 80 \dots 100$

$\sigma_v$  – натяг від відцентрової сили, Н/мм<sup>2</sup>

$$\sigma_v = \rho \cdot V^2 \cdot 10^{-6} = 1400 \cdot 6,07 \cdot 10^{-6} = 0,0084 \quad 4.28$$

де:  $\rho$  – щільність матеріалу пасу, кг/м<sup>3</sup>

$\rho = (1250 \dots 1400 \text{ кг/м}^3)$

$V$  - швидкість пасу, м/с

Тоді маємо:

$$\sigma_{\max} = 0,44 + 6,06 + 0,0084 = 6,5 < 10$$

Так як  $\sigma_{\max} < [\sigma]_p$ , то дані параметри підходять для нормальної роботи обладнання.  $[\sigma]_p$  – допустиме напруження розтягу, Н/мм<sup>2</sup> ( $[\sigma]_p=10$ )

Умова міцності виконана.

Врівноваження рухомих мас решітних станів в зерноочисних сепараторах здійснюється шляхом повідомлення (від ексцентриків, розміщених на двох ексцентрикових валах) решітному стану рухів у протилежному напрямку. Врівноваження решітного стану здійснюється обертовими вантажами на валу. На валу розміщують по два диска з вантажами.

Приймаємо наступні розміри вантажу

$R=0,28$  м-діаметр більшого диска;

$r=0,21$  м-діаметр меншого диска;

$\alpha=90^\circ$

Визначасмо товщину вантажу  $\Delta$ , м

$$\Delta = \frac{G_{гр}}{\frac{2}{3} \sin \alpha \cdot (R^2 + r^2) \cdot \rho} \quad 4.29$$

де:  $\rho$  - щільність матеріалу вантажу, кг/м<sup>3</sup>

$$\rho = 7800 \text{ кг/м}^3$$

$G_{гр}$  - маса вантажу, кг

$$G_{гр} = G \cdot \frac{A}{R_{ц}} = 40 \cdot \frac{0,22}{0,25} = 35,2 \quad 4.30$$

де:  $G = 175$  - маса решітного стану, кг

$A$  - амплітуда коливань, м

$$A = e \cdot k = 0,18 \cdot 1,2 = 0,22 \quad 4.315$$

де:  $e = 0,18$  - ексцентриситет, м

$k = 1,2$  - коефіцієнт, який враховує коливання рами машини

$R_{ц}$  - радіус обертання центра тяжіння вантажу, м

$$R_{ц} \approx \frac{r+R}{2} \approx \frac{0,28+0,21}{2} = 0,25 \quad 4.32$$

$$\Delta = \frac{35,2}{\frac{2}{3} \sin 90^\circ \cdot (0,28^2 + 0,21^2) \cdot 7800} = 0,055$$

Розраховуємо опорні реакції підшипників  $R_A$  і  $R_B$ , приймаємо відстань між підшипниками  $l = 88\text{мм}$

$$R_A = R_B = q + \frac{G_{\text{гр}}}{2} = 40 + \frac{35,2}{2} = 58$$

4.3.27

де:  $q$  - маса решітного стану, кг

$G_{\text{гр}}$  - маса вантажу, кг

Визначаємо згинаючий момент  $M_{\text{зг}}$ , Н·м

$$M_{\text{зг}} = R_A \cdot \frac{l}{2} = 58 \cdot \frac{35,2}{2} = 1021$$

4.33

Визначаємо крутний момент  $M_{\text{кр}}$ , Н·м

$$M_{\text{кр}} = 9,55 \frac{P_1}{n_1} = 9,55 \cdot \frac{9140}{239} = 365,2 \quad (4.36)$$

Визначаємо еквівалентний момент на валу  $M_{\text{екв}}$ , Н·м

$$M_{\text{екв}} = \sqrt{M_{\text{зг}}^2 + M_{\text{кр}}^2} = \sqrt{1021^2 + 365,2^2} = 1084$$

4.34

З умови міцності при сумісному згині і крученні визначаємо діаметр вала  $d$ , мм.

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{M_{\text{екв}}}{0,1 \cdot [\sigma]}} = \sqrt[3]{\frac{1084}{0,1 \cdot 160}} = 28,9$$

4.35

де:  $M_{\text{екв}}$  - еквівалентний момент, Н·м

$[\sigma]$  - допустима межа міцності, МПа

$[\sigma] = 160$  МПа (для сталюого валу)

Приймаємо  $d = 29$  мм.

Визначимо діаметр вала під підшипники, мм

$$d_{\text{п}} = 29 + 2 = 31$$

Приймаємо діаметр під підшипники мм.

Підбираємо підшипники для веденого валу легкої серії 207 з розмірами  $d=35\text{мм}$ ,  $D=72\text{мм}$ ,  $B=17\text{мм}$ ,  $r=2\text{мм}$ .

Розрахунок ведемо за динамічною вантажопідійомністю

$$C_{\text{розр}} \leq C_{\text{кат}} \quad 4.36$$

$$C_{\text{розр}} = P_{\text{екв}} \sqrt[3]{L} \quad 4.37$$

$$P_{\text{екв}} = (XVF_{\text{гВ}} + YF_{\text{аВ}}) \cdot K_{\text{б}} \cdot K_{\text{т}} \quad 4.38$$

де  $F_{\text{гВ}} = R_{\text{В}} = 58 \text{ Н}$

$F_{\text{аВ}} = 0$  – осьова сила, яка діє на підшипник опори В

Коефіцієнт радіального і осьового навантаження

$$X = 1$$

$$Y = 0$$

$V = 1$  – коефіцієнт обертання кільця, якщо внутрішнє кільце обертається по відношенню до навантаження

$K_{\text{б}} = 1,2$  – коефіцієнт безпеки

$K_{\text{т}} = 1,0$  – температурний коефіцієнт

$p = 3$  – показник ступеня, для кулькових підшипників

$L$  – довговічність підшипників

$$L = \frac{t_{\text{екв}} \cdot 60 \cdot n_2}{10^6} = \frac{12000 \cdot 60 \cdot 3,9}{10^6} = 0,28 \text{ млн.циклів} \quad 4.39$$

Тоді

$$P_{\text{екв}} = (1 \cdot 1 \cdot 58 + 0 \cdot 0) \cdot 1 \cdot 2 = 116 \text{ Н} \quad 4.40$$

Тепер маємо

$$C_{\text{розр}} = P_{\text{екв}} \sqrt[3]{L} = 116 \cdot \sqrt[3]{0,28} = 75 \text{ Н} \quad 4.41$$

Залишаємо попередньо вибраний підшипник легкої серії 207

#### 4.4 Технологія машинобудування

#### 4.4.1 Вибір вузла та аналіз характеристик виробу

В даному розділі розглянуто технологію складання підшипникового вузла циклону зерноочисного сепаратора (рис. 4. 1).

Зборку вузла завжди починають з основної деталі, що називається базовою. За аналогією з базовою підгрупою називається основна підгрупа, з якої починають збирати дану групу, а базовою групою називається основна група, з якої починають збирати машину.

Технологічні схеми складають окремо для загальної зборки виробу і для зборки кожного з його вузлів (підвузлів). Їх будують за наступним правилом. У лівій частині схеми, в рамці, вказують базовий елемент (базову деталь або базовий вузол, підвузол), а в кінцевій, правій частині схеми – виріб (вузол, підвузол) у зборі.

Вертикальні лінії зі стрілками показують послідовність складання окремих складальних одиниць, а горизонтальна лінія в центрі схеми – послідовність з'єднання складальних одиниць 1-го порядку за допомогою стандартних виробів. У прямокутниках розміщені найменування деталей і номери їхніх позицій на кресленні, а в прямокутниках з двома потовщеними лініями подано найменування складальних одиниць 1-го порядку. Застосовані також умовні позначення, що містять технологічні вказівки: Ст – складання на стенді, Вив. – вивірка; Конт. – контроль; Вип. – випробування; Фар. – фарбування, консконсервація.

#### 4.4.2. Розроблення схеми складання та технологічного маршруту складання підшипникового вузла циклону зерноочисного сепаратора

Розглянемо підшипниковий вузол циклону зерноочисного сепаратора (рис. 4.1).

Підшипниковий вузол - елемент конструкції, в який входить корпус (з чавуну чи іншого матеріалу) і вбудовані підшипники. Крім основних елементів підшипникові вузли включають в себе і два інших елемента: ущільнювальна система, яка здійснює захист підшипників при їх роботі; пристрій для забезпечення автоматичного змащення підшипників під час роботи.

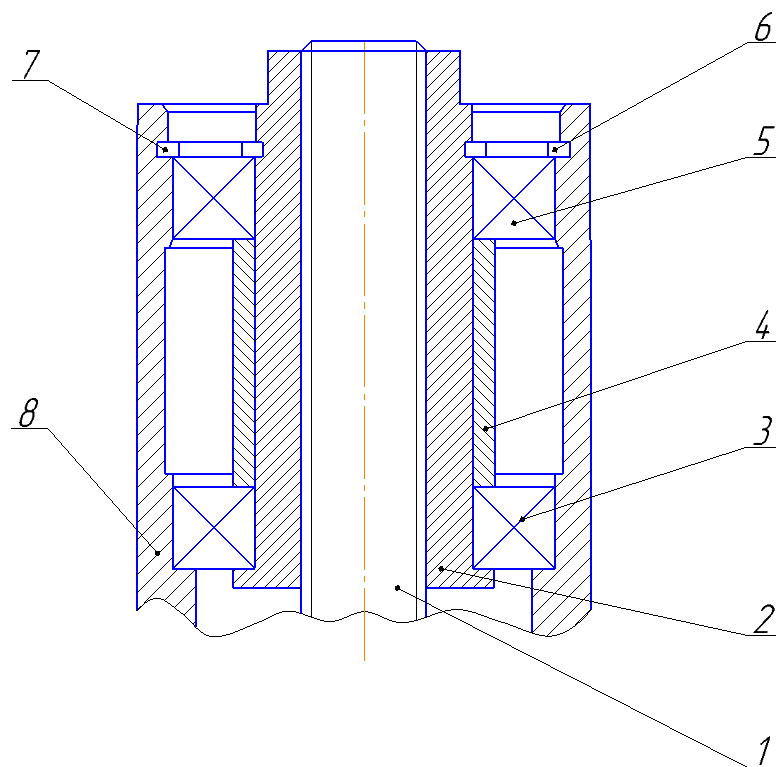


Рис. 4.4.1. Підшипниковий вузол циклону зерноочисного сепаратора

Комплектацію у вигляді подетального складу вузла подано у табл.

4.1.

Таблиця 4.1

**Подетальний склад вузла**

Номер позиції деталі	Назва деталі	Кількість деталей
1	Вал	1
2	Втулка	1
3	Підшипник	1
4	Втулка	1
5	Підшипник	1
6	Штопорне кільце	1
7	Штопорне кільце	1
8	Корпус	1

З аналізу конструкції (рис. 4.1) необхідно виділити складальні одиниці, а саме: СК1 – внутрішня частина, а також окремі деталі – втулка 4, підшипник 5, штопорне кільце 6 і 7.

Схема складання вузла представлена на рис. 4. 2.

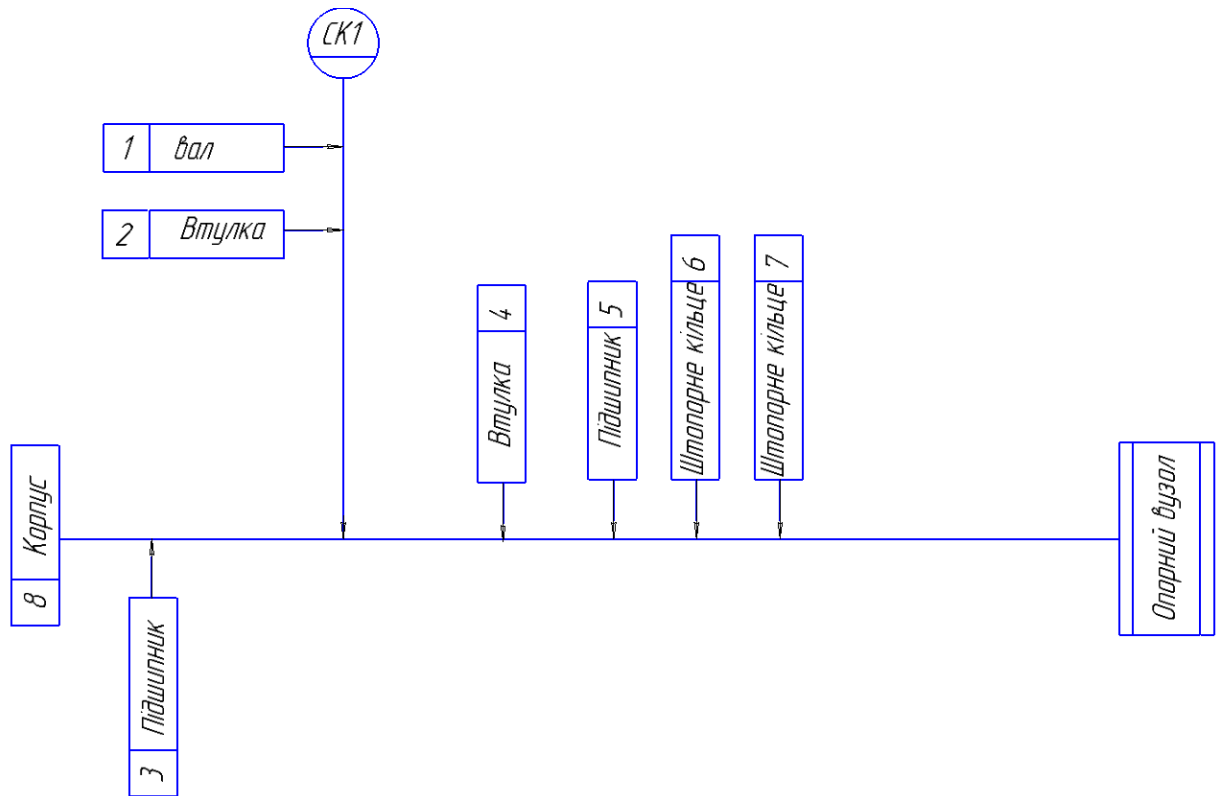


Рис. 4.2 Технологічна схема складання вузла

#### 4.4.3. Сертифікація валу підшипникового вузла циклону зерноочисного сепаратора

В даному випадку обираємо 3 схему сертифікації, дана схема передбачає:

- Продукція випускається серійно;
- Проводиться обстеження виробництва;
- Атестація виробництва не проводиться;
- Сертифікація систем якості не проводиться ;
- Випробування проводяться на зразках, що відібрані в порядку і в кількості, які встановлені органом сертифікації;

## **4.5. Правила монтажу, та технічного сервісу модернізованого обладнання.**

### **Монтаж та встановлення зерноочисного сепаратора**

Монтаж обладнання слід виконувати відповідно до вимог ДСТУ EN 1672-1:2001 «Обладнання продовольче. Загальні вимоги безпеки».

Перед початком установки сепаратора необхідно виконати такі підготовчі роботи:

#### **1. Перевірка площадки**

Горизонтальність і рівність поверхні під станину та пневмоканал контролюють рівнем (допустиме відхилення — до 3 мм).

У разі потреби поверхню вирівнюють заливанням бетонного розчину або встановлюють сепаратор на підкладних пластинах.

#### **2. Підготовка приміщення та трубопроводів**

Відповідно до схеми установки готують отвори для випускних трубопроводів і кріплення сепаратора та пневмоканалу.

Проводять транспортування агрегату до місця монтажу із дотриманням правил безпеки і підйому.

#### **3. Розконсервація**

Розпаковують та готують до роботи вузли сепаратора і пневмоканалу.

#### **4. Встановлення та регулювання**

Забезпечують мінімальну відстань 2000 мм до стін, колон і іншого обладнання для обслуговування та заміни ситових рам.

Встановлюють сепаратор симетрично щодо завантажувальної частини, перевіряючи положення осі обмежувача та центру кронштейна. Допустиме зміщення осі — до 9 мм.

Контролюють горизонтальне розташування кузова за допомогою рівня, встановлюють пневмоканал за допомогою заводських планок, фіксують ситові рами у направляючих та регулюють прижимні механізми.

Зазор між прижимами та верхньою рамкою повинен становити  $3 \pm 0,5$  мм. Для регулювання використовують ексцентриковий пристрій (ключ).

## **5. Підключення інженерних мереж**

Під'єднують самотічні трубопроводи для зерна та відходів, аспіраційний повітропровід до пневмосепаруючого каналу.

Підключають сепаратор до системи заземлення, монтують електрообладнання, автоматичні вимикачі та магнітні пускачі.

Кнопкові пости розташовують поряд із сепаратором на висоті до 1500 мм.

## **6. Перевірка та обкатка**

Контролюють напрямок обертання валу електродвигуна (по годинниковій стрілці зверху).

Перевіряють мастило підшипників, натяг приводного пасу (1,5–2 мм при дії сили 40–50 Н).

Виконують перевірку кріплення ситових рам, видаляють транспортні опори та підготовчі елементи для монтажу.

Проводять тестову обкатку сепаратора у холостому режимі протягом 2 годин, після чого усувають монтажні залишки та запускають машину в роботу.

## **Ремонт та технічне обслуговування**

**Привід сепаратора** складається з двигуна та клинопасової передачі, які при експлуатації потребують періодичного обслуговування.

### **1. Поточний ремонт**

Усунення розтягнення або розриву пасу; перевірка шківів та їх кріплення.

Контроль стану електродвигуна, натягу пасів, мастила підшипників.

Регулювання положення ситових рам, перевірка роботи вузлів на холостому ході та під навантаженням.

### **2. Середній ремонт**

Включає роботи поточного ремонту, а також часткове розбирання механізмів кріплення сит, пневмоканалу, приводу та транспортерів.

Замінюють зношені втулки, муфти, підшипники, пружини та гумові деталі.

Після ремонту проводять регулювання та обкатку машини.

### **3. Капітальний ремонт**

Повне розбирання машини, очищення деталей, дефектація та сортування на придатні та непридатні.

Відновлення всіх параметрів агрегату, заміна зношених вузлів.

Збірка у зворотній послідовності, змащування та тестова обкатка перед введенням у експлуатацію.

Технічний контроль проводиться щоденно оператором, слюсарем та електриком. Графіки поточного, середнього та капітального ремонту складаються з урахуванням результатів огляду та експлуатаційних даних.

## 5. ПРИНЦИПИ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТОМ ПРОЕКТУВАННЯ

Автоматизація на виробництві — це впровадження систем управління та контролю, які раніше виконувалися людиною, на автоматичні прилади та пристрої. Вона дозволяє підвищити продуктивність праці, поліпшити якість продукції та зменшити кількість робітників, задіяних у процесі.

**Об'єкт автоматизації:** електродвигун зерноочисного сепаратора.

### Принцип роботи автоматичної системи пуску

#### 1. Пуск електродвигуна:

Натискання кнопки **П1** замикає ланцюг обмотки магнітного пускача **КМ**.

При спрацьовуванні пускача його контакти в силовому ланцюзі вмикають електродвигун, а в колі керування блокують кнопку **СБ2**, запобігаючи повторному включенню.

#### 2. Вимикання двигуна:

Натискання кнопки **СБ1** розриває ланцюг живлення обмотки пускача, відключаючи електродвигун.

#### 3. Захист від перевантажень:

Використовуються теплові реле **КК1** і **КК2**, нагрівальні елементи яких підключені до двох фаз силового кола.

Контакти реле включені в ланцюг живлення обмотки пускача, що забезпечує відключення двигуна при перевантаженні.

#### 4. Захист від короткого замикання:

Силові та керуючі ланцюги захищені запобіжниками **ФУ**.

#### 5. Вимикання для обслуговування:

Рубильник **СА** дозволяє повністю відключити ланцюги живлення та управління при огляді або ремонті.

#### 6. Харчування ланцюгів управління:

У трифазних мережах із заземленою нейтраллю ланцюги управління живляться фазною напругою **220 В**.

## 6. ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ

### Заходи з охорони праці

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності.

Державна політика в галузі охорони праці визначається відповідно до Конституції України Верховною Радою України і спрямована на створення належних, безпечних і здорових умов праці, запобігання нещасним випадкам та професійним захворюванням. Державна політика в галузі охорони праці базується на принципах:

- пріоритету життя і здоров'я працівників, повної відповідальності роботодавця за створення належних, безпечних і здорових умов праці;
- підвищення рівня промислової безпеки шляхом забезпечення суцільного технічного контролю за станом виробництв, технологій та продукції, а також сприяння підприємствам у створенні безпечних та нешкідливих умов праці;
- комплексного розв'язання завдань охорони праці на основі загальнодержавної, галузевих, регіональних програм з цього питання та з урахуванням інших напрямів економічної і соціальної політики, досягнень в галузі науки і техніки та охорони довкілля;
- соціального захисту працівників, повного відшкодування шкоди особам, які потерпіли від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань;
- встановлення єдиних вимог з охорони праці для всіх підприємств та суб'єктів підприємницької діяльності незалежно від форм власності та видів діяльності;

- адаптації трудових процесів до можливостей працівника з урахуванням його здоров'я та психологічного стану;
- використання економічних методів управління охороною праці, участі держави у фінансуванні заходів щодо охорони праці, залучення добровільних внесків та інших надходжень на ці цілі, отримання яких не суперечить законодавству;
- інформування населення, проведення навчання, професійної підготовки і підвищення кваліфікації працівників з питань охорони праці;
- забезпечення координації діяльності органів державної влади, установ, організацій, об'єднань громадян, що розв'язують проблеми охорони здоров'я, гігієни та безпеки праці, а також співробітництва і проведення консультацій між роботодавцями та працівниками (їх представниками), між усіма соціальними групами під час прийняття рішень з охорони праці на місцевому та державному рівнях;
- використання світового досвіду організації роботи щодо поліпшення умов і підвищення безпеки праці на основі міжнародного співробітництва.

### **6.1. Аналіз виробничого травматизму у солодовому виробництві**

До найбільш травмонебезпечних у солодовому виробництві відносяться роботи на транспорті, обслуговування деяких видів технологічного обладнання та електроустаткування, ремонтні, навантажувально-розвантажувальні і транспортно-складські роботи.

Значна частина припадає на електротравматизм, який характеризується великим відсотком смертельних випадків. Основними причинами тяжкого ураження робітників електричним струмом при обслуговуванні електроустаткування і при роботі поблизу електроустаткування є заборонена робота під напругою, дефекти монтажу електропроводки, електрообладнання, використання проводів з неякісною ізоляцією,

механічні пошкодження ізоляції живильних електрокабелів, заземлюючих проводів.

Керівники підприємства, технічних служб, начальники цехів, виробництв, змін і ділянок, мають конкретні обов'язки з техніки безпеки та охорони праці.

Наприклад, начальник зміни відповідає за безпечне ведення технологічного процесу, контролює дотримання інструкцій на робочих місцях по застосуванню працюючими засобів індивідуального захисту, інструктує працюючих по техніці безпеки і т.д.. Головний механік підприємства керує працею з техніки безпеки в підлеглих службах, організовує технічний нагляд за безпечним станом будівель, обладнання і т.д.

Для кожної посади, що передбачається штатним розкладом, повинна бути розроблена програма навчання, в котрій фіксується об'єм знань і інструкція по робочому місцю. Як правило, програми навчання розроблюються і приймаються від відділів підготовки кадрів, а робочі інструкції – під контролем виробничо-технічних відділів.

Аналіз виробничого травматизму, який проводиться у солодовій промисловості систематично з року в рік, показує, що близько 80% від загальної кількості нещасних випадків відбувається з організаційних причин. Отже, для зниження рівня виробничого травматизму у галузі необхідно поперше впроваджувати організаційні заходи, а також намагатися покращити трудову і виробничу дисципліну.

## **6.2. Аналіз небезпечних і шкідливих чинників**

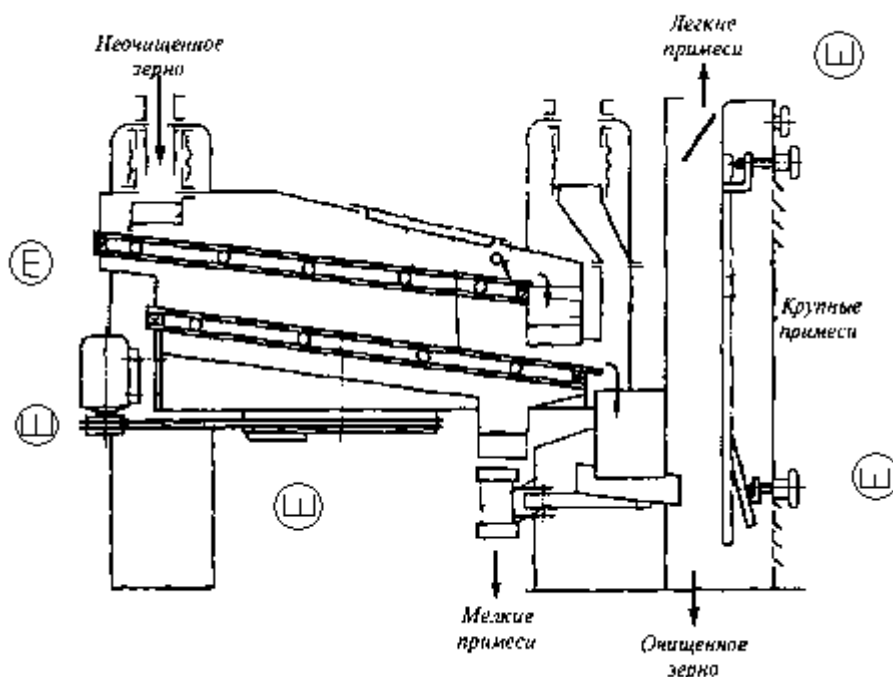
Для виявлення наявності шкідливих і небезпечних чинників виробництва треба проаналізувати роботу обладнання. Умовні позначення шкідливих і небезпечних чинників наведені на схемі етикетувального автомату.

Ⓔ – електронезбезпека;

Ⓜп – механічні пошкодження;

Ⓟт – висока температура;

Ш – шум.



### 6.3. Санітарні вимоги на дільниці

Дуже багато працівників працюють в умовах підвищених рівнів шумового фону на робочих місцях. Джерелами шуму є компресори, двигуни, іпілятори, лінії розливу. На робочих місцях, у допоміжних приміщеннях, на території багатьох пивзаводів освітленість не відповідає вимогам діючих норм санітарно-технічних вимог до підприємства. Основні гігієнічні вимоги до технологічних процесів і обладнання приведені у нормативному документі «Санітарні правила організації технологічних процесів і гігієнічні вимоги до технологічного обладнання». Крім цих документів Міністерство охорони здоров'я України видає санітарні норми, правила, методичні вказівки і рекомендації, а з деяких важливих питань – накази.

## **6.4. Заходи безпеки під час роботи автомату**

### **1. Загальні вимоги**

1.1 До роботи допускаються особи, які пройшли обов'язкові медичний огляд, вступний і первинний інструктажі, а також перевірку знань і стажування по набуттю безпечних методів праці.

1.2 Повторний інструктаж на робочому місці проводиться у встановлені вимогами терміни.

1.3 Для безпечного ведення робіт працівник повинен знати і виконувати: свої обов'язки по безпечному обслуговуванню зерноочисного сепаратора; вимоги до організації робочого місця; правила користування засобами індивідуального захисту; правила і прийоми надання першої долікарської допомоги потерпілим при нещасних випадках; порядок дій у аварійних ситуаціях, в тому числі і при пожежах; правила використання інструментів та пристроїв за призначенням.

1.4 Забороняється допуск до виконання робіт при несправному обладнанні чи інструментах.

1.5 Працівник повинен виконувати всі вимоги інструкцій з техніки безпеки і виробничої санітарії.

1.6 За порушення вимог інструкцій винних притягають до відповідальності, згідно із законодавством України.

### **2. Вимоги безпеки перед початком роботи**

2.1 Під час прийому зміни перевірте записи в журналі прийому-здачі зміни.

2.2 Ознайомтеся із зауваженнями та пропозиціями працівника попередньої зміни, щодо технічного стану сепаратора.

2.3 Перевірте: наявність і справність захисних засобів, інвентаря, пристосувань( дерев'яної підставки під ноги, поворотного стільця, щітки, совка, спеціального гачка), стан робочого місця;

2.4 Увімкніть сепаратор на 1-2 хвилини і переконайтесь у його нормальній роботі на холостому ході;

2.5 Пускайте машину, додержуючись порядку і послідовності операцій, зазначених в інструкції з експлуатації, і тільки після повної готовності лінії до роботи.

2.6 При виявленні несправностей під час зовнішнього огляду або контрольного пуску повідомте безпосереднього керівника і без його дозволу до роботи не ставайте.

3. Вимоги безпеки під час роботи.

3.1 Подайте встановлений сигнал і тільки після отримання відповідного сигналу увімкніть сепаратор.

3.2 Стежте за рівномірною подачею зерна та його розподілом по всій площі сит.

3.3 Стежте заподачею та виходом зерна.

4. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

4.1 Негайно зупиніть машину:

- якщо подальша робота загрожує безпеці працюючих;
- при відчуженні дії електричного струму при дотику до металевих частин пускової апаратури;
- при іскроутворенні в електродвигуні або пусковій апаратурі;
- при найменших ознаках загоряння, появі диму, відчутті запаху гару;
- при появі невластивого шуму, стуку;
- при виникненні пожежі.

4.2 При виникненні пожежі:

- вимкніть машину;
- сповістіть пожежну охорону та адміністрацію підприємства;

- розпочніть гасіння, використовуючи кран внутрішнього протипожежного водопроводу або за допомогою первинних засобів пожежогасінні (води, піску, вогнегасників);

- при загорянні електропроводів вимкніть рубильник. Електропровода, які знаходяться під напругою, гасить вуглекислотним вогнегасником або піском.

- при виникненні пожежі в самій електроустановці чи поблизу неї, в першу чергу до прибуття пожежників вимкніть електроустановки з мережі.

1. Надайте першу долікарську допомогу потерпілим при аварії, згідно з інструкцією надання першої невідкладної допомоги.

5. Вимоги безпеки після закінчення роботи

5.1 Після виходу всього зерна з машини, вимкніть її.

5.2 Приберіть робоче місце. Очистіть інструмент, інвентар, пристрої і покладіть у відведене місце. Приведіть у порядок спецодяг і засоби індивідуального захисту і здайте їх на зберігання.

5.3 Повідомте майстра та працівників наступної зміни про всі помічені недоліки та технічний стан устаткування.

### **6.5. Шум, методи боротьби**

Одним з найбільш розповсюджених негативних факторів, які впливають на людину, являється шум. Він завдає великої шкоди здоров'ю та виробничій діяльності людини. В результаті втоми, що виникає під дією шуму, збільшується кількість помилок при роботі, підвищується загроза виникнення травм, знижується продуктивність праці. Все це є однією з причин збільшення економічних втрат.

У приміщенні цеху джерелами шуму являються і машини, які входять до складу цеху, і зв'язуючи їх транспортні пристрої.

Для пониження рівня звукового тиску від сантехнічного обладнання до допустимого по EN ISO 16000 та EN ISO 7730 передбачаються наступні заходи:

- вентилятори встановлюються у ізольованих приміщеннях (вентиляторних камерах);
- передбачений плавний підвід повітря до входних патрубків вентиляторів;
- передбачені вібропоглиначі гнучкі вставки для приєднання повітропроводів до входних і до нагнітаючих патрубків вентиляторів;
- вентилятори встановлені на пружинних амортизаторах.

Заходи по захисту від шуму. Джерелами шуму являються електродвигуни технологічного обладнання, транспортери.

У відділені рівень шуму відповідає експлуатаційним даним по діючим підприємствам.

#### 6.6. Вібрація, методи боротьби

Збільшення потужностей та швидкостей переміщення у виробництві призводять до небажаних явищ, таких як вібрація. Вібрації не тільки погіршують самопочуття працюючих і знижують продуктивність праці, а й можуть призвести до серйозних патологічних змін організму людини.

Комплексна механізація та автоматизація підприємства є ефективним засобом зменшення впливу виробничих вібрацій на персонал. Допустимі рівні вібрацій регламентуються вимогами міжнародних та європейських стандартів, зокрема ISO 2631 (оцінка впливу вібрацій на людину) та EN 1032 (вимоги до випробувань машин на вібрацію).

Сепаратор відповідає нормам безпеки та експлуатаційним вимогам, що висуваються до машин такого типу. Його робота не потребує постійного ручного керування або безпосереднього контакту з оператором. В процесі експлуатації машина створює технологічну вібрацію, яка передається на фундамент чи підлогу і може впливати на людину, тому її рівень контролюється згідно з чинними нормами безпеки праці.

Еквівалентні рівні звуку та звукового тиску на робочих місцях повинні відповідати допустимим значенням, визначеним стандартами EN ISO 11201, EN ISO 9612 та ISO 1999, які регламентують оцінювання шумового навантаження та граничні рівні шуму у виробничих приміщеннях подано в таблиці 1.

Таблиця 1.

Професія	Рівні звукового тиску дБ, в активних смугах із середньгеометричними частотами, Гц									Рівень звуку і еквівалентні рівні звуку, дБА
	331,5	663	125	2250	5500	11000	22000	44000	88000	
Оператор наладчик	1103	999	992	886	883	880	778	776	774	885

### 6.7. Вентиляція

Системи вентиляції та опалення підприємств з виробництва солоду повинні відповідати вимогам **EN 16798-3:2017** (Енергоефективність будівель. Вентиляція будівель. Системи вентиляції та кондиціонування повітря) та бути адаптовані до специфіки технологічних процесів галузі. Їхнє призначення — забезпечити нормативний вміст шкідливих речовин у повітрі робочої зони відповідно до **ISO 45001** та **ISO 7730** (Ергономіка теплового середовища. Аналітичне визначення й інтерпретація теплового комфорту).

Параметри мікроклімату виробничих приміщень — температура, відносна вологість, швидкість руху повітря — мають підтримуватися у

межах оптимальних або допустимих значень згідно з **EN ISO 15251 / EN 16798-1**, які встановлюють норми для робочих зон з урахуванням кліматичної зони, пори року та категорії фізичного навантаження.

У разі використання систем кондиціонування повітря мікроклімат виробничих приміщень має відповідати вимогам **EN 15726, EN 12599** (випробування та регулювання систем вентиляції) та загальним принципам безпечного мікроклімату, зазначеним у системі стандартів охорони праці **ISO 45001**.

### **6.8. Освітлення**

Освітлення виробничих, адміністративних і побутових приміщень виконують у відповідності з розрядом зорових робіт і коефіцієнтом природної освітленості. Для живлення світильників загального освітлення повинна застосовуватись напруга не вище 380/220 В змінного струму при заземленій нейтралі і не вище 220 В при ізольованій нейтралі і постійному струмі.

В приміщеннях без підвищеної небезпеки для усіх стаціонарних світильників допускається застосовувати напругу не вище 220 В.

Світильники з люмінесцентними лампами на напругу 127 – 220 В допускається встановлювати на висоті 2,5 м від підлоги, а також для місцевого освітлення, якщо виключено контакт із струмоведучими частинами.

### **6.9. Побутові приміщення**

Побутові приміщення для працівників виробництва солоду повинні обладнуватися за типом санпропускника.

До складу побутових приміщень належать гардероби верхнього, домашнього, робітничого та санітарного одягу, білизняна для чистого санітарного одягу, пральня, приміщення для прийому брудного санітарного одягу, душові, туалети, оздоровчий пункт або кімната медогляду,

приміщення для особистої гігієни жінок, сушилка для взуття відповідно до вимог СНиП "Вспомогательные здания и помещения промышленных предприятий".

Не дозволяється розміщувати туалети, душові та пральні над виробничими цехами, складськими приміщеннями.

Стіни в душових облицьовують глазурованою плиткою на всю висоту, в гардеробних санітарного одягу, білизняній, в санітарних

вузлах, в кімнаті гігієни жінок - на висоту 2,1 м, вище - фарбування масляною або водоемульсійною фарбами. Підлоги покривають метлахською плиткою, стелі - масляною фарбою або вапняною побілкою.

### **6.10. Розрахунок рівня шуму на ділянці**

Для ділянки очищення зерна, де встановлений зерноочисний сепаратор доречно визначити сумарний рівень шуму машин і порівняти з нормативними згідно з ISO 11690-2:2020

1. Визначаємо сумарний рівень звукового тиску

$$L = L_1 + 10 \lg n = 89 = 10 \lg 6 = 96,8 \text{ дБ.}$$

2. За допомогою таблиці знаходимо, що при дії шуму на працюючих 0,25 год. поправка до звукового тиску буде +15,1 дБ.

3. Допустимий рівень звукового тиску для частоти звуку  $f=125$  Гц; за таблицею  $L_0 = 87$  дБ, з урахуванням поправки фактичний рівень шуму:  $L_r = 96,8 - 15,1 = 81,7$  дБ, тобто менше допустимого на  $L = L_0 - L_r = 87 - 81,7 = 5,3$  дБ.

**ВИСНОВОК:** сумарний рівень звукового тиску відповідає вимогам ГОСТ 12.1.003-83.

### **6.11. Пожежна безпека**

Види вогнегасників, їх застосування.

1.1. Під час експлуатації вогнегасників слід керуватися Законом України «Про пожежну безпеку», національними й міждержавними

стандартами та іншими нормативно-правовими актами, які регламентують вимоги до експлуатації вогнегасників.

1.2. Забезпечення виконання цих вимог покладається на керівників підприємств, установ та організацій і уповноважених ними осіб.

1.3. Керівники підприємств або уповноважені ними особи, а також орендарі, якщо це обумовлено договором оренди, зобов'язані:

- забезпечувати дотримання стандартів, норм, а також вимог приписів і постанов органів державного пожежного нагляду та державного нагляду за охороною праці;
- забезпечувати організацію експлуатації та технічного обслуговування вогнегасників;
- утримувати вогнегасники в працездатному стані;
- не допускати застосування вогнегасників не за призначенням;
- своєчасно організувати проведення оглядів вогнегасників;
- організувати навчання працівників правилам застосування вогнегасників за призначенням.

1.4. Експлуатація вогнегасників на підприємствах без призначення особи, відповідальної за пожежну безпеку на об'єкті, забороняється.

1.5. Особа, відповідальна за пожежну безпеку на об'єкті, повинна пройти спеціальне навчання за навчальними програмами, погодженими Державним департаментом пожежної безпеки МНС України, і після складання заліку отримати посвідчення встановленого зразка. Один раз на три роки проводиться перевірка її знань.

1.6. Особа, відповідальна за пожежну безпеку на об'єкті, зобов'язана забезпечити:

- утримання вогнегасників у працездатному стані шляхом своєчасного проведення їх огляду та організації технічного обслуговування;
- контроль над систематичним веденням експлуатаційних документів;

- навчання працівників підприємства правилам застосування вогнегасників.

1.7. Для забезпечення працездатного стану та якісної експлуатації вогнегасників на підприємстві має бути організовано їх технічне обслуговування. Для виконання робіт з технічного обслуговування вогнегасників підприємство укладає договір з пунктом технічного обслуговування вогнегасників (ПТОВ) відповідно до вимог чинного законодавства України. Допускається створення на підприємстві власного ПТОВ.

1.8. Виробники або уповноважені ними постачальники зобов'язані забезпечити проведення технічного обслуговування вогнегасників на всій території України за регіональним принципом шляхом створення власних ПТОВ або надання повноважень існуючим ПТОВ, перелік яких має бути наведено у паспорті на кожний вогнегасник.

Виробничі об'єкти відрізняються підвищеною пожежною небезпекою, тому що характеризується складністю виробничих процесів, наявністю значних кількостей зріджених горючих газів, твердих горючих матеріалів, великий оснащеністю електричних установок та інше.

Основними причинами пожеж найчастіше бувають:

- 1) Порушення технологічного режиму - 33%.
- 2) Несправність електрообладнання - 16%.
- 3) Погана підготовка до ремонту обладнання - 13%.
- 4) Самозаймання промасленого ганчір'я та інших матеріалів - 10%

Джерелами займання можуть бути також відкритий вогонь технологічних установок, розпечені або нагріті стінки апаратів та обладнання, іскри електрообладнання, статична електрика, іскри удару і тертя деталей машин та обладнання тощо Крім того, джерелом запалення можуть служити порушення норм і правил зберігання пожежонебезпечних матеріалів, необережне поводження з вогнем, використання відкритого

вогню факелів, паяльних ламп, куріння у заборонених місця, невиконання протипожежних заходів щодо обладнання пожежного водопостачання, пожежної сигналізації, забезпечення первинними засобами пожежогасіння та ін

Як показує практика, аварія навіть одного великого агрегату, що супроводжується пожежею і вибухом, наприклад, у хімічній промисловості вони часто супроводжують один одному, може призвести до дуже тяжких наслідків не тільки для самого виробництва і людей його обслуговують, а й для навколишнього середовища. У зв'язку з цим надзвичайно важливо правильно оцінити вже на стадії проектування пожежо-і вибухонебезпечність технологічного процесу,

виявити можливі причини аварій, визначити небезпечні фактори та науково обґрунтувати вибір способів і засобів пожежо-і взривопредупредження і захисту.

Важливим чинником у проведенні цих робіт є знання процесів і умов горіння і вибуху, властивостей речовин і матеріалів, які застосовуються в технологічному процесі, способів і засобів захисту від пожежі і вибуху.

Заходи з пожежної профілактики поділяються на організаційні, технічні, режимні та експлуатаційні.

Організаційні заходи: передбачають правильну експлуатацію машин і внутрішньозаводського транспорту, правильне утримання будівель, території, протипожежний інструктаж.

Технічні заходи: дотримання протипожежних правил і норм при проектуванні будівель, при пристрої електропроводів і устаткування, опалення, вентиляції, освітлення, правильне розміщення обладнання.

Режимні заходи - заборона куріння у невстановлених місцях, заборона зварювальних та інших вогневих робіт у пожежонебезпечних приміщеннях тощо. Експлуатаційні заходи - своєчасна профілактика, огляди, ремонти і випробування технологічного обладнання.

## Охорона Довкілля

Виробничі процеси підприємств хлібопродуктової галузі мають помітний вплив на навколишнє середовище. Основні напрями цього впливу пов'язані з: забрудненням атмосфери пилом, який утворюється під час приймання, транспортування, переміщення, очищення та сушіння зерна, а також під час застосування сухих методів його підготовки й переробки; забрудненням водних ресурсів у разі використання мокрих технологій; накопиченням різних видів відходів виробництва, що потрапляють у ґрунт.

У робочій зоні виробничих приміщень повинні дотримуватися нормативні показники концентрації пилу: зерновий пил не має перевищувати 4 мг/дм<sup>3</sup>, а борошняний — 6 мг/дм<sup>3</sup>.

Перевищення цих норм несе ризики для здоров'я працівників, може провокувати вибухи та пожежі на хлібоприймальних і зернопереробних підприємствах, а також призводить до забруднення довкілля.

Для забезпечення безпечних умов праці та охорони навколишнього середовища необхідно дослідити фізичні, фізико-хімічні, хімічні та мікробіологічні характеристики пилу як органічного, так і мінерального походження, що утворюється залежно від специфіки виробничих процесів. Важливо оцінити, як пил впливає на повітря, водні ресурси та рослинність, а також визначити закономірності його поширення як всередині виробничих приміщень, так і за їх межами.

Необхідно визначити, що рівень запиленості повітря у виробничих приміщеннях підприємств хлібопродуктової галузі залежить від багатьох чинників: герметичності транспортного та технологічного обладнання, конструктивних особливостей і технічного стану робочих механізмів, режимів їх експлуатації, наявності та ефективності аспіраційних систем, а також від рівня виробничої дисципліни та організації технологічних процесів.

Важливим є створення сучасних типів обладнання та розроблення інженерних методик розрахунку систем знепилювання для хлібоприймальних і борошномельних підприємств. Такі розробки повинні забезпечити підвищення ефективності очистки повітря і вдосконалення загальної системи охорони атмосферного середовища. Після впровадження таких рішень має оцінюватися їхня екологічна та економічна доцільність.

Зернопереробні підприємства використовують значні обсяги питної води для виробничих операцій: миття зерна у мийних машинах, обробки сировини у машинах мокрого луцення, зволоження зерна, охолодження вальців на вальцьових верстатах, а також для кондиціонування повітря. Вода також потрібна для господарсько-побутових потреб і пожежогасіння.

На прикладі борошномельного заводу продуктивністю 500 т зерна на добу встановлено, що виробничі потреби становлять близько 10 м<sup>3</sup> води на годину, а побутові — до 0,3 м<sup>3</sup>/год. Дослідження показали, що витрати води на миття зерна досягають приблизно 3 дм<sup>3</sup> на 1 кг сировини, але ця величина значною мірою залежить від ступеня забрудненості зерна.

У стічних водах, що утворюються після миття зерна та роботи машин мокрого луцення, містяться частинки органічного та мінерального походження, зважені тверді домішки, розчинні речовини та значна кількість мікроорганізмів. Для первинного очищення ці води пропускають через сита й сепаратори, після чого вологі відходи віджимають, висушують та використовують як кормову сировину. Проте ступінь очищення води не перевищує 55%, тому подальше її знезараження здійснюється у каналізаційних та очисних спорудах до відповідності нормам охорони водних ресурсів.

Для підвищення ефективності очищення виробничих стічних вод та більш повного вилучення забруднювальних речовин необхідно розробити та впровадити нове обладнання — сучасні фільтрувальні системи, гідроциклони, дискові біофільтри та інші види апаратури.

У системі заходів з охорони навколишнього середовища підприємств галузі хлібопродуктів, важливе місце займає також проблема відходів. У процесі підготовки зерна до переробки утворюються відходи різних категорій, у тому числі значна кількість цінних кормових і особливо «непридатних» відходів. Перспективним напрямком є використання відходів для виробництва нових продуктів і більш повне використання природних ресурсів. Для цього запропоновано більш ефективні методи їх використання.

Заходи з охорони навколишнього середовища, спрямовані, у першу чергу, на створення здорових і безпечних умов праці та побуту люд й, є найважливішою складовою виробничої діяльності підприємств, потужним важливим збільшення продуктивності праці і прискорення науково технічного-прогресу галузі.

## 7. МАРКЕТИНГОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

У поточному році на ринку зернових та олійних культур спостерігалось суттєве зростання цін — щонайменше на 40% по всіх основних культурах. Така тенденція пов'язана з низкою глобальних факторів: поглибленням продовольчої нестачі у світі, зростанням попиту з боку переробної промисловості, а також збільшенням потреби у кукурудзі для виробництва біопалива. Кожного року галузь біоенергетики нарощує обсяги споживання сировини, що створює додатковий тиск на ринок.

Погодні аномалії в ключових зернових регіонах світу спричинили зниження врожаїв, що стало підставою для запровадження низкою держав обмежень або коригування експортних поставок. Сукупність цих чинників сформувала дефіцит пропозиції на зовнішніх ринках, що спричинило прискорене зростання світових цін на основні зернові культури.

Зниження перехідних запасів у провідних країнах-виробниках створило фундамент для подальшого зростання цін у новому маркетинговому сезоні. За даними Міжнародної ради із зерна (IGC), загальне виробництво зернових у наступному сезоні очікується на рівні 1725 млн тонн, що на 3,5% менше порівняно з попереднім періодом. Водночас світове споживання зросте на 1,6% і сягне 1786 млн тонн. Зниження перехідних запасів на 55 млн тонн, переважно за рахунок кукурудзи, створює додатковий дефіцит пропозиції.

Прогнози Міністерства сільського господарства США (USDA) на початку року свідчили про можливість рекордних врожаїв у низці країн. Однак погодні катаклізми в багатьох регіонах світу суттєво скоригували попередні очікування. На товарній біржі Чикаго (CBOT) спостерігалися значні коливання: у червні ціни на зернові знижувалися, проте вже в серпні досягали нових пікових значень. Для пшениці ціна сягнула 8,80 \$/бушель, що становило понад двократне зростання від початку маркетингового року.

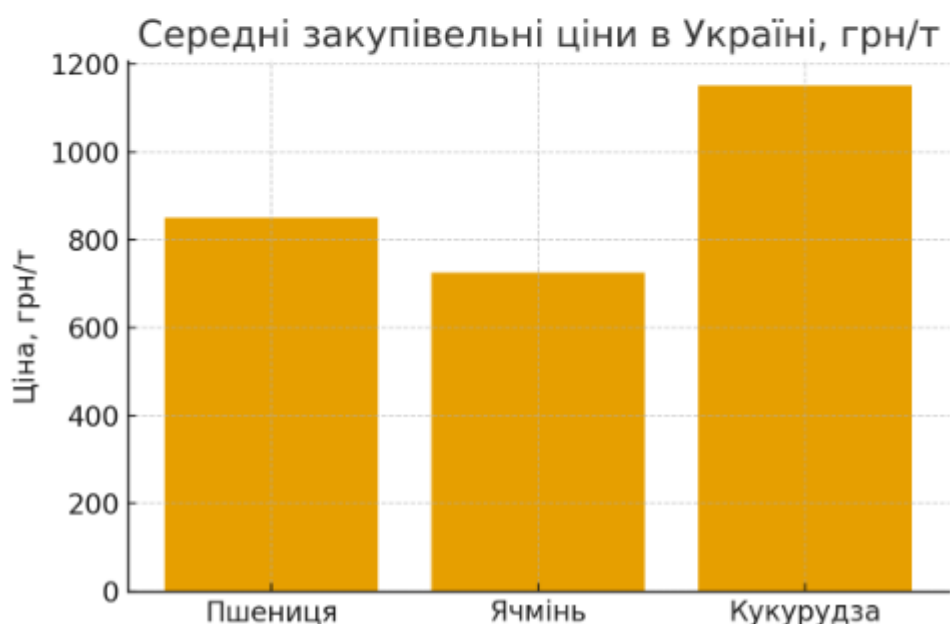
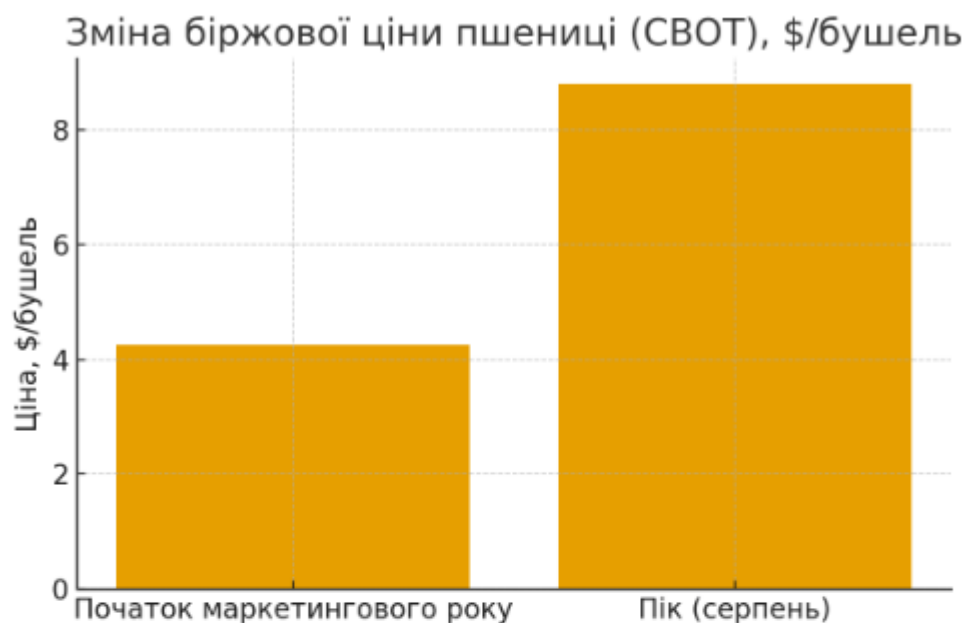
Схожа ситуація розвинулася на ринку кукурудзи. Незважаючи на очікування високого врожаю, погодні умови призвели до зменшення валових зборів у ключових країнах-виробниках, що спричинило різке зростання біржових котирувань. Особливо вагомим фактором стало зниження перехідних запасів до мінімального рівня за останні 15 років.

### **Вплив ринкової ситуації на Україну**

Україна, як один із провідних виробників та експортерів зернових культур, відчула вплив світової кон'юнктури повною мірою. Загальний урожай зернових у 2024 році становив близько 40 млн тонн, що було нижчим за прогнозні показники (44–46 млн тонн) та значно меншим порівняно з 2023 роком. Через це уряд був змушений тимчасово обмежити експорт зерна з метою забезпечення внутрішньої продовольчої безпеки та стабілізації ринку.

На початку маркетингового року в Україні сформувалися низькі обсяги перехідних запасів — 4,9 млн тонн, зокрема: пшениці — 2,4 млн тонн, ячменю — 0,6 млн тонн, кукурудзи — 0,7 млн тонн. Це також вплинуло на необхідність запровадження державних інструментів регулювання експорту.

У липні–серпні внутрішні ціни на зернові культури відповідали рівню собівартості з мінімальним прибутком.



Культура 1 бушель = кг

Пшениця - 27,215 кг

Кукурудза ~25,40 кг

Соеві боби ~27,22 кг

Ячмінь ~21,77 кг

Зважаючи на значну різницю між зовнішніми та внутрішніми цінами, експортерам була вигідною стратегія активного вивезення зерна. Основним фактором рентабельності була різниця між внутрішньою ціною закупівлі та

ціною реалізації на міжнародних ринках. Додатково економічний ефект посилювався відшкодуванням ПДВ у розмірі 20%.

У попередньому сезоні середній щомісячний обсяг експорту становив близько 1,75 млн тонн. За сприятливої зовнішньої кон'юнктури ці обсяги мали потенціал суттєвого збільшення. Однак активізація експорту створювала б ризики для продовольчої безпеки, що зумовило введення державних обмежень у вигляді квот. Обсяг затверджених квот становив 2,7 млн тонн, із подальшим їхнім коригуванням відповідно до потреб внутрішнього ринку та фактичних балансів зернових культур. До березня наступного року квоти були продовжені та частково розширені для окремих культур, передусім кукурудзи та пшениці.

### **Вплив введення експортних квот**

Квотування експорту зернових культур сьогодні принесе позитивний ефект у середньо- та довгостроковій перспективі. При надлишку зерна на внутрішньому ринку ціни дещо знизяться, при цьому прибутковість виробників залишається достатньою для забезпечення нормального виробництва та прибутковості. Не йдеться про збитковість роботи фермерів, а про втрату надприбутків для зерноторговців.

Вартість тонни пшениці в грудні оцінювалася в середньому 1650–1750 грн, фуражна кукурудза – від 1500–1550 грн/тонну. Такі ціни дозволяють виробникові повністю компенсувати свої витрати та отримати достатній прибуток. Посівна кампанія пройшла успішно, забезпеченість якісними засобами захисту рослин зросла на 25% (за даними УКАБ). Навіть за високих цін на пальне із запланованих 8 млн га посівів під озимими культурами було засіяно більше 95%.

Надлишок дешевих кормів дасть можливість розвивати власну переробну промисловість. Дешеві зернові, які складають основу раціону годівлі тварин, стимулюють виробництво м'яса, молока, масла та інших

продуктів. Внутрішні потреби в продовольстві на сьогодні насичуються здебільшого за рахунок імпорту. Національний виробник втрачає власний ринок, знижується його конкурентоспроможність на світовій арені. Досить згадати досвід введення експортного мита на насіння соняшнику, яке допомогло українським переробникам (олієекстракційним заводам) охопити на сьогодні більше 40% світового ринку соняшникової олії.

### **Перспективи розвитку**

У наступному році можна впевнено говорити, що ціни на зернові культури продовжуватимуть рости ще як мінімум до кінця березня, якщо не покращиться ситуація з виробництвом зернових та беручи до уваги об'єктивні фундаментальні фактори впливу на світовій арені. Державна політика в Україні в галузі сільського господарства стає більш стабільною та орієнтованою на розвиток власного виробничого і переробного комплексів, що повинно забезпечити Україні справжню незалежність у питаннях продовольчої безпеки.

Централізація аграрного ринку через державні установи консолідуватиме ринок та зробить його роботу більш зрозумілою та вигідною для товаровиробників. Внутрішній ринок зерна та ціноутворення на ньому стає прозорішим при використанні послуг біржової торгівлі. Розширення посівних площ у наступному сезоні, достатній рівень самофінансування за рахунок ринкових цін та впевненість у державній політиці дозволить українським товаровиробникам досягнути необхідної прибутковості, покращити власний матеріально-технічний стан, користуючись вигідною ринковою кон'юнктурою, збільшити виробництво продовольства і здобути вагомий вплив на світовому ринку.

## ВИСНОВКИ

У магістерській роботі «Інтенсифікація процесу очищення зернових культур шляхом удосконалення конструкції зерноочисного сепаратора ВЧС-100» виконано комплекс досліджень, що дозволили підвищити ефективність роботи решітного стану за рахунок удосконалення його конструктивних елементів та режимів взаємодії зі зерною масою.

Встановлено, що застосування пружинного очищувача плоских решіт забезпечує значне покращення очищення їх отворів і підвищує коефіцієнт сепарації на 3...15,7%. Використання підвісок із різноспрямованим розташуванням формує вертикальні та комбіновані коливання шару зерна, що сприяє інтенсифікації процесу розділення та зростанню ефективності сепарації на 6,39%. Отримано залежності коефіцієнта сепарації від частоти та амплітуди коливань за різних кутів нахилу підвісок.

Удосконалення конструкції решітного стану включало визначення оптимальних параметрів відбивної поверхні. Найбільш раціональною довжиною комірки є 50 мм. Показано, що збільшення довжини комірки до 160 мм знижує коефіцієнт використання живого перетину до 0,92...0,94, тоді як комірка довжиною 50 мм підвищує його: для кулькових очищувачів — до 0,94...0,95, а для пружинних — до 0,97...0,98.

Досліджено вплив продуктивності машини на якість сепарації. Встановлено, що збільшення продуктивності від 4 до 30 т/год знижує коефіцієнт сепарації на 6...60%, незалежно від типу очищувача та режимів роботи.

Комплексне застосування решіт з довгастими отворами (радіус заокруглення 6,5 мм), секцій довжиною 50 мм, пружинних очищувачів, різноспрямованих підвісок та вдосконаленого приводу забезпечує приріст коефіцієнта сепарації на 12,8...54%, що підтверджує високу ефективність запропонованого технічного рішення.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. «Технологія очищення зерна» : учеб. / за ред. ... (або безред.) – [Електронний ресурс] / ... – (Якщо немає автора — можна вказати назву).
2. European Commission. EU Agricultural Outlook 2023–2033. – Розд. 4, с. 120–150.
3. FAO. Food Outlook – Biannual Report on Global Food Markets, 2022. – Розд. 2, с. 45–70.
4. International Grains Council (IGC). Grain Market Report, 2023. – Розд. 1, с. 15–40.
5. USDA. World Agricultural Supply and Demand Estimates (WASDE), 2023. – Розд. 1, с. 5–25.
6. Антоненко, В. В. Технологія обробки зерна / В. В. Антоненко. – К. : Урожай, 2021. – 320 с. – Гл. 2, с. 45–67.
7. Бондаренко, О. М. Сучасні зерноочисні машини / О. М. Бондаренко. – Львів : ЛНУ, 2020. – 245 с. – Розд. 3, с. 78–102.
8. Гапонюк, І. І. Витоки та організаційно-технічні питання зберігання й переробки зерна : навч. посібник / І. І. Гапонюк. – Ужгород : ФОП «Сабов АМ», 2021. – 249 с
9. Гриценко, С. І. Машини харчової промисловості / С. І. Гриценко. – К. : НАУ, 2022. – 310 с. – Гл. 4, с. 120–145.
10. ДСТУ 12.2.124:2017. Машини та обладнання харчової промисловості. Безпека експлуатації. – Київ : Мінекономрозвитку України, 2017. – Розд. 5, с. 30–50.
11. ДСТУ 8302:2015. Бібліографічний опис. Загальні вимоги та правила складання. – Київ, 2015. – с. 12–25.
12. Загальні технології харчових виробництв: підручник / В.А. Домарецький, П.Л. Шиян, М.М. Калакура, Л.Ф. Романенко. – К. : Университет "Україна", НУХТ, 2010. – 814 с.

13. Заплетніков І.М. Експлуатація і обслуговування технологічного обладнання харчових виробництв: навч. посіб. / І.М. Заплетніков, В.Г. Мирончук, В.М. Кудрявцев – К.: «Кафедра», «Центр учбової літератури», 2012. – 344с.
14. Іваненко, П. В. Зерноочисні сепаратори: теорія та практика / П. В. Іваненко. – Харків : ХНТУ, 2020. – 198 с. – Розд. 2, с. 55–80.
15. Камінський В.Д. Переробка та зберігання сільськогосподарської продукції. / В.Д.Каминський, М.Б.Бабич. – Одеса: Аспект, 2000. – 400 с.
16. Карпенко, Л. В. Інноваційні технології у зерновому виробництві / Л. В. Карпенко. – К. : Аграрна наука, 2021. – 276 с. – Гл. 6, с. 210–230.
17. Ковальчук, Р. М. Модернізація обладнання харчової промисловості / Р. М. Ковальчук. – Львів : Аграрний університет, 2022. – 215 с. – Розд. 3, с. 95–120.
18. Кузьменко, Ю. О. Енергетичні аспекти роботи зерноочисних машин / Ю. О. Кузьменко. – Одеса : ОНАХТ, 2021. – 160 с. – Гл. 2, с. 60–85.
19. Купчик М. П. Основи охорони праці / М. П. Купчик, М. П. Гандзюк, І. Ф. Степанець, В. Н. Вендичанський, А. М. Литвиненко, О. В. Іваненко. – К.: Основа, 2000. – 416 с.
20. Мельник, І. П. Технічна експлуатація харчового обладнання / І. П. Мельник. – К. : Либідь, 2020. – 280 с. – Розд. 5, с. 145–180.
21. Методичні рекомендації до виконання випускної кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня «Магістр» за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування» освітньо-професійної програми «Інжиніринг харчових виробництв» денної та заочної форми навчання [Електроний ресурс] / Уклад. В.Г. Мирончук, В.М. Якимчук, О.М. Гавва, Д.М. Люлька, О.М. Чепелюк – К.:НУХТ, 2022. – 52с.
22. Міністерство аграрної політики та продовольства України. Статистичні дані щодо врожайності зернових культур. – Київ, 2022. – Розд. 1, с. 10–25.

23. Монтаж і технічний сервіс обладнання [Текст] : підручник / В. Г. Мирончук, М. В. Якимчук, Д. М. Люлька, С. О. Володін ; Національний університет харчових технологій. — Київ : НУХТ, 2024. — 267 с.
24. Монтаж та технічний сервіс обладнання. Практикум [Текст] : навч. посіб. / В. Г. Мирончук, Д. М. Люлька, О. А. Єщенко, О. І. Свідерська ; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т харч. технол. — Київ : НУХТ, 2017. — 162 с.
25. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості. / Підручник. / В.Г. Мирончук , І.С. Гулий, М.М. Пушанко та ін. ; за ред. В.Г. Мирончука.— Вінниця: Нова книга, 2007. – 648 с.
26. Олійник, В. С. Зернові технології та обладнання / В. С. Олійник. – Х., 2021. – 234 с. – Гл. 3, с. 90–115.
27. Петров, С. В. Аналіз ефективності роботи зерноочисних машин / С. В. Петров. – Львів : ЛНУ, 2020. – 200 с. – Розд. 4, с. 120–150.
28. Процеси і апарати харчових виробництв [Текст] : підруч. / О. С. Марценюк, Л. М. Мельник ; НУХТ. — К. : НУХТ, 2011. — 407 с.
29. Рибчинський, Р., Шаповаленко, О. Основні напрямки переробки зерна кукурудзи в Україні / Р. Рибчинський, О. Шаповаленко // Матеріали 80-ї міжнар. наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів, 10–11 квітня 2014. – К. : НУХТ, 2014. – С. 245–246
30. Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості: навч. посіб. / Мирончук В.Г., Орлов Л.О., Пушанко М.М. та ін. — Вінниця: Нова книга, 2004. —288с.
31. Розум, Т. В. Сучасні тенденції в харчовому машинобудуванні / Т. В. Розум. – К. : НАУ, 2021. – 256 с. – Гл. 5, с. 180–210.
32. Савчук, М. І. Матеріали для харчового обладнання / М. І. Савчук. – К. : Урожай, 2022. – 190 с. – Розд. 2, с. 60–90.

33. Ситнікова, Н. О., Фоміна, К. Ф., Дудник, Л. І., Чернозубенко, Н. Н., Кузьменко, Л. І. Технологія зберігання і переробки сільськогосподарської продукції : навч. посібник / Н. О. Ситнікова, К. Ф. Фоміна, Л. І. Дудник, Н. Н. Чернозубенко, Л. І. Кузьменко. – К. : Аграрна освіта, 2008. – 304 с

34. Соколова, Н. О. Технічне забезпечення зернових елеваторів / Н. О. Соколова. – Одеса : ОНАХТ, 2020. – 175 с. – Гл. 3, с. 80–105.

35. Титаренко, А., Шаран, А. Удосконалення технології підготовки зерна круп'яних культур до переробки / А. Титаренко, А. Шаран // Матеріали 80-ї міжнар. наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів, 10–11 квітня 2014. – К. : НУХТ, 2014. – С. 275–276.