

**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)

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

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

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

зі спеціальності \_\_\_\_\_ 133 «Галузеве машинобудування»  
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Інжиніринг харчових виробництв  
на тему Удосконалення машини барабанного типу для відмивання цукрових буряків продуктивністю 3000 т/добу

Виконав: здобувач II курсу, групи ОХ-2-3М  
Шевченко Владислав Олександрович  
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник Олішевський Валентин Вікторович  
(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)

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 – 2024 р.

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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  
Микола ЯКИМЧУК

« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

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

Шевченка Владислава Олександровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Удосконалення машини барабанного типу для відмивання цукрових буряків продуктивністю 3000 т/добу

керівник проекту (роботи) Олішевський Валентин Вікторович, доц., д.т.н.

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 01 » 10 2024 р. № 859 -кс

2. Строк подання здобувачем роботи 30.11.2024р.

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; Перелік умовних позначень, символів, одиниць, скорочень і термінів (за необхідністю); Вступ; Аналіз сучасного стану об'єкта дослідження, вибір і обґрунтування основного напрямку дослідження; Розробка нового технічного рішення об'єкту 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 джерел; Додатки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

Загальний вигляд обладнання – 1 аркуш; Деталі та вузли обладнання – 1 аркуш; Схема автоматизації – 1 аркуш; Технологічна карта збирання вузла – 1 аркуш, Наукова частина – 6 аркушів.

## 6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання: 01.10.2024 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	<i>Вступ</i>	10.10.2024 р.	
2	<i>Аналіз сучасного стану об'єкта дослідження, вибір і обґрунтування основного напрямку дослідження</i>	15.10.2024 р.	
3	<i>Розробка нового технічного рішення об'єкту дослідження</i>	25.10.2024 р.	
4	<i>Дослідна частина та узагальнення результатів</i>	10.11.2024 р.	
5	<i>Розрахункова частина</i>	15.11.2024 р.	
6	<i>Принципи автоматизованого управління об'єктом проектування</i>	15.11.2024 р.	
7	<i>Заходи з охорони праці та охорони довкілля</i>	20.11.2024 р.	
8	<i>Маркетингове обґрунтування проекту</i>	22.11.2024 р.	
9	<i>Висновки</i>	23.11.2024 р.	
10	<i>Список використаних джерел</i>	25.11.2024 р.	
11	<i>Додатки</i>	28.11.2024 р.	
12	<i>Графічна частина формату А1 – 10 шт.</i>	30.11.2024 р.	
13	<i>Подача кваліфікаційної роботи на кафедру</i>	30.11.2024 р.	

**Здобувач** \_\_\_\_\_

( підпис )

**Владислав ШЕВЧЕНКО**

(ім'я та прізвище)

**Керівник роботи** \_\_\_\_\_

( підпис )

**Валентин ОЛІШЕВСЬКИЙ**

(ім'я та прізвище)

## РЕФЕРАТ

Магістерська робота на тему «Удосконалення машини барабанного типу для відмивання цукрових буряків продуктивністю 3000 т/добу» виконана згідно виданому завданню та поставлених задач.

Дана магістерська робота присвячена модернізації барабанної мийки буряків з метою підвищення ефективності очищення коренеплодів від зв'язаного ґрунту із заглибень коренеплоду та скорочення тривалості процесу відмивання. Сутність модернізації полягає у розробленні системи ополіскування відмитих в барабанній мийці коренеплодів цукрового буряку, яка дозволяє видалення в них залишкових забруднень з використанням кінетичної енергії високонапірного струменя води соплоапарата похилого щілевого водовідділювача.

В даній магістерській роботі вирішена задача з модернізації барабанної мийки з розробкою системи доочистки коренеплодів цукрових буряків, які під дією направленою високонапірного струменя води провертаються декілька раз своєю поверхнею, в процесі чого кінетична енергія води вибиває зв'язаний ґрунт із заглиблень коренеплоду. Це забезпечує якісну очистку сировини та покращує технологічні параметри цукрового буряку для отримання високоякісної бурякової стружки та дифузійного соку, і як результат – знизити собівартість цукру.

В пояснювальній записці представлено: аналіз сучасного стану об'єкта дослідження; дослідна частина та узагальнення результатів; розрахункова частина; заходи з охорони праці та охорони довкілля; маркетингове обґрунтування проекту.

Магістерська робота містить пояснювальну записку, яка викладена на аркушах формату А4. Графічна частина представлена на листах формату А1.

**Метою дослідження є підвищення ефективності процесу очищення коренеплодів цукрових буряків від залишкових забруднень.**

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Олішевський В.В.	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> Шевченко В.О.	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Реферат</b>		230603КР.05.000 ПЗ		
	<i>Документ затверджено</i> Якимук М.В.		<i>Інд.</i> ---	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> 1/3

**Об'єктом дослідження** процес відмивання зв'язаного ґрунту із заглиблень коренеплоду буряка в барабанній бурякомийці.

**Предметом дослідження** удосконалена конструкція бурякомийки барабанного типу.

**Ключові слова:** мийка, цукровий буряк, барабанна мийка, соплоапарат

## REVIEW

The master's thesis on “Improvement of a drum-type machine for washing sugar beets with a capacity of 3000 tons per day” was completed in accordance with the assignment and tasks.

This master's thesis is devoted to the modernization of the beet drum washer in order to increase the efficiency of cleaning root crops from bound soil from root crop recesses and reduce the duration of the washing process. The essence of the modernization is to develop a system for rinsing sugar beet roots washed in a drum washer, which allows the removal of residual contaminants using the kinetic energy of a high-pressure water jet of the nozzle of an inclined slit water separator.

This master's thesis solves the problem of modernizing the drum washer by developing a system for post-cleaning sugar beet roots, which, under the influence of a directed high-pressure water jet, rotate several times on their surface, during which the kinetic energy of the water knocks out the bound soil from the recesses of the root crop. This ensures high-quality cleaning of raw materials and improves the technological parameters of sugar beet to produce high-quality beet chips and diffusion juice, and as a result, reduce the cost of sugar.

The explanatory note includes: analysis of the current state of the research object; research part and summary of results; calculation part; labour and environmental protection measures; marketing justification of the project.

The master's thesis contains an explanatory note, which is presented on A4 sheets. The graphic part is presented on A1 sheets.

**The purpose** of the study is to improve the efficiency of the process of cleaning sugar beet roots from residual contaminants.

**The object** of research is the process of washing the bound soil from the recesses of the beet root crop in a drum beet washer.

**The subject** of the study is an improved design of a drum-type beet washer.

**Keywords:** washer, sugar beet, drum washer, nozzle apparatus

## ВСТУП

Коренеплоди цукрових буряків, що подаються на переробку після механізованого способу їх збирання та повної механізації навантажувально-розвантажувальних робіт при транспортуванні і зберіганні містять в звичайних умовах загальну забрудненість 7...10 %, а при несприятливих погодних умовах їх збирання може зростати до 30...50 % до маси буряків. Підвищена забрудненість і велике подрібнення коренів ускладнюють і погіршують умови їх зберігання та переробку. Нажаль, існуючими ДСТУ на коренеплоди цукрових буряків при їх промисловій переробці не передбачено обмеження їх забрудненості при доставці на цукровий завод. Тому більшість цукрових заводів мають великі труднощі, обумовлені замулюванням гідротранспортерів, підвищеною забрудненістю коренеплодів після миття, передчасним зносом обладнання, значними втратами цукру в жому та іншими явищами що знижують техніко-економічні показники роботи заводу.

Існуючі схеми і обладнання трактів подачі та мийних відділень не завжди забезпечують безперервну і ритмічну подачу буряків на переробку, не забезпечують ефективну їх очистку від домішок і забруднень, мають місце втрати бурякомаси та цукру, а також додаткові витрати палива.

Для підвищення ефективності бурякоцукрового виробництва необхідно удосконалити схему трактів подачі та мийного відділення, використовувати нове високоефективне обладнання для очистки і мийки буряків, здійснювати пошук шляхів інтенсифікації процесів для якісної очистки сировини від домішок і забруднень.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Олівецький ВВ	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> Шевченко В.О	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Вступ</b>	230603КР.05.000 ПЗ				
	<i>Документ затверджено</i> Яцимук М.В.		<i>Інд</i> ---	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> 1/1	

## ЗМІСТ

Сторінки

ВСТУП.....	
1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ, ВИБІР І ОБҐРУНТУВАННЯ ОСНОВНОГО НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	
1.1. Огляд літературних джерел, аналіз прогресивних конструкційних рішень.....	
1.2. Обґрунтування актуальності дослідження, формулювання мети та завдання дослідження.....	
2. РОЗРОБКА НОВОГО ТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	
2.1. Розробка і опис нового технічного рішення, устрій та принцип його роботи.....	
3. ДОСЛІДНА ЧАСТИНА ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ...	
3.1. Об'єкт та предмет дослідження. Методика проведення досліджень та аналізу результатів .....	
3.2. Опис математичної моделі об'єкту досліджень.....	
3.3. Дослідження процесу мийки буряків.....	
3.4. Устрій та принцип роботи модернізованого об'єкту проектування.....	
4. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА.....	
4.1. Розрахунок продуктивності модернізованого обладнання.....	
4.2. Підбір конструкційних матеріалів.....	
4.3. Розрахунок потужності потоку води сопла модернізованого обладнання.....	
4.4. Технологія машинобудування.....	
4.5. Правила монтажу та технічного сервісу модернізованого обладнання.....	
5. ПРИНЦИПИ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТОМ ПРОЕКТУВАННЯ.....	
6. ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ.....	
7. МАРКЕТИНГОВЕ ОБґРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ.....	
ВИСНОВКИ.....	
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	
ДОДАТКИ.....	

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Олшеський ВВ	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i>  <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> Шевченко В.О.	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Зміст</b>	<b>230603.KP.05.000 ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> Яцичук МВ.		<i>Інд</i> ---	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> 1/1

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

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

У процесі очищення буряків від різноманітних домішок важливу роль відіграють бурякомийні машини. Вони призначені для відокремлення легких та важких домішок від коренеплодів. Кількість забруднень, які прилипають до буряків, визначається способом їхнього збирання. При зручному збиранні, кількість прилиплих забруднень зазвичай становить 1-3% від маси буряку. Гичка повністю видаляється разом із верхівкою головки коренеплоду.

У випадку механізованого прибирання буряків комбайнами, загальне забруднення коренеплодів може складати від 8% до 14%, а іноді навіть досягати 20%. Це пов'язано з особливостями технології та умовами збирання. Мікроорганізми, які знаходяться в ґрунті, залишаються на стінках буряків, що може створювати додаткові проблеми щодо якості та безпеки продукції.

Враховуючи вищезазначені аспекти, ретельна очистка коренеплодів від домішок стає надзвичайно важливою для забезпечення якісного та безпечного виробництва буряків.

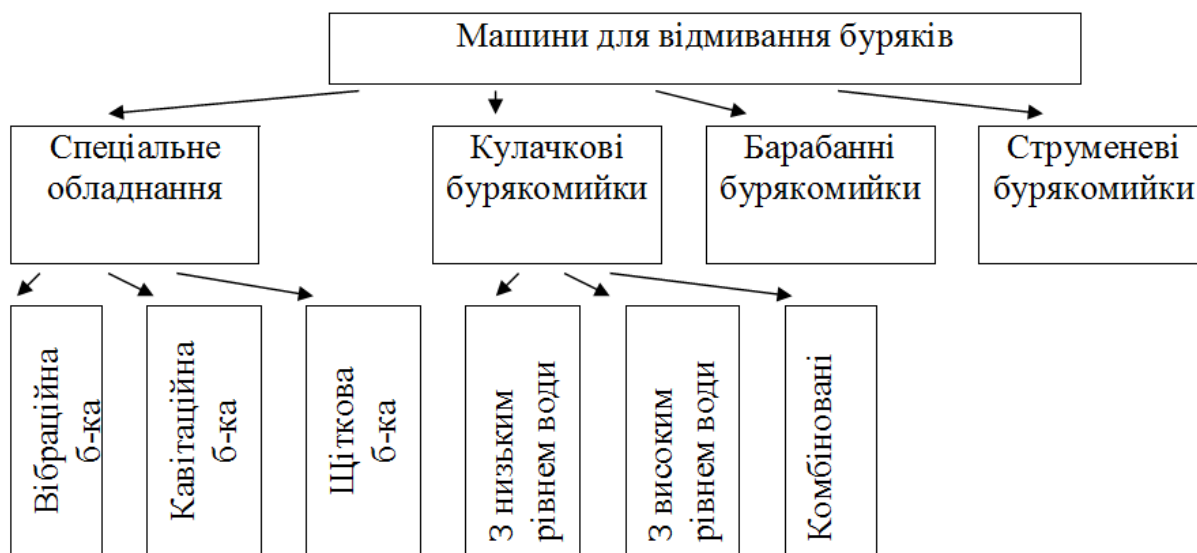
Відмивання буряків від прилиплого ґрунту виявляється ключовим завданням з двох основних причин. По-перше, це необхідно для запобігання притуплення буряків в бурякорізці. Видалення ґрунту з поверхні коренеплодів допомагає уникнути зносу та збереже їхню форму та якість під час подальшої обробки.

По-друге, відмивання має суттєвий вплив на якість дифузійного соку в буряках. Цей сік є важливим компонентом у виробництві цукру. Покращення процесу дифузії, яке відбувається при відсутності прилиплого ґрунту, сприяє вищій якості та виходу цукру під час подальшої обробки сировини.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> <i>Олішевський В.В.</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Разробник документа</i> <i>Шевченко В.О.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i>		230603.KP.05.001ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Якимчук М.В.</i>	<i>Аналіз сучасного стану об'єкта дослідження, вибір і обґрунтування напрямку дослідження</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i>

Отже, ефективне відмивання буряків від прилиплого ґрунту визначається не лише з точки зору технічного процесу, але й важливе для покращення якості та виходу цінного продукту - цукру.

Обладнання для відмивання буряків класифікується за чотирма групами:



Бурякомийки - це обладнання, яке використовується для очищення цукрових буряків від бруду, залишків ґрунту та інших домішок. Вони застосовуються в цукровій промисловості для підготовки буряків до подальшої переробки.

#### *Класифікація бурякомийок*

За принципом дії бурякомийки поділяються на три основні типи:

Кулачкові - буряки очищаються за рахунок ударів кулаків, які розташовані на обертовому барабані.

Струменеві - буряки очищаються за рахунок струменів води, які подаються під тиском.

Ротаційні (барабанні) - буряки очищаються за рахунок взаємодії з лопатями та щітками, які розташовані на обертовому барабані.

Кулачкові бурякомийки є найбільш поширеним типом бурякомийок у промисловості. Вони мають високу продуктивність і ефективність очищення.

Принцип роботи кулачкової бурякомийки полягає в наступному:

1. Буряки завантажуються в барабан через завантажувальний конус.
2. Барабан починає обертатися, і буряки рухаються вниз.
3. Кулачки, розташовані на барабані, ударяють по буряках, відриваючи бруд і залишки.
4. Очищені буряки вивантажуються з барабана через вивантажувальну частину.

Переваги кулачкових бурякомийок:

- Висока продуктивність
- Ефективність очищення
- Надійність

Недоліки кулачкових бурякомийок:

- Висока вартість
- Гучний шум під час роботи
- Струменеві бурякомийки

Струменеві бурякомийки є менш поширеним типом бурякомийок, ніж кулачкові. Вони мають меншу продуктивність, але більш ефективні в очищенні буряків від дрібних домішок.

Принцип роботи струменевої бурякомийки полягає в наступному:

1. Буряки завантажуються в барабан через завантажувальний конус.
2. Барабан починає обертатися, і буряки рухаються вниз.
3. Під тиском подається вода, яка потрапляє на буряки.
4. Дрібні домішки відриваються від буряків і змиваються водою.
5. Очищені буряки вивантажуються з барабана через вивантажувальну частину.

Переваги струменевих бурякомийок:

- Ефективне очищення від дрібних домішок
- Низька вартість

Недоліки струменевих бурякомийок:

- Менша продуктивність, ніж у кулачкових бурякомийок
- Необхідність використання великої кількості води

Ротаційні (барабанні) бурякомийки мають принцип роботи, схожий на кулачкові бурякомийки, але замість кулаків в них використовуються лопаті або щітки.

Принцип роботи ротаційної (барабанної) бурякомийки полягає в наступному:

1. Буряки завантажуються в барабан через завантажувальний конус.
2. Барабан починає обертатися, і буряки рухаються вниз.
3. Лопаті або щітки, розташовані на барабані, очищають буряки від бруду і залишків.
4. Очищені буряки вивантажуються з барабана через вивантажувальну частину.

Переваги ротаційних (барабанних) бурякомийок:

- Висока продуктивність
- Ефективність очищення
- Надійність

Недоліки ротаційних (барабанних) бурякомийок:

- Висока вартість
- Гучний шум під час роботи

У бурякомийках з низьким рівнем води буряки розташовані в скупченому стані. Однак через значну скупченість і відсутність спокійної поверхні води, ефективність відокремлення важких і легких домішок може бути меншою порівняно з мийками з високим рівнем води.

Бурякомийки другого типу з високим рівнем води характеризуються тим, що вода розташована на рівні верхніх кромek кулаків, а буряки можуть вільно розташовуватися в воді. Цей підхід дозволяє ефективніше відокремлювати важкі і легкі домішки, хоча такі бурякомийки можуть вимагати більше уваги до дотримання оптимальних умов роботи.

З течінням часу цукрова промисловість перейшла на використання різних конструкцій бурякомийок, спроектованих для ефективного відмивання буряків, зібраних ручним способом, та з низьким рівнем

забруднення. Початково ці машини були спроектовані для відділення присталої землі від буряків і характеризувалися низьким рівнем води, що забезпечувало ефективне тертя буряків.

З інтенсифікацією механізації підготовчих операцій збільшувалась забрудненість буряків. На той момент тракти подачі буряків на цукрових заводах не мали ефективного обладнання для їх очищення. Бурякомийки того часу не мали пристроїв для надійного відділення транспортуючої води, і це призводило до того, що разом з буряками в мийки потрапляла значна кількість домішок, які були важчі чи легші від води.

По мірі розвитку технологій та виробничих потреб було виявлено, що бурякомийки з високим рівнем води ефективніше для уловлювання сторонніх домішок та каміння, ніж ті, які були спроектовані для більш ретельного відмивання буряків від присталої землі. Таким чином, вибір конструкції бурякомийок змінювався з урахуванням підвищення вимог до якості та чистоти буряків у виробництві цукру.

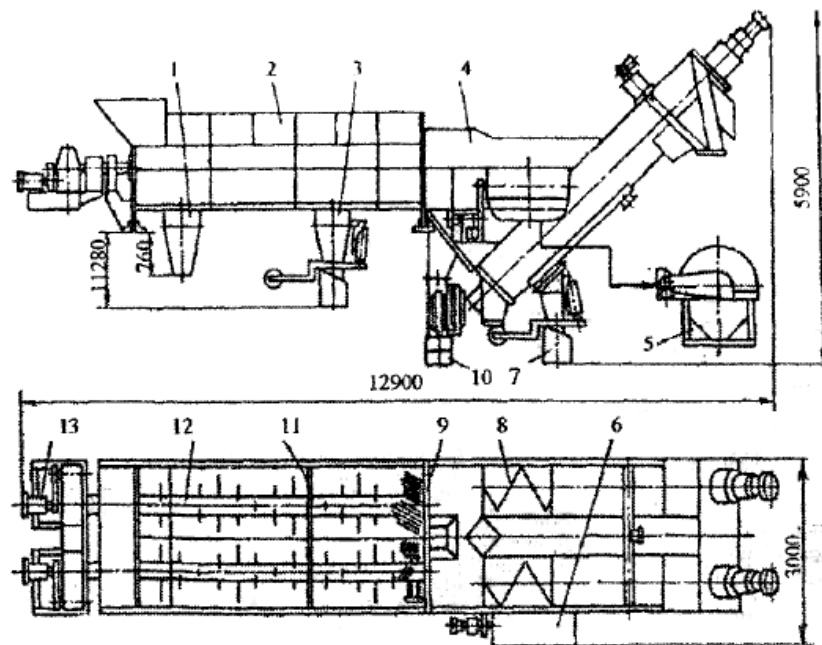


Рис.1.1. Бурякомийка коритного типу Ш1-ПМД.

1, 3, 7 – пісковловлювачі; 2 – відділення з низьким рівнем води; 4 – відділення з високим рівнем води; 5 – гичкоуловлювач; 6 – вловлювач; 8 – шнек; 9 – розділююча стінка; 10 – камневловлювач; 11 – перегородка; 12 – кулачковий вал; 13 – привод.

Принцип дії бурякомийки Ш1-ПМД в основному ідентичний принципу бурякомийки КМЗ-М. Проте, ця модель відрізняється деякими характеристиками. Основна відмінність полягає у наступному. У бурякомийці Ш1-ПМД відбувається протипотік мийної води і буряків.

Чиста вода подається в верхню частину вивантажуючих шнеків за допомогою двох соплових апаратів. Під час ополіскування буряків вода виходить в нижню частину відділення 4. Частина води направляєється у відділення з низьким рівнем води, де рухається протитоком до буряка і, через дренажний пристрій, видаляється з бурякомийки. Інша частина мийної води створює циркуляційний контур, включаючи гичкоуловлювач, насос і камнеуловлювач. Це сприяє ефективному відокремленню легких домішок.

Працюючи автоматично, піскові та камневі ловлювачі забезпечують надійне відділення піску та каміння від буряків у процесі очищення.

Для обробки буряка з таким рівнем забруднення рекомендували використовувати комбіновані комбайни, які склалися з двох відділень: з низьким рівнем води, що ідеально підходило для ефективного тертя буряків, та з високим рівнем води, спроектованого для ефективного видалення плаваючих домішок.

Проте, зазначені конструкції мийних машин вимагали значних витрат на обслуговування через велику кількість вузлів та деталей, які на той час не були обладнані автоматичним керуванням. Це призводило до необхідності ручної роботи для ефективної експлуатації та підтримки оптимального функціонування машин.

Бурякомийка СМК-15-60 складається з двох відділень - з низьким та високим рівнем води. У місці спряження мийних частин з низьким та високим рівнем води розташовано модифіковане відділення, верхня частина якого містить горизонтальний вал з кріпленими на ньому ковшами. Викидна частина поділена двома перегородками на три частини, а рух перекидаючих та викидних ковшів забезпечується від одного приводу.

В нижній частині обох відділень корпусу розташовано подвійне днище

- перфороване та суцільне. У днищах вбудовані чотири піскоуловлювачі і шість камнеуловлювачів. Автоматичне управління чищенням камнів та піску забезпечується. Для видалення легких домішок з поверхні води в бурякомийці встановлена труба із форсунками.

Бурякомийка СМК-57 є високоефективною комбінованою моделлю, оснащеною трьома відділеннями для оптимального очищення буряків. Перше відділення забезпечує низький рівень води, друге використовує високий рівень, а третє служить для завершального ополіскування буряків чистою водою.

Це рішення виявляється особливо ефективним при обробці буряків із значним рівнем забруднення. Важливо відзначити, що хоча дана бурякомийка має металевий корпус, є громіздкою та займає велику площу, вона продемонструвала високу продуктивність та ефективність в процесі очищення сировини.

Після отриманих рекомендацій від лабораторії механічної обробки ВНИИСПа ця бурякомийка була полегшена і тепер має лише два відділення. Перше відділення забезпечує низький рівень води, а друге - високий рівень. У відділенні з високим рівнем води встановлено ботволушку конструкції Демченко.

Піддавши змінам перекидаючі черпаки в обох відділеннях, вони тепер виконані з прутків. Кількість камнеуловлювачів в обох відділеннях була зменшена, але площа сит збільшена, що полегшило обслуговування піскоуловлювачів.

Бурякомийка типу СМК-3М є комбінованою моделлю з більш простою конструкцією у порівнянні з іншими комбінованими бурякомийками, такими як СМК-58 системи Гіпроцукру. Однак вона володіє вдосконаленим вузлом для видалення домішок, що покращує ефективність процесу очищення буряків.

Ця модель, ймовірно, є економічно зручнішою і більш простою у використанні, забезпечуючи високу продуктивність при менших витратах на

обслуговування та експлуатацію. Вдосконалений вузол для видалення домішок робить цю бурякомийку ефективним і надійним обладнанням для промислового очищення буряків.

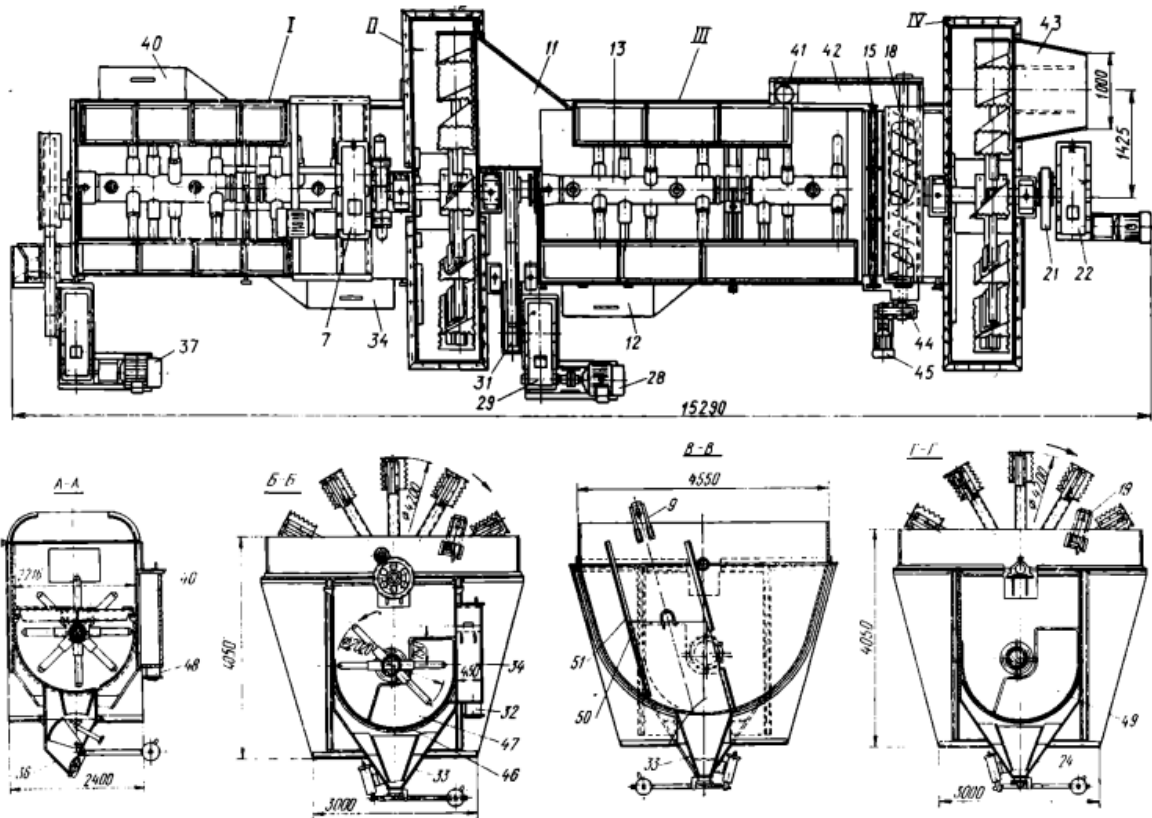


Рис.1.2. Бурякомийка SMK-3M комбінована

На цукрових заводах, споруджених іноземними фахівцями, в основному встановлювались бурякомийки з низьким рівнем води. Зокрема, мийка фірми "Зангерхаузен" була впроваджена на численних цукрових заводах. Було декілька спроб реконструкції цієї мийки, зокрема, спроби збільшення глибини корита та перетворення її на мийку з високим рівнем води.

Бурякомийки від німецької фірми "Букау-Вольф" також характеризуються низьким рівнем води. У кориті цих мийок є чотири відділення, обладнані трьома камінеуловлювачами та семи піскоуловлювачами. Керування клапанами піскоуловлювача здійснюється за допомогою електроприладів, а шибери камінеуловлювачів регулюються гідравлічними циліндрами.

Бурякомийка від англійської фірми "Віккерс-Буккерс" з низьким рівнем води поділена на чотири відділення, де два обладнані камінеуловлювачами, а інші два – лише піскоуловлювачами. На валу мийки розміщено дев'ять мийних лопатей та перекидаючі хрестовини. У цій моделі існують захисні щитки над коритом, що повністю запобігають розпиленню води. Розподільний пристрій для подачі води в бурякомийку досить ефективний, і осьові циліндричні насоси сприяють покращенню очищення буряка від домішок.

Бурякомийка фірми ВМА з Німеччини також використовує напівсухий метод відмивання коренеплодів і має низький рівень води. У цій моделі відсутнє спеціальне відділення для виловлювання домішок. Мийне корито складається з трьох відділень, включаючи викидну та верхню з'ємну частину. Хоча конструкція бурякомийки складна, вона оснащена дистанційним керуванням, що полегшує процес обслуговування. Піскоуловлювачі відкриваються за допомогою електровиконавчих механізмів, а камінеуловлювачі – за допомогою пневмоциліндрів.

Одним із спільних недоліків всіх розглянутих бурякомийок з низьким рівнем води є те, що вони не здатні ефективно уловлювати всі легкі домішки, які виділяються при мийці буряка та можуть випадково потрапити в бурякорізку. Це обмеження робить ці моделі несприятливими для обробки буряка, зібраного комбайнами. Однак, враховуючи технічні параметри, конструкцію вузлів та принципи роботи окремих механізмів, можна використовувати ці елементи при проектуванні нових бурякомийок або модернізації існуючих для підвищення їхньої ефективності та здатності обробляти буряк, зібраний комбайнами.

Барабанна бурякомийка ПМБ-6 - це високопродуктивна бурякомийка, яка здатна обробляти до 6000 тонн буряків на добу. Вона має наступну конструкцію:

– корпус - це основна частина бурякомийки, в якій розташовані барабан, привод, завантажувальні конуси та інші елементи.

– барабан - це основний робочий орган бурякомийки, в якому відбувається очищення буряків. Він має циліндричну форму і складається з двох частин: правого приводного барабана і лівого вивантажувального барабана.

– привід - це механізм, який приводить у рух барабан. Він складається з електродвигуна постійного струму, редуктора та ланцюгової передачі.

– завантажувальні конуси - це пристрої, які використовуються для завантаження буряків у барабан.

– вивантаження конуси - це пристрої, через які буряки вивантажуються з барабана.

– перфоровані витки - це елементи, які розташовані по спіралі всередині барабана. Вони призначені для перемішування буряків і відокремлення від них дрібних домішок.

– виступи - це елементи, які розташовані на перфорованих витках. Вони призначені для додаткового очищення буряків від бруду та залишків.

– клиноподібні виступи - це елементи, які розташовані між перфорованими витками. Вони призначені для руйнування грудок бруду і залишків, які прилипають до буряків.

– Труба з отворами - це елемент, який розташований в центрі барабана. Він призначений для відведення води, яка використовується для очищення буряків.

Переваги бурякомийки ПМБ-6 такі:

– Висока продуктивність - бурякомийка здатна обробляти до 6000 тонн буряків на добу.

– Ефективне очищення - бурякомийка забезпечує ефективне очищення буряків від бруду та залишків.

– Надійність - бурякомийка має просту конструкцію та зручну експлуатацію.

Недоліки бурякомийки ПМБ-6 такі:

230603.KP.05.001.ПЗ

Інд. змін.

Дата видання

Мова  
UA

Архив

- Висока вартість
- Гучний шум під час роботи

Особливості конструкції барабана бурякомийки ПМБ-6 такі:

Використання приводних коліс замість кулаків дозволяє забезпечити більш плавне і рівномірне обертання барабана. Це сприяє підвищенню якості очищення буряків. Розміщення перфорованих витків по спіралі забезпечує ефективне перемішування буряків і відокремлення від них дрібних домішок. Використання горбів на перфорованих витках дозволяє додатково очистити буряки від бруду та залишків. Використання клиноподібних уступів дозволяє зруйнувати грудки бруду і залишків, які прилипають до буряків. Розміщення труби з отворами в центрі барабана дозволяє забезпечити ефективне відведення води, яка використовується для очищення буряків.

Особливості конструкції і роботи барабанної бурякомийки ПМБ-6

Барабанна бурякомийка ПМБ-6 має ряд особливостей конструкції і роботи, які забезпечують її високу продуктивність і ефективність очищення буряків.

Основні особливості роботи:

Рух буряків вгору по внутрішній поверхні барабана. Це дозволяє поліпшити якість очищення буряків, оскільки вони більш активно перетираються між собою та контактуючою поверхнею пристрою. Інтенсивне відмивання буряків великою кількістю води. Це забезпечує ефективне очищення буряків від бруду та залишків. Протиток буряка та води в барабані. Це забезпечує більш ефективне відокремлення домішок від буряків.

В цілому, барабанна бурякомийка ПМБ-6 є ефективним обладнанням для очищення цукрових буряків від бруду та залишків. Вона має високу продуктивність і забезпечує якісне очищення буряків.

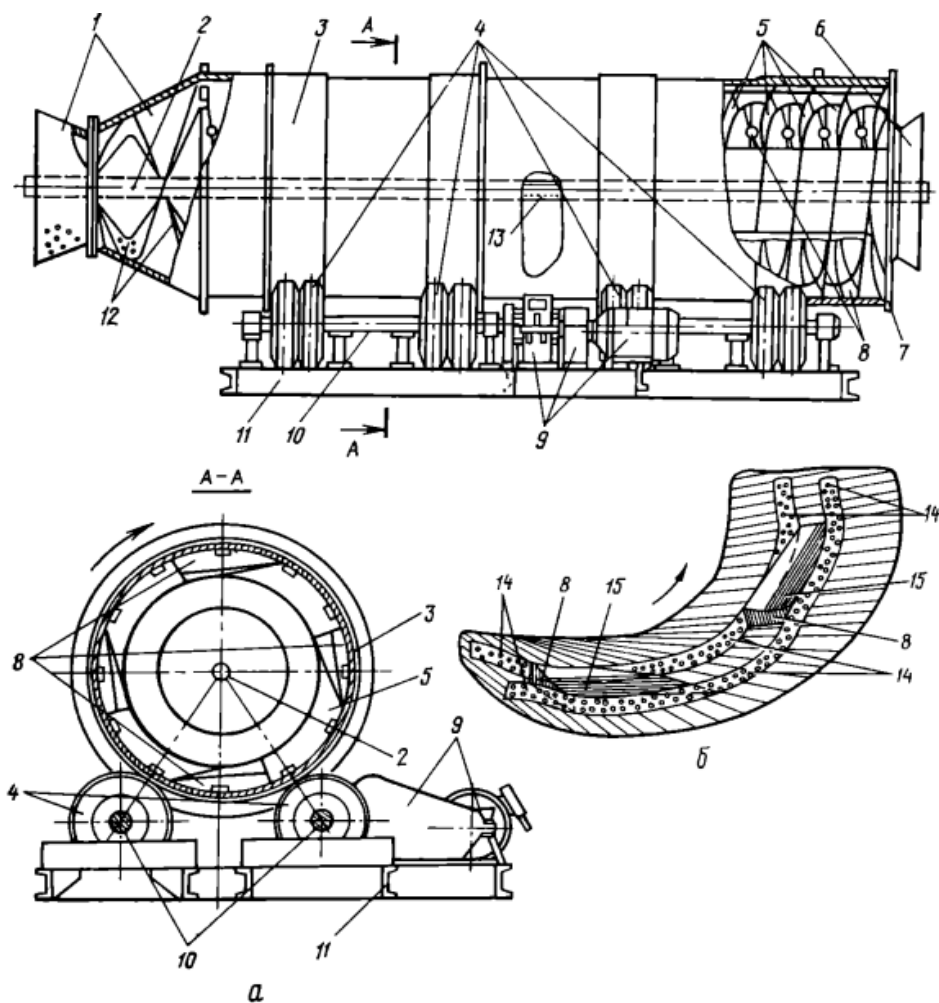


Рис.1.3. Барабанна бурякомийка ПМБ-6;  
а-загальний вигляд; б-внутрішня поверхня барабана

Вибір барабанної бурякомийки як об'єкта для дипломного проекту є правильним. Барабанні бурякомийки є найбільш поширеним типом бурякомийок в цукровій промисловості. Вони мають високу продуктивність і ефективність очищення буряків.

Встановлення радіальних плоских лопатей, нахилених під кутом до твірних конічної поверхні, дозволить поліпшити якість очищення буряків від бруду та залишків. Це пов'язано з тим, що лопаті будуть створювати більш інтенсивне перемішування буряків, що сприятиме відриву бруду та залишків від буряків.

Встановлення радіально у вальницях пружними нитями циліндричних

щітків вільного обертання, які кінцями пружних нитей торкаються кромки плоских похилих лопатей та частково виступають за ці кромки, дозволить додатково очистити буряки від бруду та залишків. Це пов'язано з тим, що щітки будуть створювати додаткове тертя між буряками та поверхнею барабана, що сприятиме відриву бруду та залишків від буряків.

Таким чином, модернізація барабанної бурякомийки, описана у дипломному проекті, дозволить поліпшити якість очищення буряків від бруду та залишків, що призведе до підвищення ефективності виробництва цукру.

Ось деякі додаткові переваги, які може забезпечити модернізація барабанної бурякомийки:

- Зменшення споживання води.
- Зменшення забруднення навколишнього середовища.
- Збільшення терміну служби обладнання.

Загалом, модернізація барабанної бурякомийки є перспективним напрямком підвищення ефективності виробництва цукру.

#### *Струменеві бурякомийки*

Струменеві бурякомийки є перспективним напрямком розвитку обладнання для очищення цукрових буряків. Вони мають ряд переваг перед іншими типами бурякомийок, зокрема:

- Висока ефективність очищення. Струменеві бурякомийки забезпечують ефективне очищення буряків від бруду та залишків, навіть якщо вони мають невеликий розмір.
- Низьке споживання води. Струменеві бурякомийки споживають менше води, ніж інші типи бурякомийок. Це пов'язано з тим, що вода використовується лише для очищення буряків, а не для їх перемішування.
- Низьке забруднення навколишнього середовища. Струменеві бурякомийки не створюють сильного забруднення навколишнього середовища, оскільки вода, яка використовується для очищення буряків, не забруднюється брудом і залишками.

Бурякомийка ПСМ-3 – це вітчизняна струменева машина, розроблена для очищення буряків від різних домішок та забруднень. Давайте розглянемо основні етапи роботи цієї бурякомийки:

Дискові водовідділювачі:

Прихід буряка: Грубі домішки, такі як каміння чи пісок, можуть бути відсіяні на першому дисковому водовідділювачі. Брудний буряк, який прибуває з гідротранспортера, подається на перший водовідділювач.

Перше відділення: Транспортна вода відокремлюється, і буряк відмивається плоскими струменями освітленої води.

Домішковідділювальна ванна:

Відокремлення домішок: Буряк потрапляє в домішковідділювальну ванну, де застосовані пристрої для уловлювання легких домішок, таких як бадилля або солома, які спливають на поверхню води, а також важких домішок, які осідають на дно ванни (камені, пісок тощо).

Похилий шнек: Очищений буряк подається похилим шнеком на другий дисковий водовідділювач.

Другий водовідділювач:

Ополіскування і обдування: Буряк ополіскується струменями чистої води та обдувається повітрям за допомогою вентилятора, встановленого на водовідділювачі.

Переваги:

Відмивання та уловлення домішок: Струменеві бурякомийки, такі як ПСМ-3, відрізняються хорошим відмиванням буряка та ефективними вузлами для уловлювання сторонніх домішок.

Мінімізація втрат бурякомаси: Робота струменевих бурякомийок зменшує втрати бурякомаси, що можуть відбуватися в мийках кулачкового типу внаслідок перетирання коренів.

Ефективність і швидкість: Струменеві бурякомийки можуть досягати ефективності відмивання до 90%, знижувати втрати цукру до 0,01% від маси буряка, і процес може тривати 40-50 с.

Така бурякомийка дозволяє високоефективно очищати буряки від домішок, забезпечуючи високий рівень якості продукції.

*Сучасні технологічні схеми мийного відділення з використанням  
фінішної роликової мийки*

Перед переробкою цукровий буряк необхідно очистити від легких і важких домішок. Якщо очищення проведено недостатньо якісно, то значні кількості залишкових забруднень потрапляють на цукровий завод, викликаючи підсилене зношення ножів бурякорізок, устаткування в бурякопереробного відділенні та спричиняють проблеми на фільтрації соків.

В даний час спеціалізовані наукові організації та інжинірингові компанії при розробці теоретичних основ і набору обладнання для видалення легких і важких домішок і відмивання буряка в мийному комплексі, на підставі аналізу складу купи буряка, що надходить з полів, розглядають забезпечення якісного відмивання коркорнеплодов в декілька ступенів:

- відділення легких незв'язаних домішок. Виконується за рахунок спливання (флотації) легких домішок в водно-буряковому потоці з їх подальшим винесенням і відділенням від води при її фільтруванні;

- механічна мийка. Здійснюється самоочищення буряка за рахунок тертя і обертання коренеплодів. Повне видалення забруднень обмежено борозенками, в яких може перебувати прилипла земля, а також бадиллям, що залишилася на голівці після ботвовідділювача;

- струминна мийка. Видалення забруднень з борозенок буряка і з поверхні коренеплодів струменями високого тиску і ополіскування їх чистою водою.

*Мийка ТМА-МР-10* ООО «Фірма ТМА» є завершальним обладнанням сучасного бурякомийне комплексу, головне призначення якої - очищення борозенок на коренеплодах і остаточне видалення всіх залишилися частинок бруду, піску і органічних домішок. Складається з рами з закритим корпусом, всередині корпусу - вали квадратного перетину з гумовими профільними дисками, вали закріплені в двох підшипникових вузлах. Кожен вал

приводиться в обертання індивідуальним приводом. У верхній частині корпусу встановлені колектори з форсунками високого тиску.



Рис. 1.4. Фінішна форсунково-роликів мийка ТМА-МР-10

Транспортують ролики забезпечують безперервне обертання буряка при поздовжньому її русі вздовж мийки, спільно зі струменями води високого тиску це забезпечує максимальний ефект відмивання. Для перших рядів форсунок можна використовувати доосвітлену транспортерно-мийну воду, для останніх - охолоджені конденсати, а при їх відсутності - знезаражену свіжу воду.

Остання зона мийки забезпечує повне зневоднення буряка перед бункером над бурякорізками.

Конструктивні особливості. Кожен вал мийки фінішної оснащений датчиками обертання. Приводами валів служать мотор-редуктори NORD, потужністю 3 кВт кожен, залиті нормативною кількістю синтетичного масла. Всі підшипникові вузли розбірні, європейського виробництва (SKF, SNR, FAG).

*Форсунково-роликів мийка «НТ-Пром».* Виробником рекомендується встановлювати мийку як заключну стадію відмивання, для того щоб розділити буряководяну суміш та додатково промити буряки. Під мийкою

установлюється водозбірна воронка, куди потрапляє пісок, гравій, частинки бою та відділена транспортерно-мийна вода (рис. 1.5.).

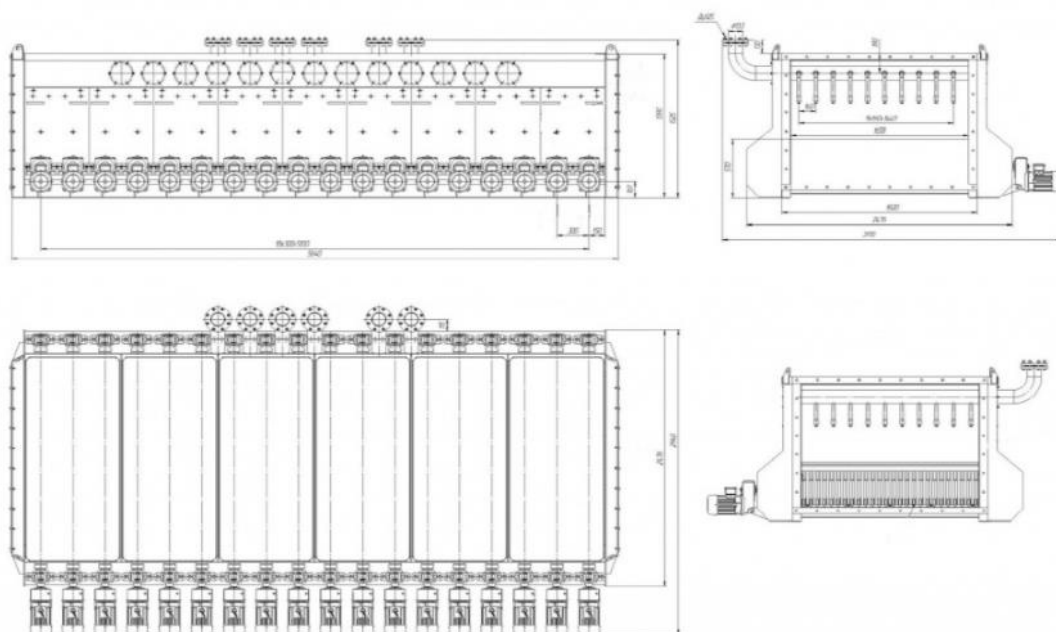


Рис. 1.5. Бурякомийка «НТ-Пром»

Для ефективного відмивання буряків встановлено зрошувальний пристрій з форсунками високого тиску. Транспортування буряків відбувається за допомогою валів з гумовими фігурними дисками, що обертаються в одному напрямку. Вони кріпляться на опорній рамі за корпусом. Кожен вал приводиться в рух окремим мотор-редуктором.

Стяжна гайка мийних роликів знаходиться зовні, що збільшує ресурс, оскільки не піддається прямій корозії.

*Форсунково-роликова бурякомийка DWR-Putsch.* Мийка змонтована на стабільній основній рамці (рис.1.6).

В області розвантажувальної воронки немає ніяких розпірок, на яких могли б утворюватися грязьові скупчення. Бічні ущільнення здійснюються за допомогою спеціальних прокладочних кілець зі подвійними кромками. Бічні стінки виконані як двостінні. Сегментна конструкція мийки дозволяє демонтувати вали без демонтажу всієї верхньої частини. З внутрішньої сторони стінки повністю покриті гумою, яка захищає їх від зношування і виконує звукоізолюючу функцію.

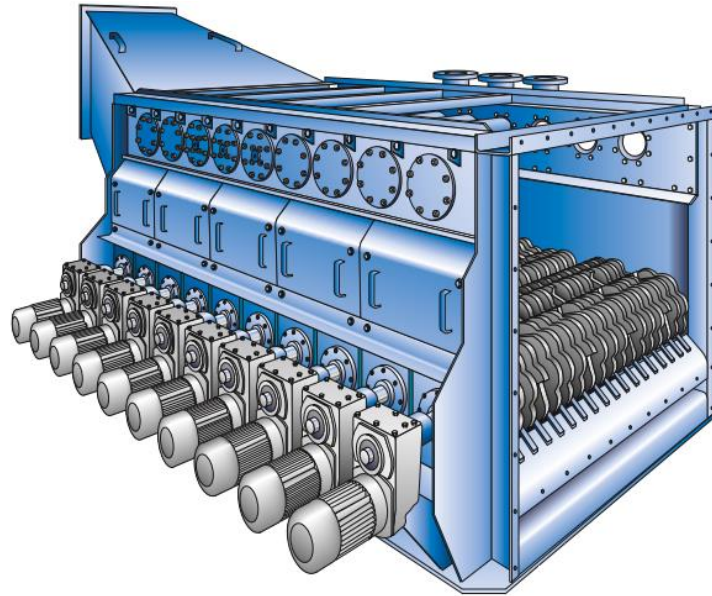


Рис. 1.6. Форсунково-роликів бурякомийка DWR-Putsch

*Форсунково-роликів бурякомийка Glaß & Wolff.* Мийка виконується з міцною несучою рамою. Ширина і кількість валів – змінні. Конструкція мойки Glaß & Wolff суттєво відрізняється від мийки з валами. Гайки валів і комплекти ущільнень перенесені назовні.

Розрізні спеціальні ущільнення швидко і легко замінюються без зняття валів. При цьому в зрошувальній мийці також можливо виконувати підтяжку гайки валу не знімаючи самих валів. Різби на валах захищені спеціальною оболонкою від бруду.



Рис. 1.7. Форсунково-роликів Glaß & Wolff

Фігурні диски відлиті зі спеціальної зносостійкої гуми. Завдяки зірчатій геометрії буряк розподіляється по всій ширині мийки в один шар.

В зрошувальному пристрої встановлені спеціальні вузли форсунок, число яких може бути змінним. Ці вузли мають гнучкі шланги високого тиску, на кінцях яких встановлено керамічні форсунки.

## **1.2. Обґрунтування актуальності дослідження, формулювання мети та завдання дослідження**

Незадовільна робота мийного відділення цукрового заводу істотно знижує загальну продуктивність виробництва цукру. Подача в дифузійне відділення бурякової стружки, одержаної із забруднених буряків з вмістом бруду 1,0 % зменшує вихід товарного цукру на 0,132 % до маси перероблених буряків. Вміст зеленої маси в коренеплодах, що подаються на бурякорізки в кількості 3,0 % до маси буряків знижує чистоту сиропу після випарної станції на 1,64 % а вихід товарного цукру зменшується на 0,326 % до маси перероблених буряків.

Витрати бурякорізних ножів на одержання бурякової стружки з чистого буряку складає 1,2 ножі на 100 т коренеплодів, а фактичні витрати ножів на переробку коренеплодів становить більше 2 ножів на 100 т, що більше від рекомендованого в 1,7 рази. Незадовільна класифікація відходів мийного відділення призводить до витрат 3...6 % бурякомаси, яка може бути використана для одержання товарного цукру.

Як показують результати досліджень кінцеве забруднення коренеплодів які подаються на різку не повинно перевищувати 0,02...0,12 % до маси перероблених буряків.

Перспективним засобом інтенсифікації масоперенесення при очищенні потоків буряків є його переведення у режими перехідних процесів з перерозподілом енергетичних потоків для руйнування адгезійної та когезійної складових утримання забруднень. Одним з шляхів такої інтенсифікації є генерація точкових пульсаційних механічних впливів на

масиви зв'язаного ґрунту. До таких впливів можна віднести дію фігурних елементів змінного зовнішнього діаметру, що набрані від більшого до меншого, і в зібраному вигляді являють собою тіло умовно конічної форми. Іншим способом підвищення ефективності очищення поверхні буряків від забруднень і видалення бруду з бічних бороздок є дія струменів чистої води під тиском 0,1...0,15 МПа на поверхню буряків.

Дослідженнями доведено, що встановлення струминних форсунок, через які під високим тиском подається вода, лише частково вирішує цю проблему. Для досягнення повного відмивання забруднень, які знаходяться в бічних борознах коренеплодів слід використовувати щіткові диски.

Крім того, при використанні щіткових валів значно збільшується живий переріз зазорів між ними, що суттєво прискорює процес вивільнення буряків від води та дає можливість збільшити тривалість обробки поверхні коренеплодів струменями води з сопло апаратів.

Легкі домішки з потоку води, що направляється на призаводські відстійники, затримуються на сітчастій стрічці фільтра води і надалі потрапляють на класифікатор бою буряка, де розділяються на великі і дрібні. Великі фракції бою буряка розміром більше 10 мм повертаються в технологічний потік, а дрібна фракція ( $\leq 10$  мм) видаляється з заводу спільно з жомом буряка і направляється на корм тваринам.

Згідно з технологічною схемою (рис.1.8), забруднені коренеплоди разом з транспортерно-мийною водою після проходження тракту очищення, розташованого на естакаді, попередньо очищаються від важких домішок в барабанних каменевловлювачах і плаваючих домішок - в соломогичковловлювачах.

Потім на дисковому водовідділювачі 1, встановленому на естакаді, буряководяна суміш розділяється на два потоки: буряк надходить в ополіскувач 2 для попереднього відмочування і первинної мийки буряка від прилиплоного ґрунту, який являється накопичувачем при зупинці бурякомийного відділення, і далі потрапляє в кулачну бурякомийку 3 для

механічного миття перетиранням в скупченому стані, а вода подається в збірник транспортерно-мийної води перед фільтром транспортерно-мийної води 9.

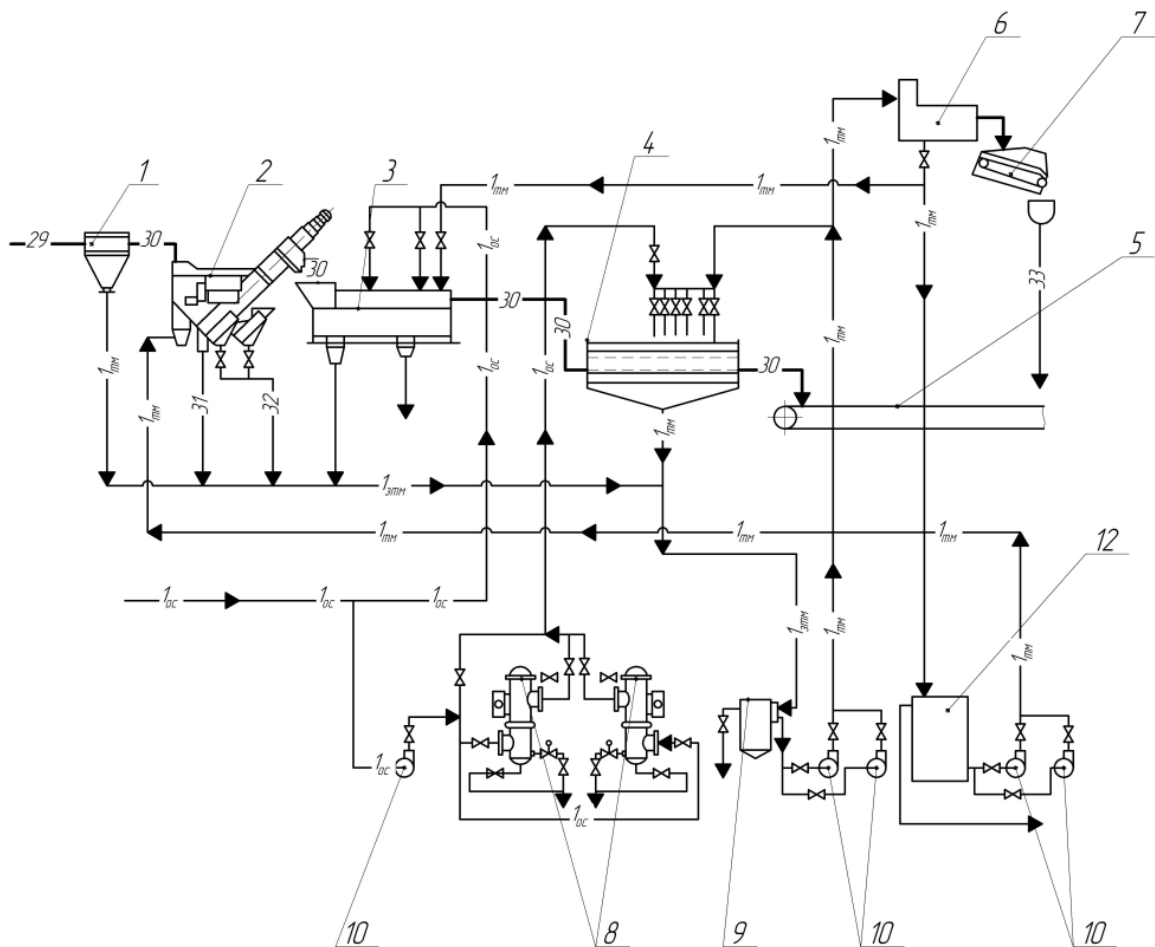


Рис.1.8. Технологічна схема мийного відділення:

1 – водовіддільник; 2 – ополіскувач; 3 – кулачкова мийка; 4 – роликів мийка; 5 – конвейер; 6 – фільтр; 7 – класифікатор; 8 – фільтр; 9 – збірник; 10 – насоси

В цей же збірник подається вода з кулачної бурякомийки, та ополіскувача. Далі буряк надходить на остаточне струминне відмивання, що здійснюється у фінішній роликів мийці 4 під дією високого тиску води, яка подається через форсунки.

Мийка буряка здійснюється освітленою водою, яка подається насосом 10 через фільтри 8 на форсунки освітленої води. Через два останні ряди форсунок відбувається ополіскування буряків, а також може здійснюватися

подача антисептика. Після роликової мийки відокремлена транспортерно-мийна вода акож надходить до збірника 9. Чистий буряк стрічковим конвеєром 5) подається на конвейер, якими піднімається на позначку +23 м і далі подається в бункер буряка перед бурякорізками.

Транспортерно-мийна вода насосами подається на фільтр води 6. Уловлені на сітчастої стрічці фільтра води домішки потрапляють на класифікатор домішок 7, де розділяються на великі і дрібні фракції, а відфільтрована вода надходить до збірки транспортерно-мийної води після фільтра. Великі шматки буряків збираються гвинтовим конвеєром і повертаються в технологічний потік, а дрібні – видаляються з заводу разом з жомом буряка і можуть використовуватися для корму тварин.

Транспортерно-мийна вода після фільтра зі збірки насосами подається в ополіскувач 2 і на відстійники транспортерно-мийної води.

Підвищена забрудненість і велике подрібнення коренів ускладнюють і погіршують умови їх зберігання та переробку. Нажаль, існуючими ДСТУ на коренеплоди цукрових буряків при їх промисловій переробці не передбачено обмеження їх забрудненості при доставці на цукровий завод. Тому більшість цукрових заводів мають великі труднощі, обумовлені замулюванням гідротранспортерів, підвищеною забрудненістю коренеплодів після миття, передчасним зносом обладнання, значними втратами цукру в жомі та іншими явищами, що знижують техніко-економічні показники роботи заводу.

Існуючі схеми і обладнання трактів подачі та мийних відділень не завжди забезпечують безперервну і ритмічну подачу буряків на переробку, не забезпечують ефективну їх очистку від домішок і забруднень, мають місце втрати бурякомаси та цукру, а також додаткові витрати палива.

Тому, для підвищення ефективності бурякоцукрового виробництва необхідно удосконалити схему трактів подачі та мийного відділення, використовувати нове вискооефективне обладнання для очистки і мийки

буряків, здійснювати пошук шляхів інтенсифікації процесів для якісної очистки сировини від домішок і забруднень.

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

Недоліками відомих конструкцій бурякомийок є обмежена ефективність відокремлення зв'язаних забруднень з бічних борозен та інших глибоких поглиблень коренеплодів. Це пояснюється тим, що такі заглиблені поверхні не утворюють фізичний контакт між собою. Одним з недоліків може бути неповна чи неефективна очистка коренеплодів від домішок через відсутність взаємодії між борознами та забрудненнями.

Для покращення цієї ситуації рекомендується розглядати нові конструкції, які забезпечують більший контакт між поверхнями борозен і забруднень. Це може сприяти ефективнішому відокремленню забруднень та поліпшенню якості очищення коренеплодів. Технологічні інновації, такі як удосконалені елементи чи механізми у бурякомийках, чи мийних комплексах можуть сприяти підвищенню продуктивності та зменшенню впливу недоліків на якість обробки буряків.

Основною метою модернізації є покращення функціональності барабанної бурякомийки, що визначається необхідністю оптимізації механічного впливу на поверхневі забруднення, пов'язані з коренеплодами. Зокрема, акцент робиться на ефективному впливі на забруднення у бічних борознах та інших глибинах коренеплодів.

У процесі вдосконалення бурякомийки використовується нова конструкція, що дозволяє інтенсифікувати механічний вплив. Для досягнення цієї мети створено систему додакового ополіскування високонапірного струменя води, яка включає встановлення соплоапаратів над робочою щілевою поверхнею додаткового лоткового водовідділювача під кутом 90° і 70° до неї.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> <i>Олішевський В.В.</i>	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Разробник документа</i> <i>Шевченко В.О.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i>		<b>230603.KP.05.002.ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Якимчук М.В.</i>	<i>Разробка нового технічного рішення об'єкту дослідження</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i>

Такий підхід дозволяє ефективному відділенню сторонніх домішок від потоку буряків, а саме видалити зв'язаний ґрунт із заглибин коренеплодів. Це сприяє ефективному видаленню забруднень та покращенню якості очищення коренеплодів під час обробки. Така модернізована конструкція має потенціал значно поліпшити продуктивність бурякомийки і підняти стандарти її роботи.

Запропоновані ознаки взаємодії компонентів мають визначений причинно-наслідковий зв'язок з очікуваним технічним результатом. Процес вивантаження буряків виводиться на новий рівень, де плоскі лопаті вивантажувальної частини активно впливають на рух коренеплодів під час їх перевалювання під час обертання барабана. Це сприяє їхньому підштовхуванню до вивантажувального отвору.

На рис.3.8 представлена система видалення зв'язаного ґрунту із заглибин коренеплодів цукрового буряку.

Буряководяна суміш з вивантажельного лотка барабанної мийки надходить на похилий щілевий вододомішковідділювач 2, на робочій поверхні якого відбирається транспортерна вода з домішками і направляється на обладнання розділення та класифікації. Відділенні від транспортерної води коренеплоди буряків переміщуються за рахунок похилої робочої щілевої поверхні. Над робочою щілевою поверхнею водовідділювача на відстанні 1.5 м від краю встановлено соплоапарат 3, що формує плаский високонапірний струмінь води під кутом 90° до робочої поверхні, чим сприяє ефективному відділенню сторонніх домішок від потоку буряків, а через 1,5 м від першого сопла під кутом 70° проти переміщення потоку буряків високонапірний струмінь води, сформований другим соплоапаратом 1. Соплоапарати встановлені на колекторі 4, і за допомогою манометра 5 контролюється і регулюється робочий тиск води. Коренеплоди буряків при входженні тангенціально під дією високонапірного струменя води повертаються під дією високонапірного струменя води повертаються декілька разів своєю поверхнею, в процесі чого кінетична енергія води

вибиває зв'язаний ґрунт із заглибин коренеплодів.

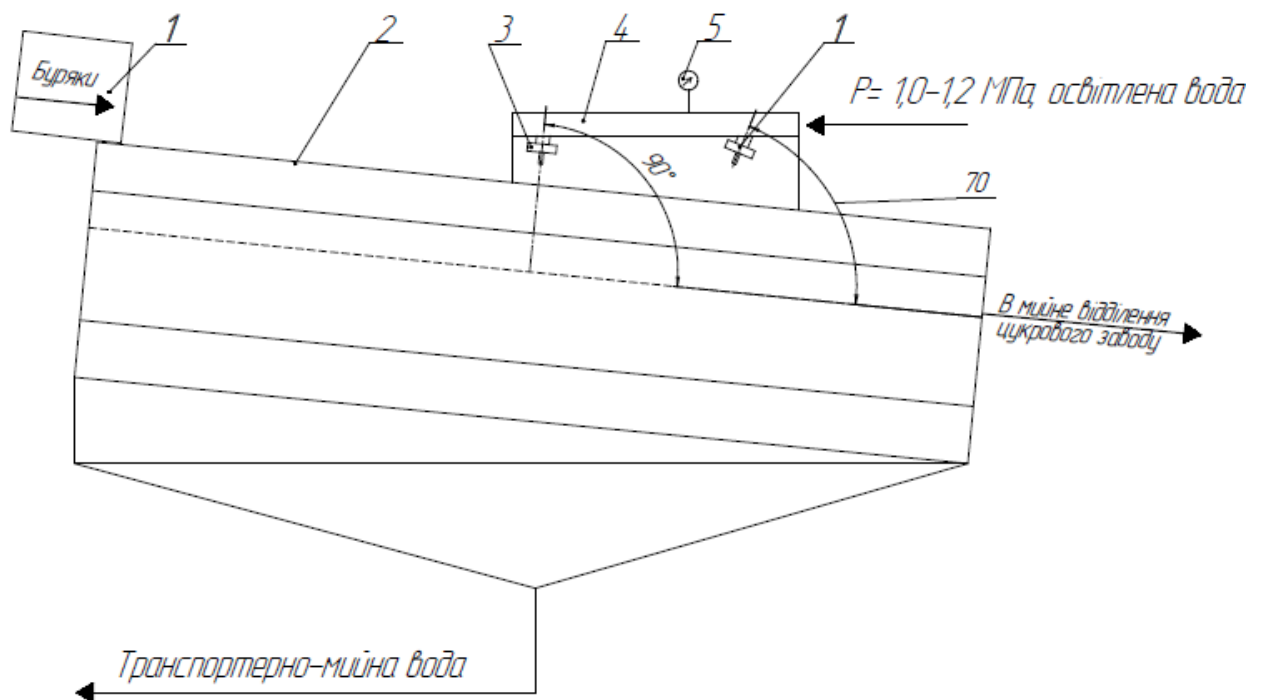


Рис.2.1. Система видалення зв'язаного ґрунту із заглибин коренеплодів цукрового буряку:

1 - буряки після барабанної мийки; 2 - похилий щілевий вододомішковідділювач; 3 - соплоапарат; 4 - колектор; 5 - манометр

Запропоноване технічне рішення обіцяє значне підвищення ефективності очищення коренеплодів від залишкових забруднень, пов'язаних з ґрунтом. В той же час, передбачається скорочення тривалості процесу відмивання буряків, що в свою чергу призведе до зменшення втрат цукру під час виробництва.

Це технічне рішення виявиться особливо цінним у виробництві цукрових буряків, оскільки його ефективність у видаленні залишкових ґрунтових забруднень дозволить зберігати більше цукру в самому коренеплоді. Одночасно скорочений час відмивання сприятиме економії часу і ресурсів у виробництві.

Загалом, це рішення має потенціал значно покращити якість та ефективність переробки цукрових буряків, що, в свою чергу, може позитивно позначитися на економічних показниках підприємства.

### 3. ДОСЛІДНА ЧАСТИНА ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

#### 3.1. Об'єкт та предмет дослідження. Методика проведення досліджень та аналізу результатів

**Метою дослідження** є підвищення ефективності процесу очищення коренеплодів цукрових буряків від залишкових забруднень.

**Об'єктом дослідження** процес відмивання зв'язаного ґрунту із заглиблень коренеплоду буряка в барабанній бурякомийці.

**Предметом дослідження** удосконалена конструкція бурякомийки барабанного типу.

Методи проведення досліджень якості відмивання цукрового буряка на мийних комплексах барабанного типу

#### *Лабораторні дослідження*

Для проведення лабораторних досліджень якості відмивання цукрового буряка використовують наступні методи.

##### 1. Визначення вмісту цукру в буряку.

Цей метод застосовується для визначення загальної кількості цукру в буряку, як до, так і після відмивання. Для цього буряк подрібнюють і розчиняють у спирті. Потім розчин фільтрують і визначають вміст цукру за допомогою рефрактометра.

##### 2. Визначення вмісту органічних домішок у буряку.

Цей метод застосовується для визначення загальної кількості органічних домішок в буряку, як до, так і після відмивання. Для цього буряк подрібнюють і розчиняють у спирті. Потім розчин фільтрують і визначають вміст органічних домішок за допомогою спектрофотометрії.

<i>Відповідальна організація НУХТ</i>	<i>Технічне узгодження Олішевський В.В.</i>	<i>Вид документа Пояснювальна записка</i>		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа НУХТ</i>	<i>Разробник документа Шевченко В.О.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i>		230603.KP.05.003.ПЗ			
	<i>Документ затверджено Якимчук М.В.</i>	<i>Дослідна частина та узагальнення результатів</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова UA</i>	<i>Аркуш</i>

## *Дослідження на цукровому заводі*

Дослідження проводились на цукрових заводах ТОВ «Старокостянтинівцукор» та ТОВ «Краєвид» (ЗАТ «Згурівський цукровий завод») в період сезонів 2023, 2024 р.

Для проведення досліджень якості відмивання цукрового буряка на заводі використовують наступні методи:

- визначення вмісту цукру в буряку;
- визначення вмісту солей у буряку
- визначення вмісту органічних домішок у буряку.

### *Порівняння лабораторних та заводських досліджень*

Лабораторні дослідження дозволяють отримати більш точні результати, ніж заводські. Однак лабораторні дослідження є більш трудомісткими і дорогими. Заводські дослідження є менш точними, ніж лабораторні, але вони є більш простими і дешевими.

### *Визначення якості відмивання цукрового буряка*

Якість відмивання цукрового буряка визначається за такими показниками:

- Вміст цукру в буряку після відмивання

Цей показник є одним з найважливіших показників якості відмивання. Чим вищий вміст цукру в буряку після відмивання, тим краще відмитий буряк.

- Вміст солей у буряку після відмивання

Цей показник також є важливим показником якості відмивання. Чим нижчий вміст солей у буряку після відмивання, тим краще відмитий буряк.

- Вміст органічних домішок у буряку після відмивання

Цей показник також є важливим показником якості відмивання. Чим нижчий вміст органічних домішок у буряку після відмивання, тим краще відмитий буряк.

### *Нормативи якості відмивання цукрового буряка*

Нормативи якості відмивання цукрового буряка встановлюються в кожній країні окремо. В Україні нормативи якості відмивання цукрового буряка такі:

- Вміст цукру в буряку після відмивання повинен бути не менше 15%.

### **3.2. Опис математичної моделі об'єкту досліджень**

#### **Математичне моделювання процесу очищення сировини при гідравлічному транспортуванні і відмиванні**

Процес відокремлення зв'язаних забруднень при гідротранспортуванні можна порівняти з рядом інших фізичних явищ, таких як процеси просочування волокнистих матеріалів, набухання колоїдних мас та гідродинаміки струменевих течій.

Зауважимо, що зменшення кількості забруднень на поверхні буряків призводить до зростання концентрації цих забруднень у воді. Це призводить до того, що швидкість зменшення зв'язаної забрудненості  $\frac{dC}{dx}$  сировини стає пропорційною різниці між кількістю забруднень, розташованих на поверхні коренеплодів, і кількістю забруднень, які розчиняються у воді.

Цей процес є важливим етапом в обробці буряків, оскільки концентрація забруднень безпосередньо впливає на якість сировини. Розуміння взаємозв'язку між кількістю забруднень на поверхні та їх концентрацією у воді допомагає вдосконалити технологічні процеси та підвищити ефективність виробництва.

$$\frac{dC}{dx} = -\lambda(C - a(C_0 - C)), \quad (3.2.1)$$

Визначені параметри в рівнянні, де  $C_0$  представляє початкову зв'язану забрудненість сировини при її вході в систему. Змінна величина  $C$  вказує на поточний рівень зв'язаної забрудненості сировини і залежить від тривалості гідротранспортування. Коефіцієнт  $\lambda$  відображає співвідношення між цими двома величинами та залежить від конкретних умов, в яких протікає процес.

Також в рівнянні присутній безрозмірний коефіцієнт "α", який ураховує вплив факторів, що гальмують процес відмивання коренів. Цей коефіцієнт дозволяє враховувати різноманітні чинники, які можуть впливати на ефективність процесу видалення забруднень під час гідротранспортування. Такий підхід дозволяє збалансувати і врахувати усі важливі аспекти в даному контексті.

Велику роль у процесі відокремлення забруднень від коренеплодів відіграють різні фактори, такі як:

- Вміст забруднень у транспортерній роді. Чим більше забруднень у транспортерній роді, тим складніше відокремити їх від коренеплодів.
- Концентрація забруднень у заглибинах коренеплодів. Забруднення, які накопичуються в заглибинах коренеплодів, важче відмити, ніж ті, які знаходяться на поверхні.
- Армування кореневими волосками та відростками. Кореневі волоски та відростки ускладнюють відокремлення забруднень від коренеплодів, оскільки створюють додаткові перешкоди для струменів води.
- Пересичення води органічними складовими. Органічні речовини у воді послаблюють гідромеханічні сили, що сприяють відокремленню забруднень.

Ефективність процесу відмивання особливо відчутна, коли поверхня коренеплодів містить менше зв'язаних забруднень. Це пов'язано з тим, що зв'язані забруднення важче відмити, ніж незв'язані.

Коефіцієнт пропорційності  $\lambda$ , який входить в рівняння (3.2.1), визначається як добуток безрозмірного множника "k" і множника, оберненого до довжини відповідного проміжку "L".

Множник "k" відображає відношення кількісної величини факторів, які сприяють процесам відмивання, до кількісної величини факторів, які протистоять цим процесам.

Розуміння цього коефіцієнта важливе з урахуванням наступного:

- Перехідні процеси відмивання забруднень на поверхні коренеплодів відбуваються в тонкому шарі, ефективний розмір якого пропорційний розміру елементарних частинок ґрунту, що утворює забруднення. Чим менші розміри частинок ґрунту, тим тонший шар забруднень, і тим складніше його відмити.
- У воді основними силами, які утримують забруднення на поверхні коренеплодів, є когезивні сили взаємодії між частинками забруднень. Чим вище когезивні сили, тим складніше відмити забруднення.
- Гідромеханічна дія струменів транспортерної води є основним рушієм відокремлення забруднень з поверхні коренеплодів. Чим потужніші струмені води, тим ефективніше відокремлюються забруднення.

Вплив механічного обладнання тракту подачі та інших факторів виявляється менш важливим, ніж гідромеханічна дія струменів транспортерної води.

Отже, ключовим фактором, який сприяє процесам відокремлення зв'язаних забруднень, є питома кінетична енергія потоку, який омиває коренеплід в межах тонкого шару. В цьому контексті, визначальною є енергія, яку носить водяний потік, і яка активно впливає на ефективність відмивання забруднень.

Основним чинником, який протистоїть відмиванню, є сили когезивної та адгезивної взаємодії між частинками забруднень та самим коренеплодом. Ці сили утримують частинки забруднень на поверхні коренеплода і ускладнюють їх відокремлення під дією водяного потоку.

Розуміння взаємодії цих факторів є важливим для розробки ефективних методів очищення коренеплодів від забруднень і підвищення якості сировини для подальшого використання. Отже має місце представлення:

$$\lambda = \frac{\varepsilon_k}{\varepsilon_p} \cdot \frac{1}{L}, \quad (3. 2.2)$$

де  $\varepsilon_k$  – питома кінетична енергія потоку навколо коренеплода,  $\varepsilon_p$  – величина, що характеризує питому енергію взаємодії між частинками забруднень.

Припустивши, що кінетична енергія потоку пропорційна величині  $\varepsilon_k = \frac{v^2}{2}$  в тій же мірі, що і сили взаємодії між частинками забруднень пропорційні величині  $\varepsilon_p = gh$ , одержимо відношення:

$$\lambda = \frac{\varepsilon_k}{\varepsilon_p} \cdot \frac{1}{L} = \frac{v^2}{2gh} \cdot \frac{1}{L}, \quad (3.2.3)$$

де  $v$  - швидкість потоку відносно поверхні коренеплоду,  $L$  - довжина відрізка лінії гідротранспортування, для якої будується модель,  $h$  - висота підйому рідини у капілярах шару забруднення, яка розраховується за формулою:

$$h = \frac{2\sigma}{\rho g r}, \quad (3.2.4)$$

Після підстановки виразу (3.4) у формулу (3.3) одержимо:

$$\lambda = \frac{\varepsilon_k}{\varepsilon_p} \cdot \frac{1}{L} = h = \frac{\rho g r v^2}{2\sigma 2g} \cdot \frac{1}{L} = \frac{\rho d v^2}{8\sigma} \cdot \frac{1}{L}, \quad (3.2.5)$$

де  $d = 2r$  - розміру частинок забруднення,  $\rho$  - густина транспортерної води,  $\sigma$  - коефіцієнт поверхневого натягу води,  $g$  - прискорення земного тяжіння,  $r$  - радіус частинок забруднення, що сумірний з розміром порожнин між його частинками.

Точне значення коефіцієнта динамічності визначається при розв'язку рівняння (3.2.1) на основі експериментальних даних. Формула (3.2.5), в свою чергу, має оціночний характер і вказує на можливі шляхи ефективного збільшення цього коефіцієнта та інтенсифікації процесу відокремлення зв'язаних забруднень.

Розрахунки коефіцієнта динамічності ґрунтуються на реальних даних, отриманих під час експериментів. Ці дані враховують специфічні умови гідротранспортування та властивості забруднень та коренеплодів. Вони є ключовим елементом для точного визначення, як коефіцієнта динамічності, так і оптимальних шляхів підвищення його значення.

Формула (3.2.5) служить не лише орієнтовним показником, але і вказівкою на можливі напрямки для покращення ефективності процесу. Подальше дослідження та впровадження покращених технологій може сприяти інтенсифікації відокремлення зв'язаних забруднень та підвищенню продуктивності цього процесу.

Розв'язавши диференційне рівняння (3.2.1) методом розділення змінних, одержимо:

$$C(x) = \frac{C_0}{1 + \alpha} (\alpha + e^{-\lambda(1+\alpha)x}), \quad (3.2.6)$$

До складу виразу (3.6) входять три невідомі величини :  $C_0$ ,  $\alpha$  і  $\lambda$ . Маючи три пари значень цієї функції  $C(0) = C_0$ ;  $C(L) = C_k$ ;  $C(x_1) = C_l$ , де  $x_1$  – проміжне значення з проміжка  $0 \leq x \leq L$ , зводимо розв'язок диференційного рівняння (3.2.6) до виду:

$$C(x) = C_0 \frac{(\lambda(1 + \alpha) - \alpha)^{\frac{x}{L}} + \alpha}{1 + \alpha}, \text{ де } \gamma = \frac{C_k}{C_0} \quad (3.2.7)$$

Використавши дані наведених вище таблиць ( $C_0=5,15$ ;  $C_k = 0,35$ , та  $C_l = 0,45$  при  $x_l = 170$  м), одержимо формулу (3.2.7) у явному вигляді:

$$C(x) = 5.04 \cdot (0.047455^{\frac{x}{L}} + 0.022), \quad (3.2.8)$$

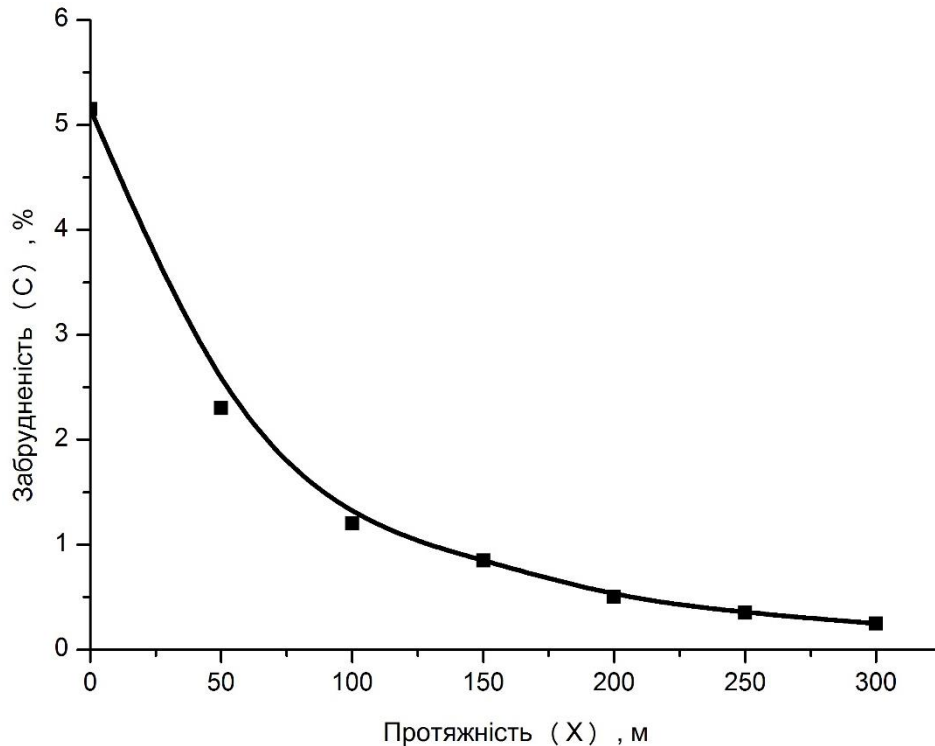


Рис. 3.1. Графік динаміки процесу очищення

На рис.3.1 представлений графік динаміки процесу очищення, побудований відповідно до отриманих закономірностей. Точки на графіку відображають показники забрудненості, які взяті з табл.3.1. Загалом, графік задовільно відображає перебіг процесу на протязі всього гідротранспортування, але відзначається тим, що 2-га, 3-я і 4-а точки трохи виходять за межі графіка.

Поява цього явища може бути пояснена наявністю між 3-ю і 4-ю точками вимірювань досить потужного фактора інтенсифікації перехідних процесів відокремлення зв'язаних забруднень - буряконасоса. Дія цього обладнання може суттєво змінювати динаміку процесу, що відзначається виходженням деяких точок за межі передбачуваного графіка.

Ця інформація служить важливим підґрунтям для подальших розглядів та аналізу ефективності використання буряконасоса в системі очищення. Враховуючи це, можливі корекції та оптимізації процесу, спрямовані на

максимальне використання переваг цього фактора інтенсифікації, можуть бути впроваджені для поліпшення результатів очищення коренеплодів.

Враховуючи вплив буряконасосу на процес очищення коренеплодів, ми розглянемо відрізок гідротранспортування, де розташований сам буряконасос, тобто в межах  $95 \leq x \leq 120$  м. На цьому відрізку процес очищення коренеплодів проходить нерівномірно, і його інтенсивність найвища саме в області, де розташований буряконасос.

За своїми параметрами, цей проміжок аналогічний попередньому ( $0 \leq x \leq 95$  м) і наступному ( $120 \leq x \leq 192$  м), за винятком області з буряконасосом. Тому ми розширимо побудовану модель для проміжку  $0 \leq x \leq 95$  м на 8 м у напрямку буряконасосу, а для проміжку  $120 \leq x \leq 192$  м розширимо на 15 м в напрямку від буряконасосу. Проміжок 2 м, який включає сам буряконасос, буде описаний тією ж моделлю. Значення функції концентрації зв'язаних забруднень на кінцях цього проміжку та коефіцієнт  $\alpha$  прийматимуться такими, як і для першого проміжку.

Отже, ми отримаємо початкові умови для побудови моделі на скороченому проміжку, який включає буряконасос. Результатом буде графік (рис.3.2), що відображає різкий спад забрудненості сировини, особливо в області буряконасосу. Цей графік відповідає отриманим експериментальним даним і підкреслює велику роль буряконасосу в процесі відокремлення зв'язаних забруднень.

Розглянемо можливість застосування виразу (3.2.8) для опису процесу очищення по його тривалості. Для цього введемо величину середньої швидкості руху сировини по тракту подачі  $\bar{x}$ . Тоді поточна координата  $x$  в межах проміжку  $0 \leq x \leq L$  буде виражатися як  $x = \bar{v} \cdot t$ , де  $t$  - тривалість перебування сировини на тракті гідротранспортування.

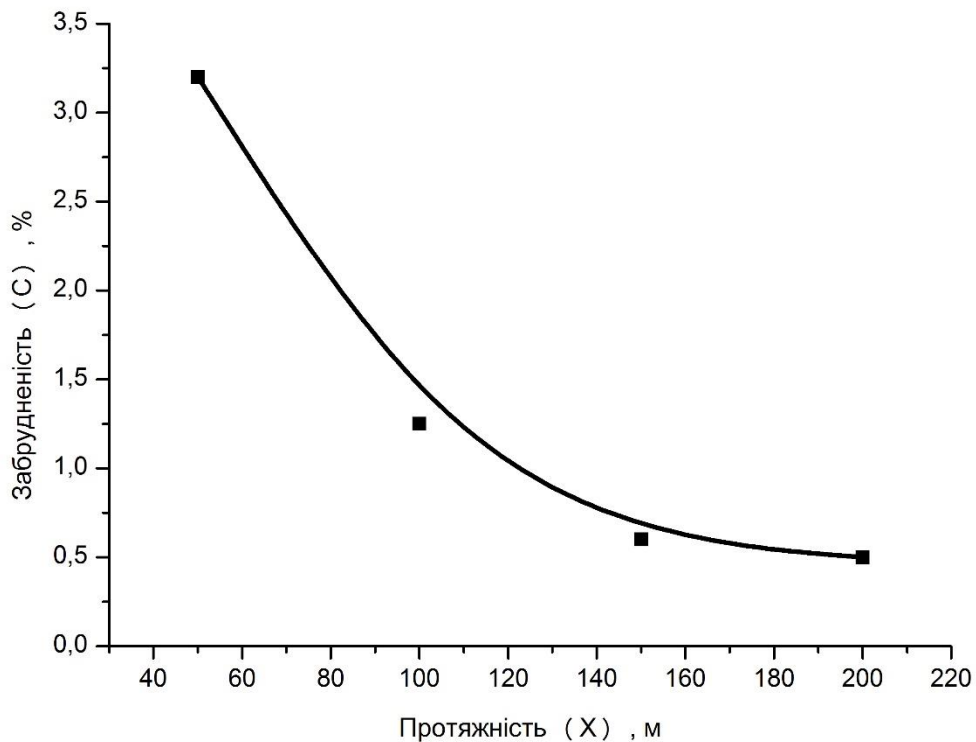


Рис. 3.2. Графік динаміки процесу очищення з урахуванням інтенсифікуючої дії буряконаосів

Формула (3.2.7) отримає вигляд:

$$C(t) = C_0 \frac{(\lambda(1+\alpha) - \alpha)^{\frac{\bar{v} \cdot t}{L}} + \alpha}{1 + \alpha}, \quad (3.2.9)$$

Позначивши через  $T = \frac{L}{\bar{v}}$  - повний час перебування сировини на тракті гідротранспортування, і остаточно одержимо:

$$C(t) = C_0 \frac{(\lambda(1+\alpha) - \alpha)^{\frac{t}{T}} + \alpha}{1 + \alpha}, \quad (3.2.10)$$

Для перевірки можливості застосування формули (3.2.10) до опису процесів відокремлення зв'язаних забруднень по тривалості їх перебування на тракті скористаємося даними (табл.3.2.1) щодо результатів моделювання у дослідженнях процесу відокремлення зв'язаного ґрунту у ході гідротранспортування.

Таблиця 3.1

Тривалість процесу, хв	0	2	4	6	8	10	12	14
Зв'язана забрудненість, %	3,4	3,1	2,44	2,02	1,8	1,5	1,24	1,2

Після підстановки даних та обчислень одержимо розрахункову формулу у вигляді:

$$C(t) = 2.724 \cdot (0.1924^{\frac{t}{T}} + 0.2482), \quad (3.2.11)$$

На рис. 3.3 наведено графік зміни забрудненості  $C=f(t)$ , побудований згідно закономірності (3.2.11).

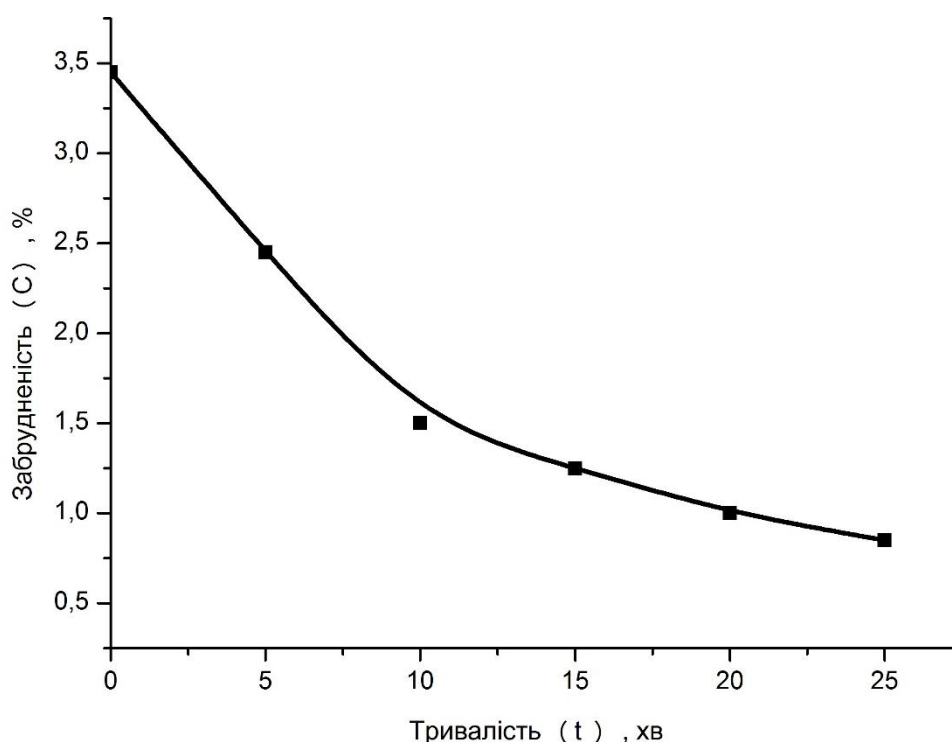


Рис. 3.3. Графік динаміки процесу очищення на лабораторних установках мийки буряків

Добудований графік підтверджує, що одержані аналітичні залежності  $C=f(t)$  та  $C=f(L)$  у цілому по тракту гідротранспортування задовільно описують процес очищення буряків від забруднень зв'язаним ґрунтом.

У ході проведених досліджень встановлено наступне:

– зв'язані забруднення буряків, вирощених на суглинкових ґрунтах, активно видаляються у процесі гідротранспортування протягом перших 12... 14 хв. Це пов'язано з тим, що за цей час відбувається відокремлення найбільш легковідокремлюваних забруднень, які знаходяться на поверхні коренеплодів.

– залишкова забрудненість, з якою буряки надходять у мийні комплекси цукрових заводів, утворюється забрудненнями, що знаходяться у заглибинах коренеплодів. Ці забруднення важче відмити, оскільки вони утримуються на коренеплодах за рахунок когезивних сил.

– видалення таких забруднень шляхом збільшення тривалості традиційного процесу відмивання без застосування зовнішніх впливів не забезпечує достатнього ефекту, одночасно призводячи до збільшення втрат цукру у транспортерній воді.

– підвищення швидкості потоку буряководяної суміші до 1,7... 1,9 м/с збільшує витрати води і не призводить до помітної інтенсифікації видалення зв'язаних забруднень з поверхні коренеплодів.

– процес відокремлення зв'язаних забруднень з поверхні коренеплодів у ході гідравлічного транспортування має спадаючий перебіг, описаний диференціальним рівнянням першого порядку.

– запропоновані математичні моделі достатньо точно описують процеси відокремлення зв'язаних забруднень з поверхні коренеплодів по довжині тракту гідротранспортування і по тривалості перебування сировини у потоці транспортерної води.

– отримані залежності обґрунтовують спосіб інтенсифікації відокремлення зв'язаних забруднень шляхом розділення тракту гідротранспортування на окремі ділянки відповідно до встановленої послідовності перехідних процесів та введення у місця розриву додаткових інтенсифікуючих чинників.

Рекомендації:

230603КР.05.003.ПЗ

Інд. змін.

Дата видання

Моделі  
ІІА

Архив

– на основі отриманих результатів досліджень можна сформулювати наступні рекомендації щодо підвищення ефективності відокремлення зв'язаних забруднень з поверхні коренеплодів цукрових буряків:

– рекомендується розділити тракт гідротранспортування на окремі ділянки відповідно до встановленої послідовності перехідних процесів та вводити у місця розриву додаткові інтенсифікуючі чинники. Це дозволить підвищити ефективність відокремлення забруднень на всіх етапах гідротранспортування.

Впровадження цих рекомендацій дозволить цукровим заводам підвищити якість сировини, що надходить у мийні комплекси, та зменшити витрати води і втрат цукру.

#### *Дослідження процесу мийки буряків*

Процес відокремлення зв'язаних забруднень з поверхні коренеплодів є складним і включає низку перехідних процесів, які відбуваються поетапно протягом гідротранспортування та завершуються в мийному відділенні.

Фізична сутність процесу відмивання коренеплодів буряків від зв'язаних забруднень полягає у наявності на поверхні коренеплодів структурних елементів ґрунту, які утримуються силами адгезії.

Процес видалення структурних елементів ґрунту складається з кількох етапів:

– просочення шару забруднень водою. На цьому етапі вода проникає в шар забруднень, розм'якшуючи його і знижуючи сили адгезії.

– відмочування. На цьому етапі волога проникає між шаром забруднень і поверхнею коренеплоду, розширюючи зазор між ними.

– набухання шару забруднень. У результаті просочення і відмочування шар забруднень набухає, збільшуючи свій об'єм.

– руйнування і відокремлення шару забруднень від поверхні коренеплоду. На цьому етапі шар забруднень руйнується і відокремлюється від поверхні коренеплоду під дією гідромеханічних сил.

Здатність забруднень до просочування, набухання та відмокання залежить від ряду факторів, таких як:

- Тип ґрунту. Забруднення, що утворюються на суглинкових ґрунтах, важче відмити, ніж на піщаних.
- Вологість. Сухі забруднення важче відмити, ніж вологі.
- Метеорологічні умови викопування та зберігання. Забруднення, що утворюються в сприятливих метеорологічних умовах, важче відмити, ніж в несприятливих.
- Геометрія коренеплоду. Забруднення, що накопичуються в заглибинах коренеплоду, важче відмити, ніж ті, що знаходяться на поверхні.
- Важливість урахування факторів

Важливо враховувати, що зміна цих властивостей може впливати на тривалість окремих етапів процесу, а також на загальний характер відокремлення зв'язаних забруднень під час гідротранспортування коренеплодів.

Для підвищення ефективності процесу відокремлення зв'язаних забруднень з поверхні коренеплодів можна використовувати такі заходи:

- Зменшити вміст забруднень у транспортерній воді. Це можна зробити за рахунок більш ретельного очищення ґрунту на полях, а також за рахунок використання ефективних засобів знепилювання транспортерної води.
- Підвищити швидкість потоку транспортерної води. Це сприяє більш інтенсивному просочуванню, набухання та руйнування шару забруднень.

Впровадження цих заходів дозволить цукровим заводам підвищити якість сировини, що надходить у мийні комплекси, та зменшити витрати води і втрат цукру.

Процес відокремлення зв'язаних забруднень з поверхні коренеплодів є складним і багатофакторним. Для його ефективного проведення необхідно враховувати всі фактори, що впливають на процес.

*Дослідження очищення потоку сировини від забруднень зв'язаним ґрунтом у промислових умовах*

Раніше було розглянуто особливості відокремлення забруднень з поверхні окремого коренеплода в умовах, наближених до реального гідротранспортування. Однак велика кількість сировини вимірюється тисячами тон, і гідродинамічні параметри процесу визначаються не лише лінійною протяжністю гідротранспортера, але й численними додатковими факторами. Тепер розглянемо опис процесу очищення у потоці гідротранспортування.

Аналіз динаміки забрудненості сировини зв'язаним фунтом по довжині тракту подачі

Для дослідження процесів відмивання буряків у реальних умовах виробництва на цукровому заводі, було проведено аналіз динаміки забрудненості сировини зв'язаним фунтом по довжині тракту подачі.

Отримання зрізу показників зв'язаної забрудненості сировини ґрунтом під час її гідравлічного транспортування та відмивання здійснювалося методом відбору випадкових коренеплодів з потоку. Часові проміжки таких відборів узгоджувалися з подачею на перероблення буряків з окремих кагатів, що формувалися за різних погодних умов збирання сировини.

Вибір місць відбору проб визначали такі фактори, як розташування технологічного обладнання, яке впливає на процеси очищення, та вимоги безпеки. Таким чином, відбір проб здійснювався у таких точках тракту подачі буряків:

- бурячна (1)
- вихід з бурячної (2)
- перед буряконасосом (3)
- після буряконасоса (4)
- після гичкоуловлювачів (5)
- перед бурякомийкою (6)
- після бурякомийки (7)

На рис. 3.4 вказано протяжність кожної ділянки гідротранспортування, після якої проводився відбір коренеплодів. Відбір по точках здійснювався у послідовності їх проходження потоком буряководяної суміші з мінімально можливими часовими інтервалами, що незначно перевищували реальний час проходження буряководяної суміші вказаних ділянок. За один день виконувалася серія з п'яти замірів. Всього було виконано чотири таких серії.

Результати досліджень показали, що динаміка забрудненості сировини зв'язаним фунтом по довжині тракту подачі має спадаючий характер. Це означає, що з часом перебування буряків у транспортерній воді відбувається відокремлення зв'язаних забруднень від їх поверхні.

Найбільша забрудненість сировини спостерігається у бурячні, що пов'язано з тим, що буряки надходять на перероблення з поля з певним рівнем забрудненості. У міру руху буряків по тракту подачі відбувається відокремлення зв'язаних забруднень, і забрудненість сировини знижується.

Найбільше відокремлення зв'язаних забруднень відбувається на перших ділянках тракту подачі. У буряконасосі відбувається перемішування буряководяної суміші, що сприяє більш інтенсивному просочуванню води в шар забруднень і їх набухання. На ділянках після буряконасоса і після гичкоуловлювачів також відбувається значне відокремлення зв'язаних забруднень.

У передбурякомийній зоні забрудненість сировини знижується до 6-8%. Це пов'язано з тим, що в цій зоні відбувається дія гідромеханічної енергії, яка сприяє відриву зв'язаних забруднень від поверхні коренеплодів.

У бурякомийці відбувається подальше відокремлення зв'язаних забруднень. Залежно від типу бурякомийної машини і режиму її роботи, залишкова забрудненість сировини може становити 2-5%.

Аналіз динаміки забрудненості сировини зв'язаним фунтом по довжині тракту подачі дозволяє зробити наступні висновки:

- Процес відокремлення зв'язаних забруднень від поверхні коренеплодів відбувається в кілька етапів. Найбільше відокремлення відбувається на перших ділянках тракту подачі.
- Найбільш ефективним способом відокремлення зв'язаних забруднень є дія гідромеханічної енергії.
- Залежно від типу бурякомийної машини і режиму її роботи, залишкова забрудненість сировини може становити 2-5%.

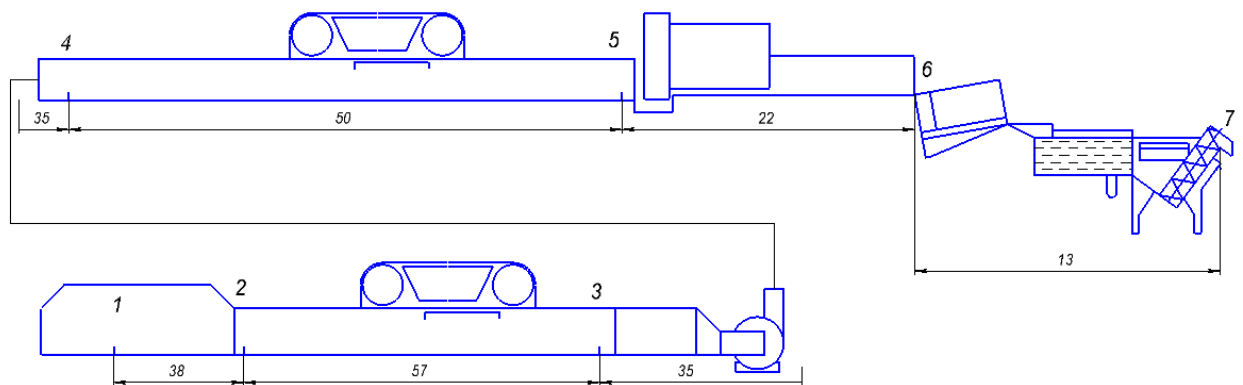


Рис. 3.4. Схема тракту подачі з позначенням точок відбору

Відібрані коренеплоди викладалися для просушування, зважувалися, після чого повністю очищалися від зв'язаного ґрунту. Гичка, зв'язана з коренями, не відокремлювалася. Після очищення буряки знову зважувалися.

За отриманими даними були вираховані значення зв'язаної забрудненості ґрунтом, які наводяться у табл. 3.3.

Таблиця 3.3.

№ заміру	Початкова забрудненість зв'язаним ґрунтом, %	Забрудненість зв'язаним ґрунтом у точках замірів, %						
		1	2	3	4	5	6	7
		Протяжність транспортування до точки заміру, м						
		0	38	95	120	170	192	205
1	9,33	4,85	3,10	1,62	0,97	0,43	0,33	0,11
2	7,67	4,62	2,95	1,33	0,80	0,41	0,31	0,09
3	4,39	6,67	4,26	0,67	0,40	0,59	0,45	0,07
4	6,87	5,53	3,53	1,19	0,72	0,49	0,37	0,08
5	6,38	5,03	3,21	1,10	0,32	0,44	0,34	0,10
Середнє по серії	6,93	5,34	3,41	1,18	0,64	0,47	0,36	0,09
6	8,65	5,23	3,35	1,50	0,90	0,46	0,35	0,11
7	8,23	4,30	2,75	1,43	0,86	0,38	0,29	0,10

8	11,89	2,46	1,62	2,06	1,24	0,19	0,15	0,11
9	9,85	3,85	2,46	1,71	1,03	0,34	0,26	0,11
10	8,96	3,58	2,29	Д,55	0,93	0,21	0,14	0,10
Середнє по серії	9,52	3,89	2,49	1,65	0,99	0,32	0,24	0,11
11	11,32	3,94	4,06	1,28	1,18	0,37	0,43	0,11
12	10,67	6,08	3,70	1,88	1,08	0,53	0,40	0,11
13	10,58	6,34	3,79	1,96	1,18	0,62	0,43	0,11
14	9,73	5,23	3,49	1,62	1,05	0,46	0,38	0,11
15	8,78	6,80	3,15	2,17	0,92	0,59	0,33	0,11
Середнє по серії	10,22	5,68	3,64	1,78	1,08	0,51	0,39	0,11
16	7,02	6,35	2,66	1,96	0,77	0,56	0,28	0,12
17	10,83	5,79	3,88	1,79	1,13	0,52	0,41	0,12
18	11,31	5,94	4,06	1,83	1,39	0,56	0,48	0,12
19	9,33	5,46	3,35	1,68	0,97	0,50	0,35	0,12
20	11,97	4,93	4,15	1,52	1,31	0,43	0,45	0,10
Середнє по серії	10,09	5,69	3,62	1,76	1,11	0,51	0,40	0,12

Отримані дані показали, що протягом сезону в різних погодних умовах зв'язана забрудненість буряків у відповідних місцях відбору коливалася у значних межах.

- Забрудненість коренеплодів у кагатах коливалась від 4,4 до 12 %. Це пов'язано з тим, що забрудненість буряків залежить від багатьох факторів, таких як тип ґрунту, погодні умови вирощування, збирання та зберігання.
- У бурячній після гідрантів вона складала від 2,4 до 6,8 %. Це пов'язано з тим, що на цьому етапі відбувається початкове відокремлення зв'язаних забруднень від поверхні коренеплодів.
- На виході з бурячної вона становила від 1,62 до 4,26 %. Це пов'язано з тим, що на цьому етапі відбувається подальше відокремлення зв'язаних забруднень під дією гідромеханічної енергії.
- Перед буряконасосом вона складала від 0,67 до 2,17%. Це пов'язано з тим, що на цьому етапі відбувається перемішування буряководяної суміші, що сприяє більш інтенсивному просочуванню води в шар забруднень і їх набухання.

- Після буряконасосу вона становила від 0,323 до 0,917 %. Це пов'язано з тим, що на цьому етапі відбувається подальше відокремлення зв'язаних забруднень під дією гідромеханічної енергії.
- Після гичковловлювачів вона становила від 0,187 до 0,623 %. Це пов'язано з тим, що на цьому етапі відбувається відокремлення бурякових гичків, які також є джерелом забруднень.
- Перед бурякомийкою вона становила від 0,132 до 0,479 %. Це пов'язано з тим, що на цьому етапі відбувається дія гідромеханічної енергії, яка сприяє відриву зв'язаних забруднень від поверхні коренеплодів.
- Після бурякомийки вона становила від 0,067 до 0,124 %. Це є залишковою забрудненістю, яка не може бути відокремлена за допомогою механічних засобів.

Вплив погодних умов на зв'язану забрудненість буряків проявляється в наступних аспектах:

- Вологість ґрунту. При високій вологості ґрунту буряки більш забруднені, ніж при низькій вологості. Це пов'язано з тим, що при високій вологості ґрунту на коренеплодах накопичується більше пилу та інших забруднень.
- Температура повітря. При підвищеній температурі повітря буряки більш забруднені, ніж при зниженій температурі. Це пов'язано з тим, що при підвищеній температурі повітря відбувається більш інтенсивне випаровування вологи з поверхні коренеплодів, що сприяє адгезії забруднень.
- Опади. Після опадів буряки більш забруднені, ніж за відсутності опадів. Це пов'язано з тим, що опади сприяють розмоктанню ґрунту і накопиченню забруднень на поверхні коренеплодів.

Отримані дані дозволяють зробити наступні висновки:

- Процес відокремлення зв'язаних забруднень від поверхні коренеплодів відбувається в кілька етапів. Найбільше відокремлення відбувається на перших ділянках тракту подачі.

- Найбільш ефективним способом відокремлення зв'язаних забруднень є дія гідромеханічної енергії.
- Забрудненість буряків залежить від багатьох факторів, в тому числі від погодних умов.

Усереднені дані зв'язаної забрудненості коренеплодів ґрунтом наведено у табл. 3.5.

Таблиця 3.5

Точка заміру	1	2	3	4	5	6	7
Протяжність транспортування до точки заміру, м	0	38	95	120	170	192	205
Зв'язана забрудненість, %	5,15	3,29	1,59	0,96	0,45	0,35	0,11

Усереднена зміна зв'язаної забрудненості буряків в залежності від довжини гідравлічного транспортування показана на рис. 3.5.

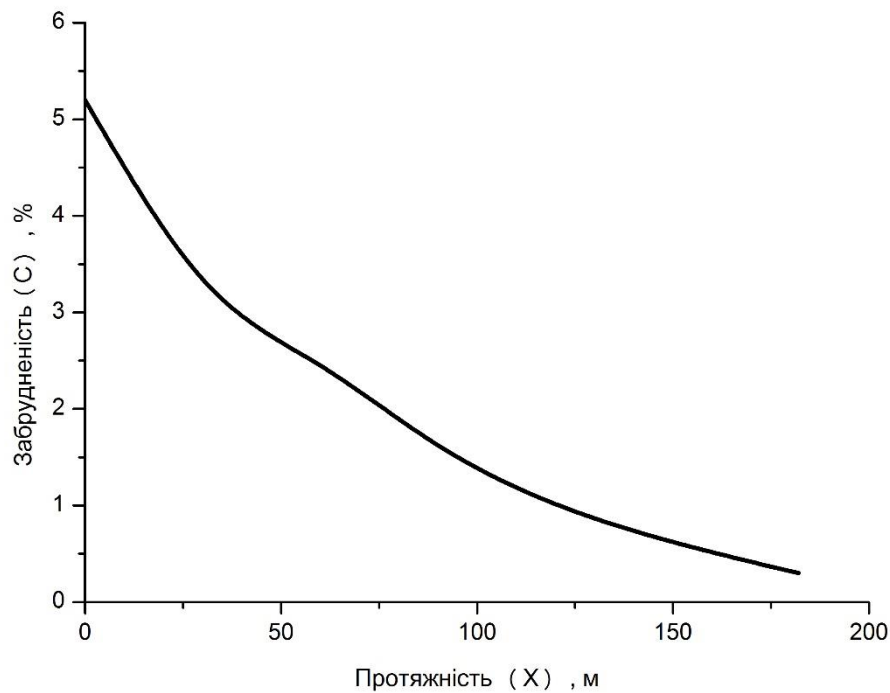


Рис. 3.5. Динаміка зв'язаної забрудненості коренеплодів ґрунтом по протяжності гідротранспортування та відмивання

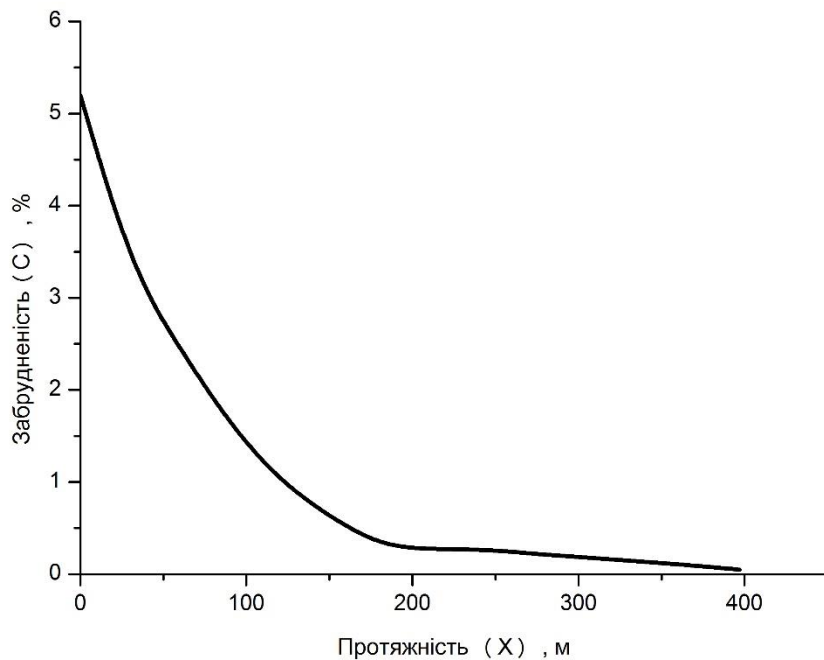


Рис. 3.6. Динаміка зв'язаної забрудненості коренеплодів ґрунтом по тривалості гідротранспортування та відмивання

Аналіз даних, представлених в табл. 3.5. та рис. 3.6., свідчить про те, що процес відмивання має спадаючий характер з найактивнішим відокремленням зв'язаних забруднень на початкових етапах та подальшим уповільненням по ходу гідротранспортування. Завершальна ділянка кривої характеризує процес відмивання у бурякомийці, який відбувається на невеликій протяжності, але значно інтенсифікується за рахунок механічної взаємодії коренеплодів. Однак графік на рис. 3.5, надаючи загальне уявлення про динаміку зміни зв'язаної забрудненості під час гідротранспортування, не повністю відображає локальні особливості процесу через вплив різних чинників, таких як протяжність транспортування та інші.

Для отримання більш деталізованого уявлення, були використані середні показники швидкості потоку та тривалості відмивання у бурякомийці. Розрахунки і графік на рис. 3.6 відображають зміну зв'язаної забрудненості в залежності від тривалості процесу транспортування і відмивання.

Важливо відзначити, що аналіз графіка вказує на те, що забрудненість, яка є функцією часу, спадає набагато швидше на початкових етапах процесу, але дуже уповільнюється у кінці, особливо на етапі бурякомийних машин. Це є природним, оскільки завершальна стадія вимагає значних зусиль для досягнення необхідного ступеня очищення. Також помітно інтенсивне зменшення забрудненості на третьому відрізку кривої, що може пояснюватися додатковим впливом буряконасосів на відмивання зв'язаних забруднень.

Цей аналіз свідчить про значущий внесок різних етапів технологічного процесу у відокремлення зв'язаних забруднень і підкреслює важливість оптимізації параметрів кожного з них для досягнення максимальної ефективності відмивання.

Представлене дослідження вказує на взаємозв'язок численних факторів, що впливають на загальну динаміку процесу відмивання зв'язаних забруднень. Важливо враховувати цей взаємозв'язок при розгляді процесів, що відбуваються під час гідротранспортування та відмивання в бурякомийних комплексах. Отримані дані вказують на можливість розробки математичної моделі кінетики процесу очищення сировини від забруднень зв'язаним ґрунтом.

Розробка такої моделі дозволить краще розуміти і оптимізувати вплив різних параметрів на ефективність відмивання, що в свою чергу може призвести до покращення технологічних процесів та зменшення втрат сировини. Математична модель може служити інструментом для прогнозування та оптимізації результатів відмивання при різних умовах та параметрах процесу.

Процес використання кінетичної енергії високонапірних струменів води за прогнозованими даними (табл 3.6), що діє на коренеплід цукрового буряка визначали за залежностями (4.1-4.4) і визначається співвідношенням таких параметрів:

1. Потужність потоку води, що використовується на відмивання коренів.
2. Співвідношення між масовими і об'ємними витратами води.
3. Потужність потоку води, виражена через тиск.

Таблиця 3.6. - Вихідні дані для розрахунку витoku води через сопла

Густина води, кг/м <sup>3</sup>	1000	1000	1000
Коефіцієнт витрати води	0,946	0,946	0,946
Ширина щілин, мм	5	4	3
Довжина щілини, мм	90	90	90
Переріз щілини, мм <sup>2</sup>	0,00045	0,00036	0,00027

За вищенаведеними параметрами визначали кількісні величини, які визначають ефективність дії кінетичної енергії високонапірного струменя води на видалення зв'язаного ґрунту (землі) з коренеплодів буряків залежно від ширини (зазору) щілини в соплоапараті (рис.3.7-3.8).

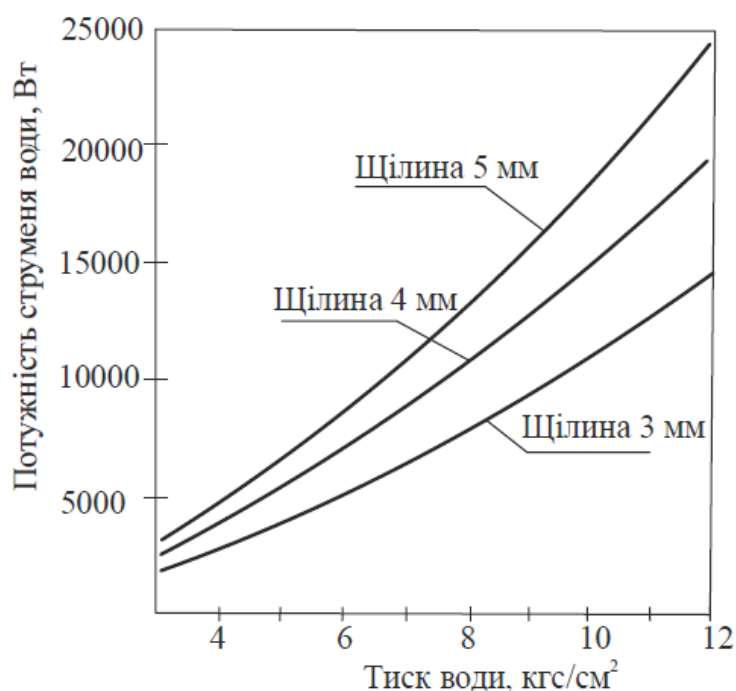


Рис.3.7. Залежності витрат та швидкості води від тиску води і зазору щілини сопла

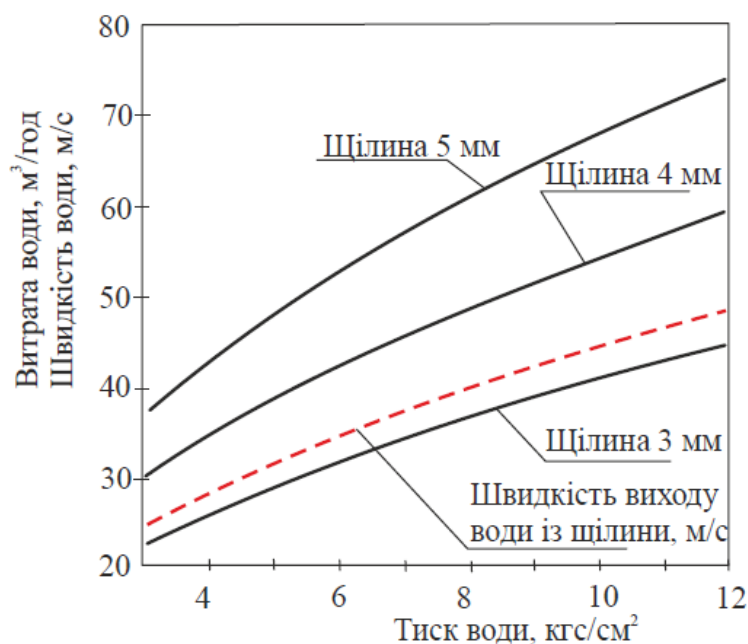


Рис.3.8. Залежності потужності струменя води від тиску води і зазору щілини сопла

Наведені залежності показують вплив параметрів на результат ступеня відмивання коренеплодів буряків та енерговитрати. Встановлено, що максимальна сила потужності дії струменя води на поверхню коренеплоду спостерігається при взаємодії під кутом 90° і 70°.

Результати проведених досліджень демонструють, що нова конструкція барабанної мийки дозволяє ефективно виводити забруднення, зв'язані з ґрунтом, із заглибин коренеплодів, забезпечуючи при цьому високий рівень очищення (рис.3.9).

### 3.4. Устрій та принцип роботи модернізованого об'єкту проектування

На рис.3.9 представлена система видалення зв'язаного ґрунту із заглибин коренеплодів цукрового буряку.

Буряководяна суміш з вивантажельного лотка барабанної мийки надходить на похилий щілевий вододомішковідділювач 2, на робочій поверхні якого відбирається транспортерна вода з домішками і направляється на обладнання розділення та класифікації. Відділенні від транспортерної води коренеплоди буряків переміщуються за рахунок похилої

робочої щілевої поверхні. Над робочою щілевою поверхнею водовідділювача на відстані 1.5 м від краю встановлено соплоапарат 3, що формує плаский високонапірний струмінь води під кутом  $90^\circ$  до робочої поверхні, чим сприяє ефективному відділенню сторонніх домішок від потоку буряків, а через 1,5 м від першого сопла під кутом  $70^\circ$  проти переміщення потоку буряків високонапірний струмінь води, сформований другим соплоапаратом 1. Соплоапарати встановлені на колекторі 4, і за допомогою манометра 5 контролюється і регулюється робочий тиск води. Коренеплоди буряків при входженні тангенціально під дією високонапірного струменя води провертаються під дією високонапірного струменя води повертаються декілька разів своєю поверхнею, в процесі чого кінетична енергія води вибиває зв'язаний ґрунт із заглибин коренеплодів.

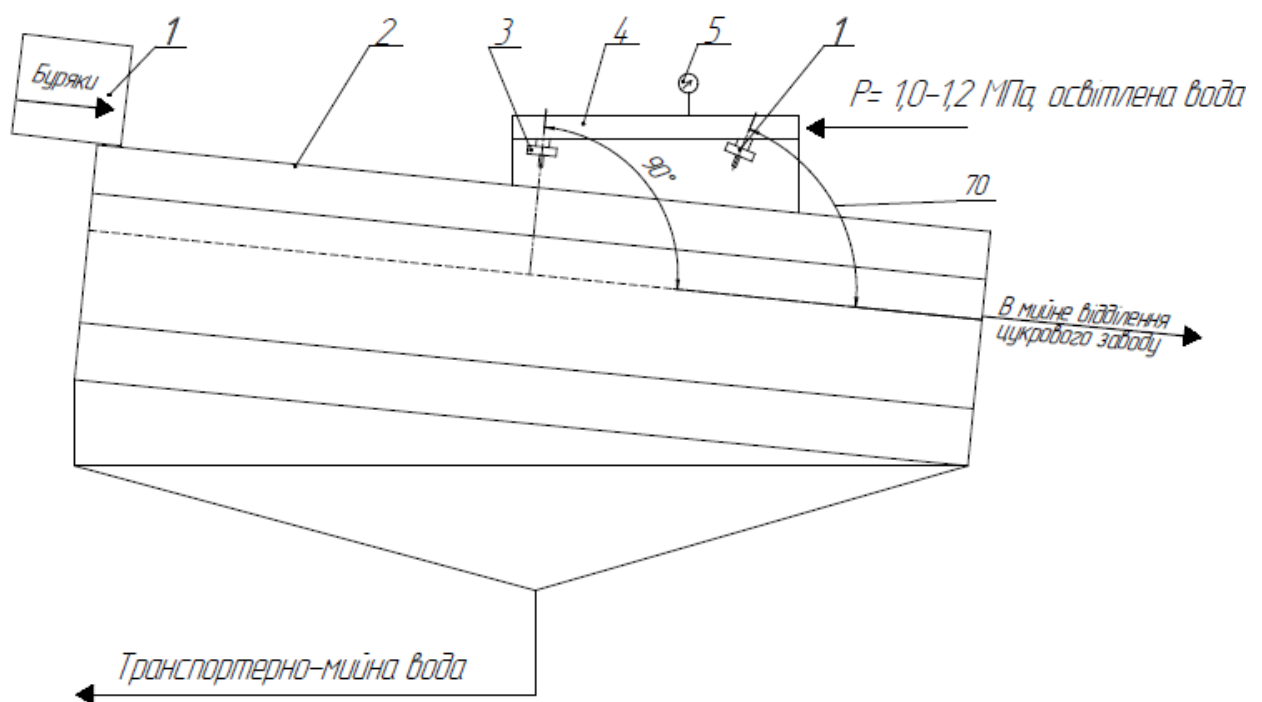


Рис.3.9. Система видалення зв'язаного ґрунту із заглибин коренеплодів цукрового буряку:

1 - буряки після барабанної мийки; 2 - похилий щілевий вододомішковідділювач; 3 - соплоапарат; 4 - колектор; 5 - манометр

## 4. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

### 4.1. Розрахунок продуктивності модернізованого обладнання

Вихідні дані для розрахунків барабанної бурякомийки:

1. Довжина барабанної мийки  $L = 10800$  мм.
2. Довжина мийного барабана  $9000$  мм.
3. Внутрішній діаметр барабана  $D = 2200$  мм.
4. Кут відхилення буряків від горизонтального положення  $\varphi = 35^\circ$ .
5. Коефіцієнт заповнення барабана  $\varphi_3 = 0,25$ .
6. Час перебування матеріалу в бурякомийці  $\tau = 1,5$  хв.
7. Насипна маса буряку  $\rho = 0,6$  т/м<sup>3</sup>.
8. Кут нахилу  $\beta = 0^\circ$ .

Масова продуктивність бурякомийки:

$$P = 60 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot t \cdot n_T \cdot \rho \cdot \varphi_3,$$

$D$  – внутрішній діаметр труби  $D = 2200$  мм = 2,2 м;

$t$  – крок гвинтової лінії,  $t = 0,5 D = 0,5 \cdot 2,2 = 1,1$  м;

$n_T$  – частота обертання барабана,

Частота обертання барабана [10]:

$$n_T = \frac{m \cdot k \cdot l}{\tau \cdot D} = \frac{0,5 \cdot 5 \cdot 900}{5 \cdot 2200} = 7 \text{ об/хв.};$$

$m$  – коефіцієнт, що залежить від конструкції барабана (при наявності шнеку  $m = 0,5$ ).

$k$  – коефіцієнт, що залежить від руху матеріалу та його ваги,  $k = 7$

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> <i>Олішевський В.В.</i>	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Разробник документа</i> <i>Шевченко В.О.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i>		<b>230603.KP.05.004.ПЗ</b>		
	<i>Документ затверджено</i> <i>Якимчук М.В.</i>	<i>Розрахункова частина</i>				
		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i>	

Кутова швидкість барабана:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n_T}{30} = \frac{3,14 \cdot 7}{30} = 0,73 \text{ c}^{-1}$$

Отже, продуктивність становить:

$$\Pi = 60 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot t \cdot n_T \cdot \rho \cdot \varphi_3 = 60 \cdot \frac{\pi \cdot 2,2^2}{4} \cdot 1,1 \cdot 7 \cdot 0,6 \cdot 0,25 = 174,4 \text{ m/год}$$

Таким чином, конвеєр забезпечує задану годинну продуктивність. Визначимо продуктивність машини за добу:

$$\Pi_{\text{доб.}} = 174,4 \cdot 24 = 4185,6 \text{ т.б/добу};$$

Визначимо потужність мотор-редуктора;

$$N_p = \frac{M_{\text{кр.}} \cdot n_T}{975 \cdot \eta_m};$$

де  $M$  – крутній момент на осі барабанної мийної машини.

$$M_{\text{кр.}} = G_a + 2 \cdot P \cdot \frac{2 \cdot \mu + f \cdot d}{D_p} \cdot \frac{D_k}{2};$$

$G$  – вага буряководяної суміші в мийці,

$$G = q \cdot L,$$

$$\text{де, } q = \frac{\Pi}{3,6 \cdot v}, \text{ кг}$$

$$v = \frac{t \cdot n_T}{60} = \frac{1,1 \cdot 7}{60} = 0,1337 \text{ м/с};$$

$$\text{Відповідно: } q = \frac{\Pi}{3,6 \cdot v} = \frac{174,4}{3,6 \cdot 0,1337} = 362,3 \text{ кг};$$

$$G = q \cdot L = 362,3 \cdot 9 = 3260,7 \text{ кг};$$

При нерівномірності розподілення матеріалу по довжині барабана, обумовленої внутрішніми підпирними кільцями, зміною розрізу барабана, силу ваги матеріалу враховують по ділянкам в залежності від коефіцієнта заповнення на кожній ділянці;

$$q_i = 0,785 \cdot (\varphi)_i \cdot D_i \cdot l_i \cdot \rho_M \cdot g = 0,785 \cdot 0,25 \cdot 2,2 \cdot 9,1 \cdot 0,6 \cdot 9,81 = 25,41 \text{ кг.}$$

де,  $q_i$  – сила ваги матеріалу на  $i$ -тій ділянці;  $D_i$  та  $l_i$  – внутрішній діаметр барабана та довжина ділянки;  $\rho_M$  – густина матеріалу  $g$  – прискорення вільного паління.

### Конструктивний розрахунок

Сила ваги обичайки;

$$G_o = \pi \cdot D \cdot L \cdot \delta_o \cdot \rho_o \cdot g = 3,14 \cdot 2,2 \cdot 9,1 \cdot 10 \cdot 9,81 = 6167 \text{ кг}$$

$D$  та  $l$  – діаметр та довжина обичайки;

$\rho_o$  – густина металу обичайки  $\rho_o = 7,8$  (для сталей),

$\delta_o$  – товщина стінки обичайки

$$\delta_o = (0,0045 \dots 0,011) \cdot D = 0,007 \cdot 2220 = 9,99 \approx 10 \text{ мм}$$

Оскільки для обичайки барабану вибираємо матеріал *Лист* В20ГОСТ19903-74

*Ст.3ГОСТ16523-70*

то приймаємо товщину стінки  $\delta_o = 10$  мм.

Товщина під бандажної обичайки  $\delta_l = (1,5 \dots 2) \cdot \delta_o = 10 \cdot 2 = 20$  мм

$a$  – відстань від центру тяжіння буряком аси до вертикалі, що проходить через центр бурякомийки.

Для визначення вказаної відстані розрахуємо площу сегмента поперечного перерізу маси буряка в барабані –  $F$ , [1]:

Приймаємо, що  $h = 0,55$  м тоді,

$$c = 2 \cdot \sqrt{h \cdot (2 \cdot r - h)} = 2 \cdot \sqrt{0,55 \cdot (2 \cdot 1,1 - 0,55)} = 1,905 \text{ м;}$$

$$l = 0,01745 \cdot r \cdot \alpha = 0,01745 \cdot 1,1 \cdot 139 = 2,69 \text{ м;}$$

$$F = \frac{1}{2} \cdot (r \cdot l - c(r - h)) = \frac{1}{2} \cdot (1,1 \cdot 2,69 - 1,905 \cdot (1,1 - 0,55)) = 0,96 \text{ м}^2$$

Відстань  $\alpha$  від подовжувальної осі барабана до центру маси:

$$\alpha = \frac{(2 \cdot R \cdot \sin \frac{\delta}{2})^3}{12 \cdot F} = \frac{2 \cdot 1,1 \cdot \sin 69,5}{12 \cdot 0,96} = 0,49 \approx 0,5 \text{ м}$$

Відстань від центру маси буряків до вертикальної осі – с:

$$c = \alpha \cdot \sin 35^\circ = 0,5 \cdot \sin 35^\circ = 0,28 \approx 0,3 \text{ м}$$

$D_k = 2,5 \text{ м}$  – діаметр кільця труби;

$D_p = 0,62 \text{ м}$  – діаметр опорного ролика;

$$P = \frac{G + G_0}{2 \cdot \cos \alpha} \text{ – сила, яка тисне на опорні ролики, кг;}$$

$G_0 = 12690 \text{ кг;}$

$= 35^\circ$  – половина центрального кута між опорними роликами

$$\alpha = \frac{3260,7 + 12690}{2 \cdot \cos 35^\circ} = 9726,03 \text{ кг}$$

Приймаємо:  $\mu = 0,05 \text{ см; } f = 0,02; d = 0,12 \text{ м}$  (діаметр цапфи опорного ролика)

Отже, крутний момент;

$$M_{кр} = G \cdot \alpha + 2 \cdot P \cdot \frac{2 \cdot \mu + f \cdot d}{D_p} \cdot \frac{D_k}{2} = 3260 \cdot 0,5 + 2 \cdot 9726,03 \cdot \frac{2 \cdot 0,05 + 0,02 \cdot 0,12}{0,62} \cdot \frac{2,5}{2}$$

$$= 4348 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Розрахункова потужність двигуна:

$$N_p = \frac{M_{кр} \cdot n_T}{975 \cdot \eta_M} = \frac{4348 \cdot 7}{975 \cdot 0,85} = 36,7 \text{ кВт}$$

По каталогу фірми «NORD» вибираємо асинхронний трифазний мотор-редуктор типу SK 93-225 M, для якого  $N_d = 45 \text{ кВт; } n_b = 47 \text{ об/хв.}$

### Кінематичний розрахунок

Визначаємо загальне передаточне число привода:

$$U_{пр} = \frac{n_{дв.}}{n_{вих.}} = \frac{47}{7} = 6,7.$$

Визначаємо передаточне число фрикційної передачі;

$$D_б = 2,484$$

$$U_{\phi} = \frac{N_{\text{дк.}}}{0,6} = 4,14$$

Визначаємо потужність на валах приводу.

Визначаємо потужність на валу привода фрикційної передачі:

$$N_1 = N_{\text{дв.розр.}} = 36,7 \text{ кВт}$$

$$N_2 = N_1 \cdot \eta_{\text{муфт.}} \cdot \eta_{\text{фр.}}^2 \cdot \eta_{\text{фр.}} = 36,7 \cdot 0,99 \cdot 0,95 \cdot 0,993^2 = 34,03 \text{ кВт.}$$

Визначаємо частоту обертання валів приводу.

$$n_1 = n_{\text{дв.}} = 47 \text{ об/хв.}$$

$$n_2 = n_1 = 47 \text{ об/хв.}$$

$$n_{\phi} = \frac{n_2}{U_{\phi}} = \frac{47}{4,14} = 11,4 \text{ об/хв.}$$

Визначаємо кутові швидкості валів приводу:

$$\omega_1 = \frac{\pi \cdot n_1}{30} = \frac{3,14 \cdot 47}{30} = 4,92 \text{ с}^{-1}$$

$$\omega_2 = \omega_1 = 4,92 \text{ с}^{-1}$$

$$\omega_{\phi} = \frac{\pi \cdot n_{\phi}}{30} = \frac{3,14 \cdot 11,4}{30} = 1,19 \text{ с}^{-1}$$

Визначаємо крутні моменти на валах:

$$T_1 = \frac{N_1}{\omega_1} = \frac{36,7}{4,92} = 7,5 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$T_2 = T_1 \cdot \eta_{\text{муфт.}} = 7,5 \cdot 0,95 = 7,13 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$T_{\phi} = T_2 \cdot U_{\text{фр.}} \cdot \eta_{\text{муфт.}} \cdot \eta_{\text{ндш.}}^2 \cdot \eta_{\text{фр.}} = 7,13 \cdot 4,14 \cdot 0,99 \cdot 0,95 \cdot 0,993^2 = 27,4 \text{ Н} \cdot \text{м.}$$

Перевірка валів:

$$N_1 = T_1 \cdot \omega_1 = 7,5 \cdot 4,92 = 36,9 \text{ кВт}$$

$$N_2 = T_2 \cdot \omega_2 = 7,13 \cdot 4,92 = 35,08 \text{ кВт}$$

### Розрахунок фрикційної передачі

Для виготовлення котків назначаємо матеріали: ведучий коток із сталі 40X і ведений коток із сталі 40Л-II. При такому поєднанні матеріалів розрахунок передачі ведеться з умови стійкості ведучого котка проти прискороного відпрацювання шляхом обмеження тиску в контактї котків.

Для поєднання матеріалів текстоліт – сталь згідно [14 з табл.20.1] маємо коефіцієнт тертя  $f=0,14$ , для сталевих коліс без мастила; допустимий тиск –  $[q]= 50 \text{ Н/мм}$ .

Потрібні діаметри ведучого та веденого котка та фрикційної шестерні конструктивно приймаються відповідно  $d_1 = 600\text{мм}$ ,  $d_2 = 2508\text{мм}$ , а міжосьова відстань  $a = 889\text{мм}$ .

Потрібна ширина котків:

$$b = 0,22 \cdot 889 = 195,58 \text{ мм}$$

Приймаємо ширину котків: ведучого – 200мм, веденого – 180мм.

Потрібна сила притискання котків:

$$Q = \frac{K}{f} \cdot Ft = \frac{1,4}{0,14} \cdot 23766 = 23766\text{Н}$$

$K$  – коефіцієнт запасу зчеплення для силових передач  $K = 1,4$  [14 табл. 20.1]

Колова сила на котках:

$$Ft = \frac{2 \cdot T_2}{D_k} = \frac{2 \cdot 7,13 \cdot 10^3}{0,6} = 23766\text{Н}$$

Оскільки на кожне колесо при номінальному режимі роботи діє зусилля  $P = 9726,03 \text{ Н}$ , то забезпечується необхідне притискання Фрикційного бандажа до колеса, що гарантує нормальну роботу барабана.

$$P = 9726,03\text{Н} > Q = 23766\text{Н}$$

Крім цього створюється запас зачеплення.

Розрахунок опорних коліс виконується з умови контактної міцності поверхонь [14]:

$$\sigma_H = Z_M \cdot \sqrt{\frac{P \cdot k_\beta \cdot U_{\phi+1}}{b \cdot D_k} \cdot \frac{1}{U_\phi}} \leq [\sigma]_H;$$

$Z_M$  – коефіцієнт, що враховує властивості матеріалу коліс, МПа. Для сталевих коліс  $Z_M = 275\text{МПа}$  [14 с.211].

$k_\beta$  – коефіцієнт, нерівномірності розподілу навантаження по ширині колеса.

Приймаємо,  $k_\beta = 1,3$  [14 с.211].

$[O]_n$  - допустиме контактне напруження, МПа. При контакті сталі по сталі без мастила  $[O]_n = 1,4 \text{ НВ}$  [14 табл. 201].

Для виготовлення опорних коліс використовуємо поковки з сталі 40 для якої 187 В після високого відпуску.

Підставляючи дані отримаємо:

$$[O_n] = 1,4 \cdot 187 = 261 \text{ МПа};$$

$$O_n = Z_m \cdot \sqrt{\frac{P \cdot k_\beta \cdot U_{\phi+1}}{b \cdot D_k \cdot U_\phi}} = 275 \cdot \sqrt{\frac{9726,03 \cdot 1,3}{200 \cdot 600} \cdot \frac{4,14+1}{4,14}} = 99,46 \leq [O]_n = 261 \text{ МПа}$$

Умова контактної міцності виконується. Для виготовлення бандажа використовуємо прокат із сталі 40, без термообробки – твердість 217 НВ.

### **Розрахунок корпусу мийної машини на міцність**

Розрахунок міцності корпусу мийної машини включає врахування основного концентрованого навантаження - сили тяжіння фрикційного вінця. Колові зусилля на фрикційному вінці зазвичай не враховуються у розрахунках, оскільки розташування під вінцевою шестернею та напрямом обертання вибирають так, щоб вертикальна складова колового зусилля спрямована вгору і, відповідно, в деякій мірі розвантажує корпус машини від інших навантажень.

Такий підхід дозволяє оптимізувати конструкцію корпусу, забезпечуючи ефективну роботу фрикційного вінця та враховуючи дію силових факторів. Розташування та напрямом навантажень ретельно обираються для забезпечення необхідної міцності та довговічності корпусу мийної машини при роботі в умовах навантажень.

Другий етап розрахунку корпусу полягає в створенні епюри навантажень. Силу тяжіння металевго корпусу разом з під бандажними обичайками та іншими підсилюючими елементами розподіляємо на довжину барабана, враховуючи це як рівномірно розподілене навантаження. Оскільки в барабані міститься транспортуючий шнек, інтенсивність навантаження від

цих факторів залишається сталою по довжині барабана, що призводить до суттєвого зменшення кількості вузлів і деталей машини.

Такий підхід дозволяє ефективно враховувати навантаження на корпус, забезпечуючи рівномірний розподіл сил та мінімізацію навантаження на окремі елементи. Розташування та розподіл навантажень у вигляді епюри допомагає забезпечити оптимальну міцність та надійність корпусу мийної машини.

Розрахунок корпусу бурякомийки барабанного типу виконується як балки кільцевого перерізу, яка підтримується на двох опорах та навантажена системою розподілених навантажень, а також зосередженою силою, що виникає від фрикційної передачі.

Цей підхід дозволяє узагальнено розглядати корпус як структуру, що підтримується опорами та викладена на дію різноманітних навантажень, включаючи силу, що передається через фрикційну передачу. Розрахунки базуються на принципах теорії балок та враховують геометричні та матеріальні характеристики корпусу для отримання найточніших результатів щодо міцності та стійкості конструкції.

$$\Sigma M_A = 0;$$

$$-q \cdot \frac{490}{2} \cdot 490 + P \cdot 640 - R_B \cdot 640 + \frac{640+5360+2510}{2} \cdot q \cdot \frac{640+5360+2510}{2} = 0$$

$$R_B = \frac{-q \cdot \frac{490}{2} \cdot 490 + P \cdot 640 + q \cdot \frac{640+5360+2510}{2} \cdot \frac{640+5360+2510}{2}}{640+5360} =$$

$$= \frac{-58,86 \cdot \frac{490}{2} \cdot 490 + 4,8 + 640 + 58,86 \cdot \frac{640+5360+2510}{2} \cdot \frac{640+5360+2510}{2}}{640+5360} =$$

$$25540 \text{ кН}$$

$$640+5360$$

$$\Sigma M_B = 0;$$

$$R_A \cdot 640 + 5360 - P \cdot 5360 - q \cdot \frac{640 + 5360 + 2510}{2} \cdot 640 + 5360 + 2510 + q \cdot \frac{2510}{3} \cdot \frac{2510}{3} = 0$$

$$R_A = \frac{P \cdot 5360 + q \cdot \frac{2510 + 5360 + 640}{2} \cdot 2510 + 5360 + 640 - q \cdot \frac{2510}{3} \cdot 2510}{640 + 5360} =$$

$$= \frac{58,86 \cdot 5360 + 4,8 \cdot \frac{2510 + 5360 + 640}{2} \cdot 2510 + 5360 + 640 - 4,8 \cdot \frac{2510}{3} \cdot 2510}{640 + 5360} =$$

$$6918 \text{ кН}$$

Робимо перевірку:

$$R_A + R_B - P - q \cdot l = 6918 + 25540 - 58,86 - 4,8 \cdot (2510 + 5360 + 640 + 490) = 0.$$

Після знаходження величини реакції в опорах визначаються поперечні сили ( $Q_x$ ) та згинаючі моменти ( $M_x$ ) в поперечних перерізах корпусу.

Умова міцності має наступний вигляд:

$$\frac{M_{\max}}{W} \leq [O]$$

$M_{\max}$  – максимальний згинальний момент,

$W$  – момент опору в перерізі (для тонкого кільця  $W = \pi \cdot R^2 \cdot \delta$ ),

$[O]$  – допустиме напруження.

Допустиме напруження залежить від матеріалу з якого виконано корпус, та умов його експлуатації. Для корпусів, виконаних із зварних обичайок, які працюють при нормальній температурі  $[O] = 30 \text{ Мпа}$ .

Отже, поперечні навантаження:

$$Q_1 = 0$$

$$Q_{1,2} = -q \cdot 490 = -4,8 \cdot 490 = -2352 \text{ кН};$$

$$Q_{2,2} = -q \cdot 490 + R_A = -4,8 \cdot 490 + 6918 = 4566 \text{ кН};$$

$$Q_{3,1} = -q \cdot (490 + 640) + R_A = -4,8 \cdot (490 + 640) + 6918 = 1494 \text{ кН};$$

$$Q_{3,2} = -q \cdot (490 + 640) + R_A - P = -4,8 \cdot (490 + 640) + 6918 - 58,86 = -1435 \text{ кН};$$

$$Q_{4,1} = -q \cdot (490+640+5360) + R_A - P = -4,8 \cdot (490+640+5360) + 6918 - 58,86 = -24290 \text{кН};$$

$$Q_{4,2} = -q \cdot (490+640+5360) + R_A - P + R_B = -4,8 \cdot (490+640+5360+2510) + 6918 - 58,86 + 25540 = 1247 \text{кН};$$

$$Q_5 = -q \cdot (490+640+5360+2510) + R_A - P + R_B = -4,8 \cdot (490+640+5360+2510) + 6918 - 58,86 = 0 \text{кН};$$

Згинаючі моменти:

$$M_1 = 0;$$

$$M_2 = -q \cdot \frac{490}{2} \cdot 490 = -4,8 \cdot \frac{490}{2} \cdot 490 = -576240 \text{кН} \cdot \text{м};$$

$$M_3 = -q \cdot \frac{490+640}{2} \cdot (490+640) + R_A \cdot 640 =$$

$$= -4,8 \cdot \frac{490+640}{2} \cdot (490+640) + 6918 \cdot 640 = 1363000 \text{кН} \cdot \text{м};$$

$$M_4 = -q \cdot \frac{490+640+5360}{2} \cdot (490+640+5360) + R_A \cdot (640+5360) - P \cdot 640 =$$

$$= -4,8 \cdot \frac{490+640+5360}{2} \cdot (490+640+5360) + 6918 \cdot (640+5360) - 58,86 \cdot 640 = -596200 \text{кН} \cdot \text{м};$$

$$M_5 = -q \cdot \frac{490+640+5360+2510}{2} \cdot (490+640+5360+2510) + R_A \cdot (640+5360+490) -$$

$$P \cdot (640+490) + R_B \cdot 2510 =$$

$$= -4,8 \cdot \frac{490+640+5360+2510}{2} \cdot (490+640+5360+2510) + 6918 \cdot$$

$$x(640+5360+490) - 58,86 \cdot (640+490) + 25540 \cdot 2510 = 0 \text{кН} \cdot \text{м};$$

### Розрахунок бандажів

Розрахунок бандажів для машин барабанного типу є однією з найважливіших задач. Невправність бандажу може призвести до тривалої зупинки машини для проведення ремонту. Наприклад, для заміни одного з середніх бандажів в багатоопорній конструкції необхідно виконати операції,

такі як вирізання частини прилеглої обичайки корпусу, заміна бандажа і подальше вварювання цієї частини корпусу. У сфері цукрового виробництва це трудомістка та дорога операція, яка може призвести до послаблення корпусу. Тому проектна довговічність бандажа становить 10-15 років. Використовуваний матеріал для бандажа - сталь 40, а сам бандаж виготовлений методом лиття.

Розглядаючи питання про збільшення довговічності бандажа, слід враховувати вибір матеріалу для ролика. Оскільки ролик здійснює в 3-4 рази більше обертів, ніж бандаж, з точки зору рівномірності його міцність повинна перевершувати міцність бандажа для подовження терміну його служби. При виготовленні бандажа із сталі 40Л, ролик може бути виготовлений із сталі 25Л. Заміна ролика є менш складною процедурою порівняно з бандажем. Враховуючи, що на бандаж навантаження передаються через реакції в опорах, важливо підібрати такий матеріал для ролика, який витримає зазначені навантаження і забезпечить ефективну роботу системи протягом тривалого часу.

Обозначимо через  $P$  будь-яку з реакцій  $R_a, R_b, R_i$ .

Реакція опорного ролика  $T = P/(2\cos\psi) = 25410/(2\cos 32,5) = 15064\text{Н}$ , де  $\psi$  – половина центрального кута між реакціями  $\psi = 32,5^\circ$ .

Для зменшення кута  $T$  кут  $2\psi$  повинен бути мінімальним. Зменшення кута обмежене можливістю зкидання барабану з роликів, особливо в момент пуску машини. Дуже великий кут  $2\psi$  може призвести до затиснення бандажа роликками. Оптимальне значення  $2\psi - 65^\circ$ . Жорстко закріплений з корпусом бандаж вважають навантаженим по всій довжині кола.

Приймають, що навантаження рівномірно розподілене по колу і має інтенсивність  $q = P/(2 \cdot \pi \cdot R) = 25410/(2 \cdot 3,14 \cdot 1,1) = 3678\text{Н}$ . Після розкриття статичної невизначеності будемо епюру згинальних моментів, яка при  $2\psi = 65^\circ$  має вигляд, показаний на (мал.4,б); максимальний згинальний момент при  $\alpha = 150^\circ$ , і  $\alpha = 210^\circ$

$$M_{\max} = 0,0857 \cdot P \cdot R = 0,0857 \cdot 3678 \cdot 1,1 = 346,7\text{Н}\cdot\text{м}$$

Приймаємо ширину бандажа  $B = 180\text{мм}$

### **Опорні ролики**

Опорні ролики призначені для передачі навантаження від вінцевої шестерні на корпус барабана. Вони повинні забезпечувати плавне і безшумне обертання барабана, а також запобігати його перекосу.

Ширина опорного ролика повинна перевищувати ширину бандажа по крайній мірі на суму температурної деформації корпусу і зазорів між опорними роликами і боковими поверхнями бандажів.

У даному випадку корпус працює в умовах відсутності підвищення температур, тому ширина опорного ролика дорівнює ширині бандажа, тобто 180 мм.

Діаметр опорного ролика приймається в залежності від зовнішнього діаметра бандажа в межах  $0,25 D_b \leq d_p \leq 0,33 D_b$ .

У даному випадку зовнішній діаметр бандажа дорівнює 620 мм, тому діаметр ролика приймається  $d_p = 620\text{ мм}$ .

На вісь опорного ролика діє зусилля  $T$  від сили тяжіння фрикційного вінця. Якщо вісь не сприймає осьового навантаження, то розрахунковий момент, що діє на вісь, визначається за формулою:

$$M = T * L$$

де:

$T$  - зусилля, що діє на вісь, Н;

$L$  - відстань від точки прикладання зусилля до осі, м.

Якщо вісь сприймає осьове навантаження  $A$ , то розрахунковий момент визначається за формулою:

$$M = T * L - A * R$$

де:

$A$  - осьове навантаження, Н;

$R$  - радіус осі, м.

Для осі виконують проектний розрахунок, а після відпрацювання конструкції - уточнений розрахунок, з врахуванням знакозмінного навантаження і концентраторів навантаження.

#### *Розрахунок опорного ролика на міцність*

При розрахунку опорного ролика на міцність необхідно враховувати такі навантаження:

Зусилля  $T$  від сили тяжіння фрикційного вінця;

Нормальні напруження, викликані дією навантаження  $T$ ;

Торсійні напруження, викликані дією моменту  $M$ .

Нормальні напруження визначаються за формулою:

$$\sigma_n = T / A$$

де:  $\sigma_n$  - нормальні напруження, МПа;

$T$  - зусилля, що діє на ролик, Н;

$A$  - площа поперечного перерізу ролика, м<sup>2</sup>.

Торсійні напруження визначаються за формулою:

$$\sigma_t = M / W$$

де:  $\sigma_t$  - напруження, МПа;  $M$  - момент, що діє на ролик, Нм;  $W$  - момент інерції поперечного перерізу ролика, кг/м<sup>2</sup>.

Якщо напруження, викликані цими навантаженнями, не перевищують допустимих, то опорний ролик витримує їхню дію.

Опорні ролики є важливими елементами мийної машини. Вони повинні забезпечувати плавне і безшумне обертання барабана, а також запобігати його перекосу. Для цього вони повинні бути правильно спроектовані і виготовлені з міцних матеріалів.

## Упорні ролики

Щоб забезпечити кочення упорного ролика по похилій боковій поверхні банджа без проковзування, вершина конічної поверхні ролика повинна точно розташовуватися на осі барабана. Такий розташування дозволяє ролику ефективно пристосовуватися до форми банджа та виконувати свою функцію без виникнення проковзувань, що може призвести до несправностей в роботі системи. Забезпечення правильного розташування вершини конічної поверхні ролика на осі барабана є ключовим для оптимальної ефективності та довговічності системи.

Якщо упорний ролик утримує барабан від зковзування з опорних роликів, то навантаження  $A$ , що діє на нього, є осьовою складовою сили тяжіння  $G$  похило розміщеного барабана;  $A = G \cdot \sin \alpha = 58860 \cdot \sin 65 = 53345.3 \text{ Н}$ .

Сила  $T_2$  – нормальна по відношенню до бічних поверхонь ролика:

$$T_2 = A / \cos(\gamma/2) = 53345,3 / \cos(40/2) = 56768,8 \text{ Н}$$

$\gamma$  – кут при вершині конуса,  $\gamma = 40^\circ$

Упорний ролик розраховують на контактні напруження по формулі:

$$\sigma_k = 0,418 \cdot \sqrt{\frac{T_2 \cdot E}{H_{зр} \cdot \left(\frac{D_{ср}}{2}\right) \cdot \sin\left(\frac{\gamma}{2}\right)}} \leq [\sigma_k];$$

$H_{зр}$  – висота упорного ролика,  $H_{зр} = 125 \text{ мм}$ ,

$D_{зр}$  – діаметр банджа в місці його дотикання середини ширини упорного ролика,  $D_{зр} = 2442 \text{ мм}$

$d_{зр}$  – середній діаметр упорного ролика,  $d_{зр} = 427 \text{ мм}$

$$\sigma_k = 0,418 \cdot \sqrt{\frac{T_2 \cdot E}{H_{зр} \cdot \left(\frac{D_{ср}}{2}\right) \cdot \sin\left(\frac{\gamma}{2}\right)}} = 0,418 \cdot \sqrt{\frac{56768 \cdot 2 \cdot 10^5}{125 \cdot \left(\frac{2442}{2}\right) \cdot \sin\left(\frac{40}{2}\right)}} = 136,446 \leq [\sigma_k] =$$

= 400 МПа

## 4.2. Підбір конструкційних матеріалів

Вибір конструкційних матеріалів для обладнання цукрової промисловості є важливим завданням, оскільки від нього залежить надійність і довговічність обладнання, а також його економічна ефективність.

При виборі матеріалів необхідно враховувати такі фактори:

– Умови експлуатації обладнання. До них відносяться температура, величина навантаження та його циклічність, характер агресивної взаємодії середовища та ін.

– Критерії роботоздатності виробу. До них відносяться міцність, жорсткість, стійкість, зносостійкість, корозійна стійкість.

– Технологічні властивості матеріалів. До них відносяться литво, оброблюваність, зварність та ін.

Міцність є одним з найважливіших критеріїв роботоздатності виробу. Для деталей, що працюють в умовах статичного навантаження, використовують матеріали з високими міцними характеристиками, наприклад, вуглецеві сталі. Для деталей, що працюють в умовах циклічного навантаження, використовують матеріали з високою межею витривалості, наприклад, леговані сталі.

Жорсткість є важливим критерієм для деталей, що працюють під навантаженням, наприклад, вали передач. Для таких деталей використовують матеріали з високим модулем пружності, наприклад, сталі.

Зносостійкість є важливим критерієм для деталей, що контактують з іншими деталями або середовищем, наприклад, зубчасті колеса, направляючі. Для таких деталей використовують матеріали з високою твердістю, наприклад, леговані сталі, чавуни.

Корозійна стійкість є важливим критерієм для деталей, що працюють в агресивному середовищі, наприклад, корпуси машин. Для таких деталей використовують матеріали з високою стійкістю до корозії, наприклад, нержавіючі сталі, пластмаси.

Для виготовлення обладнання цукрової промисловості застосовують такі матеріали:

– Метали та сплави. Це найбільш поширені матеріали для виготовлення обладнання цукрової промисловості. Метали та сплави мають високі міцнісні характеристики, зносостійкість, хімічну стійкість. До них відносяться вуглецеві сталі, леговані сталі, чавуни, кольорові метали та сплави.

– Мінералоосилікатні матеріали. Це матеріали, які отримують шляхом обробки мінеральних сировин. Вони мають високу міцність, жорсткість, зносостійкість. До них відносяться кераміка, скло, бетон.

– Полімерні матеріали. Вони мають низьку щільність, високу зносостійкість, стійкість до корозії. До них відносяться пластмаси, каучуки.

– Композитні матеріали. Вони складаються з двох або більше компонентів, які мають різні властивості. Вони мають високу міцність, жорсткість, зносостійкість, стійкість до корозії. До них відносяться композити на основі полімерних матеріалів, металів, кераміки.

Вибір конкретного матеріалу для виготовлення обладнання цукрової промисловості здійснюється на основі комплексного аналізу всіх факторів, що впливають на його роботу.

Додаткова інформація:

– Для деталей, що працюють в умовах високих температур, використовують жароміцні матеріали, наприклад, хромонікелеві сталі, нікелеві сплави.

– Для деталей, що працюють в умовах низьких температур, використовують морозостійкі матеріали, наприклад, вуглецеві сталі з низьким вмістом вуглецю, нікелеві сплави.

– Для деталей, що працюють в умовах ударних навантажень, використовують високоміцні матеріали, наприклад, леговані сталі, високоміцні чавуни.

- Для деталей, що працюють в умовах вібраційних навантажень, використовують високоміцні матеріали з високою жорсткістю, наприклад, леговані сталі, чавуни.

- Для деталей, що працюють в умовах агресивного середовища, використовують матеріали з високою стійкістю до корозії, наприклад, нержавіючі сталі, пластмаси, композитні матеріал

Таблиця 4.2.1. Конструкційні матеріали барабанної бурякомийки

<i>Назва деталі машини</i>	<i>Матеріали</i>	<i>Номер та дата дозволу МОЗ України</i>
Барабан бурякомийки, царга	Ст.3 ГОСТ 38094	126-14/1040-3,30.11.73
Бандажі	40Л-II ГОСТ 977-88	
Опорні ролики	25Л-II ГОСТ 977-88	
Опорні ролики	Ст.3сп ГОСТ 380-94	
Вісь упорного ролика	Сталь 20 ГОСТ 1050-88	123-12/328-7,07.08.79
Вісь опорного ролика	Сталь 45 ГОСТ 1050-88	08С/Б-7-450,05.04.62
Сектор спіралі	Ст.3 ГОСТ 380-94	
Вал привода	Сталь 45 ГОСТ 1045-74	08С/Б-7-128,18.07.63
Шестерня	40Л-II ГОСТ 977-75	
Корпус підшипника	СЧ 15 ГОСТ 1412	
Водовідділювач	Ст.3 ГОСТ 380-94	123-14/1460-7,26.05.71
Сектор спіралі	Ст.3 ГОСТ 380-94	126-14/1040-3,30.11.73

- Барабан бурякомийки, царга, а також сектори спіралі виготовляються з вуглецевої сталі Ст.3. Цей матеріал має достатню міцність для експлуатації в умовах бурякомийки, а також добре зварюється.
- Бандажі виготовляються з легованої сталі 40Л-II. Цей матеріал має підвищену твердість і зносостійкість, що важливо для деталей, що контактують з робочим середовищем.
- Опорні ролики виготовляються з вуглецевої сталі Ст.3 або Ст.3сп. Цей матеріал має достатню міцність для експлуатації в умовах бурякомийки.
- Вісь опорного ролика може виготовлятися як з вуглецевої сталі Сталь 20, так і з легованої сталі Сталь 45. Сталь Сталь 20 має меншу вартість, але меншу міцність, ніж Сталь 45.
- Вал привода виготовляється з легованої сталі Сталь 45. Цей матеріал має підвищену міцність, необхідну для передачі крутного моменту від електродвигуна до барабана бурякомийки.
- Шестерня виготовляється з легованої сталі 40Л-II. Цей матеріал має підвищену твердість і зносостійкість, що важливо для деталей, що контактують з робочим середовищем.
- Корпус підшипника виготовляється з чавуну СЧ 15. Цей матеріал має достатню міцність для експлуатації в умовах бурякомийки.

Вибір матеріалів для деталей бурякомийки здійснюється на основі таких критеріїв, як:

- Умови експлуатації: температура, навантаження, характер середовища.
- Критерії роботоздатності: міцність, жорсткість, зносостійкість, корозійна стійкість.
- Технологічні властивості: литво, оброблюваність, зварність.
- Враховуючи ці критерії, для деталей бурякомийки вибираються матеріали, які забезпечують їх надійну і довговічну експлуатацію.

### 4.3. Розрахунок потужності потоку води сопла модернізованого обладнання

Процес використання кінетичної енергії високонапірних струменів води за прогнозованими даними, що діє на коренеплід цукрового буряка описується наступними залежностями і визначається співвідношенням таких параметрів:

1. Потужність потоку води, що використовується на відмивання коренів, Вт:

$$W = \frac{mv^2}{2}, \quad (4.1)$$

де:  $m$  – масові витрати потоку, кг/с;  $v$  – швидкість потоку в щілині, м/с.

2. Співвідношення між масовими і об'ємними витратами води, кг/с:

$$m = \rho V, \quad (4.2)$$

де:  $\rho$  – питома маса води, кг/м<sup>3</sup>;  $V$  – об'ємні витрати води, м<sup>3</sup>/с.

3. Потужність потоку води, виражена через тиск  $P$ , Вт:

$$W = PV, \\ P = \frac{mv^2}{2V}. \quad (4.3)$$

### 4.4. Технологія машинобудування

#### *Розроблення технологічного процесу складання вала*

Горизонтальний вал, використовуваний у приводі барабанної бурякомийки, представлений на рисунку 4.3.1. Під час збірки даного вузла завжди розпочинають з основної деталі, яку називають базовою. Згідно аналогії, з базовою підгрупою асоціюється основна підгрупа, з якої відбувається збірка вказаної групи. Базовою групою називається основна група, яка служить вихідною точкою для збірки всієї машини. У цьому контексті важливо дотримуватися послідовності та правильної організації елементів для ефективної збірки бурякомийки.

Технологічні схеми формують окремо для загальної зборки виробу та для зборки кожного його вузла чи підвузла. При їх створенні дотримуються

певних принципів. У лівій частині схеми, в межах рамки, вказують базовий елемент (базову деталь або базовий вузол, підвузол). Натомість, в кінцевій, правій частині схеми вказують виріб (вузол, підвузол) в готовому стані.

Цей підхід дозволяє чітко визначити послідовність збирання виробу, враховуючи структуру його елементів. При цьому базовий елемент служить стартовим пунктом, а виріб – кінцевим результатом. Така організація технологічних схем сприяє ефективності та зручності виробничого процесу, спрощуючи розуміння логіки збірки та взаємозв'язку між компонентами виробу.

Схема складання є графічним документом, який відображає послідовність виготовлення виробу. Вона складається з прямокутників, які представляють найменування деталей і їхні позиції на кресленні, а також умовних позначень, що містять технологічні вказівки.

Вертикальні стрілкові лінії на схемі із стрілками наочно вказують порядок складання окремих складальних одиниць. У цей час горизонтальна лінія, розташована у центрі схеми, ілюструє послідовність з'єднання складальних одиниць 1-го порядку, використовуючи стандартні вироби.

Для полегшення розуміння використовуються умовні позначення, такі як Ст (складання на стенді), Вив. (вивірка), Конт. (контроль), Вип. (випробування), Фар. (фарбування, консервація). Ці позначення дозволяють чітко визначити етапи виробничого процесу та контролю за якістю продукції.

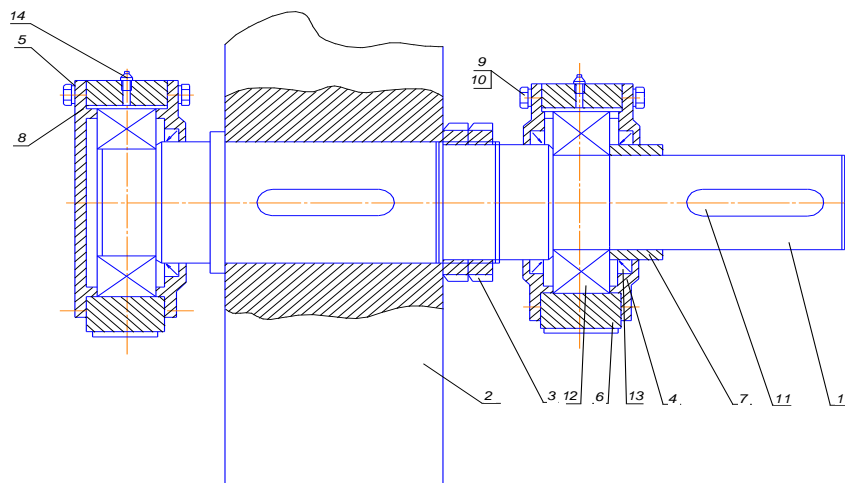


Рис. 4.3.1. Вал приводу барабанної бурякомийки

1 – Вал; 2 – шестерня; 3 – гайка; 4 – корпус; 5 – корпус; 6 – корпус; 7 – втулка; 8 – кришка глуха; 9 – болт М8; 10 – шайба; 11 – шпонка; 12 – підшипник; 13 – манжета; 14 – прес-маслянка.

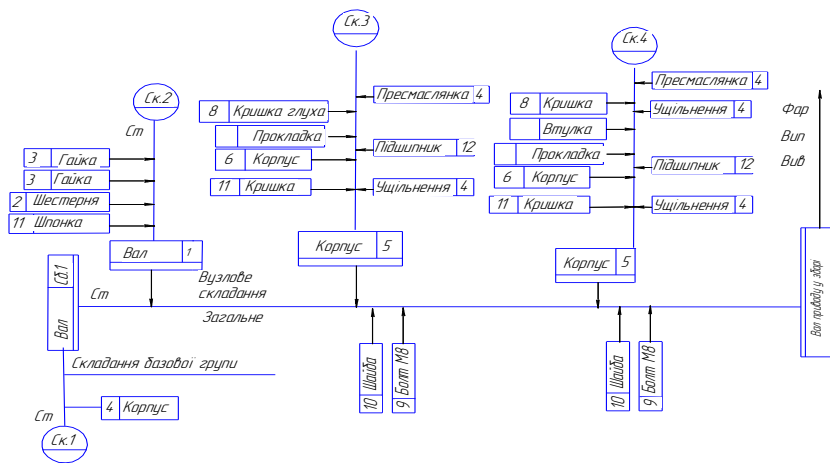


Рис. 4.3.2. Технологічна схема складання горизонтального вала

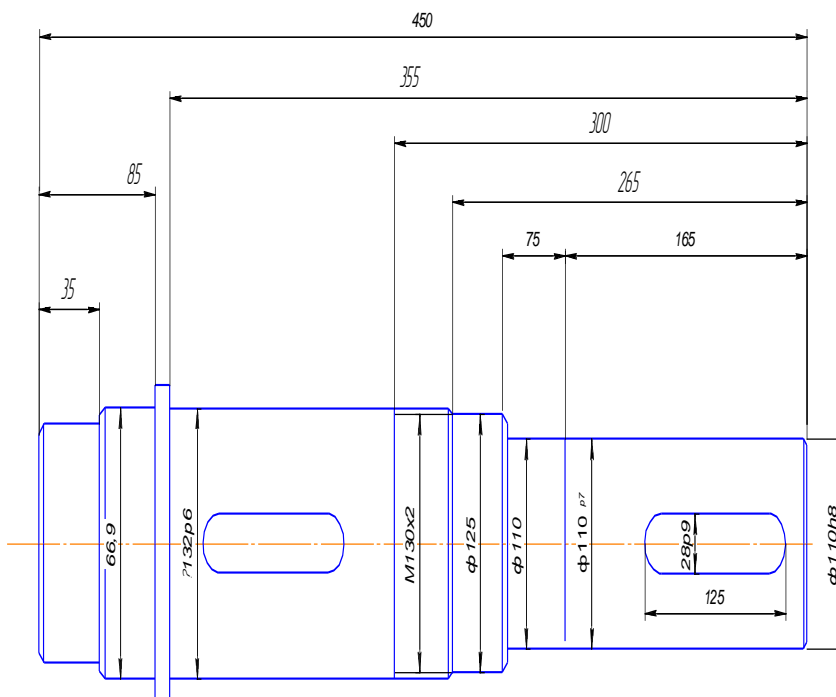
Таблиця 4.3.1. Технологічний маршрут складання горизонтального вала привода бурякомийки

№ операції	№ переходу, зміст переходу
10. Збирання вала (Ск. 1)	10.1 Установити вал на складальному стенді й закріпити його 10.2. Очистити канавки від стружки 10.3 Установити шпонку на вал 10.4 Надіти фрикційну шестерню Встановити складальний вузол «горизонтальний вал» в «корпус Ск. 2».
20. Збирання корпусу (Ск. 2)	20.1 Установити валу на складальному стенді і закріпити його 20.2 Встановити сальник в кришку та надіти кришку на вал 20.3. Встановити корпус 20.4 Надіти підшипник 20.5. Встановити прокладку 20.6 Встановити кришку 20.7-10. Встановити шайби 20.11-14. Встановити болти 20.15. Встановити складальний вузол «горизонтальний вал» в «корпус Ск. 3».
30 Збирання корпусу (Ск. 3)	30.1 Встановити складальний вузол «горизонтальний вал» в «корпус Ск. 3». 30.2. Очистити різьбові отвори 30.1 Установити валу на складальному стенді і закріпити його 30.2 Встановити сальник в кришку та надіти кришку на вал 30.(3-6)Встановити шайби 30.(7-10) Встановити болти М8 30.11. Встановити корпус 30.12 Надіти підшипник 30.13 Встановити сальник в кришку та надіти кришку на вал 30.14 Встановити втулку на вал 30.15-18. Встановити шайби 30.19-23. Встановити болти М8 30.15. Встановити складальний вузол «горизонтальний вал» в

40. Контрольна	80.1. Проконтролювати роботу вала
50. Фарбування	90.1 Пофарбувати виріб залізним суриком
60. Консервація	100.1. Нанести захисне покриття або використати спосіб «чохол» (обмотування полімерною плівкою)

### *Розрахунок надійності приводного валу*

#### 1. Визначення ймовірності безвідмовної роботи приводного валу



Ймовірність безвідмовної роботи приводного валу визначається як ймовірність того, що вал не вийде з ладу протягом заданого періоду часу.

Загальна ймовірність безвідмовної роботи приводного валу визначається як добуток ймовірностей безвідмовної роботи всіх його елементів:

$$P = P_1 * P_2 * \dots * P_n, \text{ де:}$$

- $P$  - загальна ймовірність безвідмовної роботи приводного валу;
- $P_1, P_2, \dots, P_n$  - ймовірності безвідмовної роботи окремих елементів приводного валу.

Для визначення ймовірностей безвідмовної роботи окремих елементів приводного валу необхідно використовувати дані про їхню надійність. Ці дані можуть бути отримані з лабораторних випробувань, статистичного аналізу даних експлуатації або на основі експертної оцінки.

#### *Аналіз надійності приводного валу*

Аналіз надійності приводного валу дозволяє оцінити його працездатність в даний момент часу і протягом заданого періоду часу.

Для аналізу надійності приводного валу необхідно визначити його ймовірність безвідмовної роботи, а також ймовірності виникнення відмов окремих елементів приводного валу.

#### *Ймовірність безвідмовної роботи приводного валу*

Ймовірність безвідмовної роботи приводного валу визначається як ймовірність того, що вал не вийде з ладу протягом заданого періоду часу.

Ймовірності виникнення відмов окремих елементів приводного валу

визначаються на основі даних про їхню надійність. Ці дані можуть бути отримані з лабораторних випробувань, статистичного аналізу даних експлуатації або на основі експертної оцінки.

#### *Оцінка працездатності приводного валу*

Оцінка працездатності приводного валу проводиться на основі його ймовірності безвідмовної роботи. Чим вища ймовірність безвідмовної роботи, тим вища працездатність приводного валу.

#### *Оцінка працездатності приводного валу протягом заданого періоду часу*

Оцінка працездатності приводного валу протягом заданого періоду часу проводиться на основі його ймовірності безвідмовної роботи протягом цього періоду часу.

2. Проведемо розрахунок ймовірності безвідмовної роботи черв'ячного валу для критичного перерізу в місці переходу діаметрів:

Вихідні данні

$$d_1 = 110 \text{ mm}$$

$$d_2 = 132 \text{ mm}$$

$$r_r = 1$$

Марка: Сталь 45

3. Шляхом інтерполяції знаходимо за таблицями ефективні коефіцієнти напружень при згинанні та крученні:

$$\sigma_{вр} = 650 \text{ МПа},$$

$$M_{зг} = 80 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_{кр} = 45 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$; \frac{d_1}{d_2} = \frac{132}{110} = 1,3; K_\sigma = 1,66; K_\tau = 1,7.$$

4. Масштабний фактор при згинанні та крученні визначаємо за табл. 4 за величиною його меншого діаметра (діаметр вала  $d_1$ ).

Для нашого прикладу  $d_2 = 132$  мм коефіцієнти дорівнюють:  $\varepsilon_\sigma = 0,83$ ;  $\varepsilon_\tau = 0,71$

5. Середні значення амплітуд напружен  $\frac{r_2}{d_2} = \frac{1}{132} = 0,015$  при згинанні та крученні для нашого прикладу визначають за формулами:

$$\sigma_{зг} = \frac{M_{зг}}{W_{зг}} = \frac{32M_{зг}}{\pi d_2^3} = \frac{32 \cdot 80 \cdot 10^3}{\pi (132)^3} = 6,529 \text{ МПа};$$

$$\tau_{кр} = \frac{M_{кр}}{W_{кр}} = \frac{M_{кр}}{0,2d_2^3} = \frac{45 \cdot 10^3}{0,2(132)^3} = 1,8 \text{ МПа},$$

де  $W_{зг}$ ,  $W_{кр}$  - момент опору при згинанні та крученні в критичному перерізі валу,  $\text{мм}^3$ .

6. Коефіцієнти запасу міцності при згинанні та крученні валу становить відповідно:

$$n_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{\frac{K_\sigma}{\varepsilon_\sigma} \sigma_u} = \frac{280}{\frac{1,66}{0,83} 101,9} = 1,37;$$

$$n_{\tau} = \frac{2\tau_{-1}}{\frac{K_{\tau}}{\varepsilon_{\tau}} \tau_{кр}} = \frac{2 \cdot 140}{\frac{1,7}{0,71} 28,1} = 4,16;$$

де  $\sigma_{-1} = 280$  МПа,  $\tau_{-1} = 140$  МПа – границі витривалості матеріалу валу (Сталь 45) відповідно при згинанні та крученні.

7. Загальний сумарний коефіцієнт запасу міцності визначається за формулою:

$$n = \frac{n_{\sigma} \cdot n_{\tau}}{\sqrt{n_{\sigma}^2 \cdot n_{\tau}^2}} = \frac{1,37 \cdot 4,16}{\sqrt{1,37^2 \cdot 4,16^2}} = \frac{5,69}{5,69} = 1.$$

8. Середнє квадратичне відхилення амплітуд напружень:

$$S_a = \frac{A \cdot \sigma_{зз}}{3} = \frac{0,56 \cdot 101,9}{3} = 19,02 \text{ МПа, де } A = \frac{M_{кр}}{M_{зз}} = \frac{45}{80} = 0,56.$$

9. Коефіцієнт варіації амплітуд

$$v_a = \frac{S_a}{\sigma_{зз}} = \frac{19,02}{101,9} = 0,18$$

10. Приймаємо сумарний коефіцієнт варіації амплітуд  $v_a = 0,2$ . Знаходимо за графіком ймовірність відмови (руйнування черв'ячного валу в критичному перетині) при одержаних розрахункових даних ( $n = 1,75$ ;  $v_a = 0,24$ ). Ймовірність руйнування черв'ячного валу в критичному перерізі:  $F(t) = 0,03$ .

11. Враховуючи співвідношення між ймовірностями безвідмовної роботи і відмов, ймовірність безвідмовної роботи вала становить:

$$P(t) = 1 - F(t) = 100 - 0,03 = 99,7.$$

Одержаний показник свідчить, що вал має високу експлуатаційну надійність

### ***Сертифікація елементів технологічного обладнання***

Схема 3 сертифікації елементів технологічного обладнання передбачає, що:

- 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.

Ця схема є найбільш поширеною для сертифікації елементів технологічного обладнання. Вона дає можливість забезпечити достатній рівень гарантій якості продукції, при цьому не вимагає від виробника занадто великих витрат.

Етапи сертифікації за схемою 3:

1. Заявник подає заявку на сертифікацію в орган сертифікації. Заявка повинна містити такі документи:
  - Заява на сертифікацію;
  - Технічна документація на продукцію;
  - Результати випробувань продукції, проведених виробником.
2. Орган сертифікації проводить попередню оцінку заявки. На цьому етапі орган сертифікації перевіряє, чи відповідає заявка вимогам законодавства та нормативно-технічної документації.
3. Орган сертифікації проводить обстеження виробництва. Під час обстеження виробництва орган сертифікації перевіряє, чи відповідає виробництво вимогам нормативно-технічної документації.
4. Орган сертифікації проводить випробування продукції. Випробування продукції проводяться на зразках, які відібрані органом сертифікації.
5. Орган сертифікації приймає рішення про сертифікацію продукції. Якщо результати випробувань продукції відповідають вимогам нормативно-технічної документації, орган сертифікації видає сертифікат відповідності.

Термін дії сертифіката відповідності:

Термін дії сертифіката відповідності за схемою 3 встановлюється органом сертифікації, але не може бути більше 5 років.

Переваги схеми 3:

- Дозволяє забезпечити достатній рівень гарантій якості продукції.
- Не вимагає від виробника занадто великих витрат.
- Є найбільш поширеною схемою сертифікації елементів технологічного обладнання.

Недоліки схеми 3:

- Не вимагає проведення атестації виробництва.

Серійність виробів, що сертифікуються	Обов'язковість проведення робіт щодо виробів, які сертифікуються					Документи, що видаються органом з сертифікації продукції
	Обстеження її виробництва	Атестації її виробництва	Сертифікації системи якості її виробництва	Її випробувань з метою сертифікації	Технічного нагляду за її виробництвом	
1	2	3	4	5	6	7
Одиничний виріб: підшипник	Не проводиться	Не проводиться	Не проводиться	Проводяться по кожному виробу	Не проводиться	Сертифікат відповідності на кожний виріб
Партія продукції: червячне колесо, червячний вал, маслорігнне кільце, корпус	Не проводиться	Проводиться, якщо вирішено органом з сертифікації та заявником	Не проводиться	Проводяться на зразках, що відібрані в порядку і в кількості, які встановлені органом з сертифікації	Проводяться тільки при наявності угоди між замовником та органом з сертифікації щодо атестації виробництва в порядку, визначеному органом з сертифікації	Сертифікат відповідності та партії продукції (виробів) з наведенням розміру сертифікованої партії
Продукція, що випускається серійно: шайба, кришка, вулкан, манжета, шпонка, болт, стакан	Проводиться	Не проводиться	Не проводиться	Проводяться на зразках, що відібрані в порядку і в кількості, які встановлені органом з сертифікації	Проводиться в порядку, що визначений органом з сертифікації	Сертифікат з терміном дії, що встановлюється ліцензійною угодою (до одного року)
	Не проводиться	Проводиться	Не проводиться	Проводяться на зразках в порядку і в кількості, які встановлені органом з сертифікації	Проводиться в порядку, що визначений органом з сертифікації	Сертифікат з терміном дії, що встановлюється ліцензійною угодою з урахуванням терміну дії атестату виробництва (до двох років)
	Не проводиться	Не проводиться	Проводиться органом з сертифікації систем якості	Проводяться на зразках, що відібрані в порядку і в кількості, які встановлені органом з сертифікації	Проводиться в порядку, що визначений органом з сертифікації	Сертифікат з терміном дії, що встановлюється ліцензійною угодою з урахуванням терміну дії сертифікату на систему якості (до трьох років)

- Не вимагає сертифікації систем якості.

Застосування схеми 3:

Схема 3 застосовується для сертифікації елементів технологічного обладнання, які випускаються серійно. Ця схема також може застосовуватися

для сертифікації елементів технологічного обладнання, які випускаються партіями, якщо виробник має можливість забезпечити достатній рівень гарантій якості продукції.

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

Бурякомийка монтується на металевій рамі. Визначення висоти установки мийки над підлогою першого поверху проводиться так, щоб забезпечити достатній простір для підходу під корпусом машини.

У цьому випадку важливо обрати таку висоту, яка забезпечить комфортний доступ та зручність обслуговування бурякомийки. Це також сприяє ефективному функціонуванню та можливості виконання технічного обслуговування, необхідного для забезпечення надійності та тривалого терміну служби обладнання.

Такий підхід гарантує, що користувачам буде зручно взаємодіяти з бурякомийкою, а також спрощує можливі ремонтні та обслуговувальні роботи, забезпечуючи високий рівень ефективності та зручності в експлуатації обладнання.

Перед початком монтажу бурякомийки проводять процедуру розконсервації та ревізії вузлів. Для здійснення монтажу використовують вантажопід'ємні машини, такі як блоки, поліспасти та лебідки. Над бурякомийкою встановлюється металева конструкція для кріплення блоків або встановлюється тельфер з вантажопід'ємністю 10 тонн.

Згідно з кресленнями, проводять розмітку вісі барабана на робочій площадці та встановлюють опорні металоконструкції у вигляді балок. На ці балки монтується рама та водозбірник барабанної мийки. Важливим етапом є перевірка правильності встановлення, відповідність кресленням та забезпечення горизонтальності в поздовжньому та поперечному напрямках.

Цей процес гарантує не лише правильний монтаж обладнання, але й його надійну та ефективну роботу під час експлуатації. Перевірка

відповідності кресленням та горизонтальності важлива для забезпечення оптимальної функціональності та довговічності бурякомийки.

Під підшипники роликів опор монтують фундаментні плити. Важливо виконати ретельну перевірку плит щодо їхнього положення відносно осі барабана. Усі фундаментні плити повинні бути розташовані на одній горизонтальній площині та знаходитися на однаковій відстані від осі.

Після цього на ці плити монтується встановлення підшипників та опорних роликів. Важливо перед встановленням ретельно перевірити поверхні вкладишів підшипників, шийки валів, а також опорних роликів та поверхні малих роликів. Цей етап важливий для забезпечення правильної роботи та тривалого терміну служби обладнання.

Правильно вирівняні та належно встановлені елементи гарантують ефективну та надійну роботу бурякомийки, а також полегшують подальший процес технічного обслуговування та експлуатації.

Для монтажу барабана його піднімають та закріплюють бандажами на ролики. Послідовно піднімають та фіксують обидві половини фрикційного вінця на барабані. Проводиться перевірка положення барабана та його вінця в радіальному напрямку, використовуючи рейсмус або індикатор, обертаючи барабан кілька разів. Якщо виявлені неточності, вони виправляються за допомогою підкладок, які прикріплюються до барабана методом зварювання.

Перед установкою приводу на місце, його підшипники розбирають для перевірки стану вкладишів за шийками вала. Після цього проводиться перевірка шабрування за допомогою фарби. Підшипники знову збираються, а потім встановлюють привід на місце. Цей процес забезпечує правильний монтаж та належну якість функціонування бурякомийки.

Перевірка приводу проводиться шляхом вирівнювання рисок кіл великого вінця та шестерні привода так, щоб вони співпадали між собою. Горизонтальність установки привода перевіряється рівнем, для вирівнювання використовують прокладки під раму.

Радіальне биття бандажа повинно бути не більше 3 мм, ролика – 0,5 мм.

Осьовий розбіг роликів перевіряється щупом і не повинен перевищувати 2 мм. Вісі роликів повинні бути паралельні осі барабана. Частота обертання барабана складає 4 оберти на хвилину.

Після ретельної перевірки встановлення та збирання барабана встановлюють мотор-редуктор від фірми «NORD» на спеціальних опорних конструкціях. По муфті редуктора встановлюється привідний вал разом з підшипниками. Цей важливий етап гарантує правильну роботу приводу та забезпечує оптимальну продуктивність бурякомийки.

Монтаж мотор-редуктора контролюється за повільністю зачеплення фрикційної шестерні. Електродвигун встановлюється по муфті редуктора. Після цього в підшипники заливається консистентне мастило, і мотор-редуктор підключається до електромережі. Протягом певного періоду проводяться випробування вузлів в роботі, вдивляючись у стан обертання механізмів, підшипникових вузлів та шестеренчастої пари.

Після 24 годин безперервної роботи мийку зупиняють і проводять огляд всіх вузлів. Під час огляду важливо звертати увагу на стан підшипників, шестерень та інших ключових елементів. Цей етап випробувань служить для визначення ефективності та надійності обладнання, а також виявлення можливих дефектів чи несправностей.

Такий підхід до контролю монтажу та випробувань гарантує оптимальну функціональність та довгий термін служби бурякомийки.

Після завершення монтажу та випробувань мотор-редуктора та інших вузлів, мийку заповнюють водою. Протягом наступних 8 годин проводять випробування на холостому ходу, щоб переконатися в ефективності роботи всіх систем та вузлів обладнання в реальних умовах.

Під час цього тестування спостерігають за роботою барабана, підшипників, роликів та інших ключових компонентів. Заповнення мийки водою та довготривалі випробування на холостому ходу служать для перевірки герметичності системи та оптимальності роботи механізмів під дією рідини.

Цей етап випробувань є важливим для визначення стабільності та відповідності усіх елементів вимогам експлуатації. У випадку виявлення будь-яких неполадок або несправностей, вживають відповідних заходів для їх усунення, забезпечуючи таким чином надійність та продуктивність бурякомийки.

### ***Налагодження роботи та ремонт бурякомийки***

Налагодження роботи бурякомийки включає в себе оптимізацію двох ключових аспектів: рівномірності заповнення буряками та їх подачі, а також підтримання оптимального рівня води.

#### **1. Рівномірність заповнення буряками та його подача:**

- Розташування барабана: Важливо визначити оптимальне положення барабана, щоб забезпечити рівномірне розподілення буряків та їхню ефективну подачу на подальші етапи обробки.
- Регулювання подачі буряків: Системи подачі повинні бути добре налаштовані для уникнення переповнення або недостачі буряків, забезпечуючи стабільний робочий процес.

#### **2. Підтримання оптимального рівня води:**

- Система контролю рівня води: Встановлення датчиків або систем автоматичного регулювання, які дозволяють підтримувати постійний та оптимальний рівень води у машині.
- Регулювання потоку води: Контроль над потоком води допомагає уникнути перевантаження та забезпечити ефективне промивання буряків.

Налагодження цих параметрів допомагає досягти ефективності та продуктивності бурякомийки, забезпечуючи оптимальні умови для обробки та очищення буряків. Технічна точність та регульованість цих процесів впливають на якість та виход продукції.

Систематичний контроль роботи бурякомийки включає в себе регулярну перевірку забрудненості буряків, які виходять з неї. В залежності від результатів аналізу визначається оптимальний час перебування буряків у

барабані, що досягається зміною частоти обертання.

Перевірка забрудненості буряків: Системи аналізу визначають ступінь забрудненості вихідних буряків.

Зміна частоти обертання барабану: В залежності від виявленої забрудненості, змінюється частота обертання барабану. Збільшення частоти прискорює транспортування буряків, а зменшення сповільнює його.

Цей підхід дозволяє налаштовувати роботу бурякомийки в реальному часі, максимально враховуючи ступінь забруднення буряків та забезпечуючи оптимальні умови для їхньої ефективної обробки. Такий систематичний контроль гарантує високу якість очищення та продуктивність бурякомийки.

Ремонт бурякомийки у міжсезонний період проводиться після повного очищення та промивання корпусу від виробничих залишків. Оскільки бурякомийка працює з високо забрудненою сировиною та піддається інтенсивному перемішуванню в тісному контакті, її поверхні вузлів і деталей стикаються з високим абразивним зносом.

Кожний ремонтний період включає ретельний контроль всіх ділянок корпусу, на яких знаходиться вода, з метою виявлення пошкоджень та заміни пошкоджених ділянок. Шарикові підшипники бурякомийки, які опиняються в умовах підвищеної вологості, рекомендується замінювати через кожні два виробничі сезони.

Процес ремонту включає видалення огорожень, розбирання приводу, розбір роликів з підняттям барабану, очищення корпусу, вузлів та деталей, що мають змащення. Під час розбирання агрегату важливо оглянути всі деталі, видалити свинцеві відтиски з усіх підшипників для визначення величини зазорів. Також проводиться вимірювання радіальних і бокових зазорів в зачепленні шестерні. Піддаються перевірці зазори на цапфах, осях роликів та шийках вала приводу.

Детальний огляд включає визначення овальності та конусності шийок вала, перевірку посадки на вал привідної шестерні фрикційної передачі або муфти. Такий підхід до ремонтних процесів допомагає забезпечити

надійність та довговічність бурякомийки.

Підняття барабана виконується в тих випадках, коли потрібний ремонт цапф та їхніх підшипників. Важливим аспектом є визначення величини центрального кута дуги, по якій вкладиш прилягає до цапфи, що має значення від 60 до 75 градусів.

Заміна опорних роликів виконується у випадку сильного зносу цапфи, зменшення товщини обода кочення або одностороннього зношення поверхні. Ремонт пошкоджених ділянок корпуса, які часто зношуються, включає вирізняння царг і приварювання нових. Якщо на бандажах виникають поперечні або поздовжні тріщини, місцеві нерівності або вони набувають конусоподібної форми, яка заважає правильному зміщенню барабана, або в разі значного зносу, бандаж замінюється новим.

Накати та конусність усувають проточуванням бандажа на місці при статній довжині. Поверхні бандажів та опорних роликів повинні бути чистими та мати правильну циліндричну форму для забезпечення обертання барабана без ривків та забуксовувань бандажів. Опорні ролики виготовляють з більш м'якого матеріалу, ніж бандажі.

Фрикційний вінець та привідну шестерню замінюють при зношенні пар кочення, що досягає 30%, або при наявності пошкоджень ободу, які не можна відновити. Ці заходи допомагають підтримувати ефективність та надійність роботи бурякомийки впродовж тривалого часу.

Перед початком експлуатації необхідно перевірити розміри нової фрикційної шестерні. Встановлення нової фрикційної шестерні дозволяється лише після ретельної перевірки горизонтальності барабана. Важливо, щоб вісцева шестерня була встановлена так, щоб її ось під час перевірки точно співпадала з поздовжньою віссю барабана.

Цей крок гарантує правильне позиціонування фрикційної шестерні, що є ключовим аспектом для ефективної роботи системи. Перевірка горизонтальності барабана та точне встановлення вінцевої шестерні сприяє оптимальному функціонуванню та тривалому терміну служби обладнання.

Умови центрування вінцевої шестерні:

$a_1 = a_2 = a_3$  - радіальні відстані між торцем вінцевої шестерні та торцевими поверхнями опорно-упорних кіл повинні бути однаковими.

$c_1 = c_2$  - радіальні відстані між осями отворів вінцевої шестерні та центрами опорно-упорних кіл повинні бути однаковими.

$b_1 = b_2$  - бокові зазори між вінцевою шестернею та опорно-упорними кільцями повинні бути однаковими.

кут  $BCO_1 = 90^\circ$  - кут між осями вінцевої шестерні та опорно-упорних кіл повинен бути рівним  $90^\circ$ .

Радіальні зазори в зачепленні встановлюють в межах 0,2 – 0,3 модуля з врахуванням величини радіального биття шестерні. Для встановлення радіальних зазорів використовують спеціальні регулювальні шайби, які встановлюються між вінцевою шестернею та опорно-упорними кільцями.

Бічне биття вінцевої шестерні повинно не перевищувати 5мм. Для перевірки бокового биття використовують спеціальний шаблон, який встановлюється на вінцеву шестерню.

Радіальні та бокові зазори між катками вимірюють пластинчастими або клиноподібними щупами в тих же точках кіл шестерень, в яких перевірялись радіальні та торцеві биття.

Центрування вінцевої шестерні є важливим етапом монтажу редуктора. Правильне центрування забезпечує плавне і безшумне зачеплення шестерень, а також знижує зношування деталей.

При зношенні вкладишів підшипників приводу застосовується два основних методи відновлення: розточування або заміна новими вкладишами, після чого проводиться шабрування. Ці заходи спрямовані на досягнення правильного прилягання вкладишів до шийки вала під кутом від 60 до 90 градусів. Коли здійснюється розточування вкладишів, забезпечується відновлення їх розмірів та геометричних параметрів. Заміна новими вкладишами також включає у себе шабрування для досягнення необхідної геометричної відповідності. Посадка шпонки у гнізді та шпоночній канавці

шестерні повинна бути щільною у нижній та верхній площинах, а зазор між бічними площинами повинен становити не більше 0,1 мм. Це забезпечує правильне функціонування шпонки та шестерні, зменшуючи ризик будь-яких неправильностей чи викидів в процесі роботи.

## 5. ПРИНЦИПИ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ ОБ'ЄКТОМ ПРОЕКТУВАННЯ

Управління процесом миття цукрового буряка та експлуатацією барабанної бурякомийки, враховуючи різноманітне обладнання, базується на кількох ключових принципах:

1. Прив'язка до Продуктивності: Результативність цукрового заводу, що переробляє буряк, визначає специфікації для мийного відділення. Підхід до подачі буряка повинен адаптуватися до особливостей обробки.
2. Контрольна точка - Кількість буряка: Статус постачання буряка визначається ваговим показником або рівнем над ріжучими елементами. Це є ключовим фактором для визначення оптимальних параметрів обробки.
3. Запобігання Перевантаженню: В умовах перехідних режимів, обумовлених можливими несправностями, контролюється запобігання перевантаженню барабанної бурякомийки. Це важливо як на початку подачі, так і на її кінці, для забезпечення належної ефективності системи.
4. Ефективне Очищення та Миття: В перехідних режимах повинна гарантуватися необхідна кількість часу для очищення і миття буряка. Це важливо для збереження якості обробки при будь-яких відхиленнях в процесі.

Ці принципи забезпечують оптимальне функціонування бурякомийки та надійне виконання всього процесу переробки цукрового буряка в залежності від умов та вимог виробництва.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> <i>Олішевський В.В.</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Разробник документа</i> <i>Шевченко В.О.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i>	<b>230603.KP.05.005.ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Якимчук М.В.</i>	<i>Принципи автоматизованого управління об'єктом проектування</i>	<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i>

### *Мийне відділення і робота барабанної бурякомийки*

Мийне відділення, зокрема барабанна бурякомийка, отримує електрозабезпечення від трансформаторної підстанції бурякоцеху, яка має потужність 620 кВА. Електромережа має напругу розподільної мережі 380/220 В з глухо заземленою нейтраллю. У лампах для робочого освітлення використовується напруга 220 В, в той час як для ремонтних робіт використовується напруга 12 В.

Керування трактом подачі, очищення та миття буряків відбувається через щит оператора, який знаходиться в контрольному пункті. Візуальний моніторинг за роботою обладнання, що розташоване поза мийним відділенням, проводиться за допомогою телевізійної установки. Щити та пульт керування розташовані в ізольованому приміщенні на відмітці 8.400. Керування ланцюгами здійснюється за допомогою контрольних кабелів марки АКВВГ.

Ця інфраструктура забезпечує ефективне та безперебійне електроживлення мийного відділення, а також забезпечує надійне керування та моніторинг всіх етапів обробки буряків у цукровому заводі.

Система автоматизації розрахована на оптимізацію процесу та забезпечення ефективного функціонування. Серед основних функцій системи можна виділити:

1. Автоматичне Керування Приводами Лінії Подачі Буряка: Система включає в себе автоматизоване управління приводами головного обладнання на лінії подачі буряка. Це дозволяє точно регулювати темп подачі буряка відповідно до темпу його переробки, забезпечуючи оптимальний матеріальний баланс.
2. Світлова Сигналізація Роботи Обладнання: Щоб оператори завжди були в курсі стану обладнання, використовується світлова сигналізація, яка інформує про роботу системи та її елементів. Це сприяє швидкій реакції на можливі відхилення або несправності.
3. Стабілізація Тиску Стисненого Повітря: Для забезпечення надійного

живлення засобів автоматизації в системі передбачено стабілізацію тиску стисненого повітря. Це сприяє нормальному функціонуванню всіх компонентів системи та підтримує сталу продуктивність.

Такий підхід до автоматизації забезпечує не лише ефективне використання ресурсів, але й дозволяє уникнути ризиків перевантаження або нестачі матеріалів під час переробки буряка відповідно до встановлених технічних параметрів.

Технологічна схема мийного відділення характеризується великою кількістю водних потоків, і однією з ключових завдань системи управління є підтримання матеріального балансу цих потоків при ефективному використанні свіжої води та забезпеченні високої якості очистки буряків. Для досягнення цієї мети використовуються різні елементи та контури управління.

- Керування Подачею Буряка: Автоматичне управління приводами головного обладнання на лінії подачі буряка дозволяє точно регулювати темп подачі буряка, що забезпечує підтримку матеріального балансу.
- Система Сигналізації та Регулювання: Система включає в себе світлову сигналізацію для візуального контролю роботи обладнання та стабілізацію тиску стисненого повітря для живлення засобів автоматизації.
- Контроль Рівня Води: Водолічильник використовується для моніторингу витрати води на відмивання буряків, що дозволяє ефективно контролювати процес та уникнути непотрібних витрат ресурсів.
- Підтримка Температури Повітря: Здув підігрітого повітря за допомогою вентилятора використовується для підтримання температури в мийному відділенні не менше 18°C, що забезпечує комфортні умови для обробки буряків.
- Керування Електрообладнанням: На пульт управління винесено

керування електрообладнанням технологічної схеми, що дозволяє ефективно маніпулювати всіма процесами з одного місця.

- Контроль Барабанної Бурякомийки та Використання Частотних Перетворювачів: Датчики положення та частотні перетворювачі асинхронних двигунів дозволяють контролювати роботу барабанної бурякомийки, уникаючи зносу опорно-упорних частин та забезпечуючи ефективність обладнання.

Застосування сучасних технологій управління та контролю в схемі мийного відділення покращує ефективність процесів та сприяє економному використанню ресурсів.

Таблиця 5.1. Завдання на автоматизацію

Апарат	Параметр, місце відбору сигналу	Вид автома-тизації	Допустиме значення, параметр	Характер контролю чи керування	Додаткові вимоги	При мітка
1	2	3	4	5	6	7
1. Шибер	рівень	Контроль, Регулюван-ня	0,3м	регулювання	Дія на клапан буряководяної суміші	
2. Трубопровід	тиск	Контроль, регулюван-ня	38 кгс/см <sup>2</sup>	Показання, регулювання	Дія на клапан подачі води	
3. Гідротранспортер	витрата	Контроль, регулюван-ня	62м <sup>3</sup> /год	Показання, регулювання	Дія на клапан подачі води	
4. Збірник	рівень	Контроль, регулюван-ня	3,375м <sup>2</sup>	Показання, регулювання		
5. Бурякомийка	положення	Контроль, регулюван-ня	27300кг	Показання, регулювання	Дія на пульсуючий шибер	

**Опис функціональної схеми автоматизації барабанної бурякомийки**

230603.KP.05.005.ПЗ

Інд. змін.

Дата видання

Мова  
ІА

Архш

Функціональна схема автоматизації барабанної бурякомийки включає в себе ряд контурів, кожен з яких відповідає за певний аспект ефективного функціонування обладнання. Давайте розглянемо основні елементи цих контурів:

1. Контур Управління Частотою Обертання Барабана:

- Частотний Перетворювач (EI-9011-060-N): Відповідає за регулювання частоти обертання барабана. Використовується для точного контролю швидкості обертання за допомогою асинхронного двигуна.

2. Контур Асинхронного Двигуна:

- Асинхронний Двигун: Відповідає за обертання барабана. Отримує сигнали від частотного перетворювача та виконує необхідні рухи відповідно до заданих параметрів.

3. Контур Системи Контролю:

- Система Контролю: Включає в себе сенсори та датчики, які моніторять роботу барабана та асинхронного двигуна. Забезпечує взаємодію з частотним перетворювачем для корекції роботи системи в реальному часі.

Ця функціональна схема забезпечує автоматизований контроль над обертанням барабана бурякомийки, що дозволяє точно регулювати швидкість обробки буряка відповідно до встановлених параметрів. Такий підхід сприяє ефективному та енергозберігаючому використанню обладнання в процесі переробки.

Система регулювання кількості буряків, які подаються в мийку, реалізується за допомогою пульсуючого шибера, який піддається впливу від контуру багатоімпульсного регулювання електричного навантаження перетворювача. Важливі компоненти цього контуру включають трансформатор струму, перетворювач струму, перетворювач витрат буряків, перетворювач положення, блок сигналу положення пульсуючого шибера, амперметр, регулюючий пристрій, тумблер та перемикач режимів

управління.

Процес регулювання включає такі етапи:

1. Керування Положенням Шибера:

*Пульсуючий Шибер:* Регулює кількість буряків, які потрапляють у мийну секцію. Його положення в режимі дистанційного управління встановлюється за допомогою кнопкового вимикача.

2. Контур Регулювання Електричного Навантаження:

*Трансформатор Струму та Перетворювач Струму:* Моніторять електричне навантаження перетворювача.

*Перетворювач Витрат Буряків:* Контролює витрату буряків у момент їх подачі.

3. Контроль Навантаження Електродвигуна:

*Амперметр:* Слідкує за навантаженням електродвигуна вала привода бурякомийки.

4. Дистанційне Керування Приводом Лінії Подачі Буряка:

*Регулюючий Пристрій, Тумблер та Перемикач Режимів Управління:* Забезпечують дистанційне керування приводом головного обладнання лінії подачі буряка.

Ця система дозволяє точно регулювати кількість буряків, які потрапляють у процес миття, забезпечуючи ефективно та гнучке управління.

Система захисту від струмів короткого замикання впроваджена за допомогою автоматичних вимикачів, які встановлені у силових розподільних щитах. Усі системи автоматизації живляться від силових розподільних кафів типу СПА 77, розташованих в електрощитові на відмітці 5.400.

Апарати управління і захисту для електродвигунів представлені пультами місцевого управління та магнітними пускачами ПМА. Магнітні пускачі розміщені в електрощитові. Крім того, для певних двигунів кнопки управління встановлені неподалік від обладнання для локального керування. Застосування магнітних пускачів гарантує ефективний захист від перенавантаження та забезпечує мінімальний рівень напруги в системі. Ці

заходи спрямовані на забезпечення надійності та безпеки електричної системи, особливо під час можливих аварійних ситуацій.

Управління основним технологічним обладнанням реалізується в двох режимах: дистанційний захист управління та місцевий. Для управління допоміжним обладнанням використовується локальний метод, тобто здійснюється на місці встановлення. В областях місцевого управління передбачені вимикачі, які виключають можливість дистанційного запуску.

Струми пристроїв розчеплювачів автоматичних вимикачів та струми нагріваючих елементів теплового реле визначаються за номінальним навантаженням електроприймачів. Корпуси щитів, пультів, місцевих приладів, які використовують електроенергію, адаптовані відповідно до вимог ГП1÷7 ПУЕ. Експлуатація цих пристроїв здійснюється з дотриманням правил техніки безпеки для електропристроїв. Такий підхід забезпечує надійне та безпечне управління технологічними процесами в установці.

Пости місцевого управління та кнопки управління розташовуються в непосредній близькості до обслуговуючого обладнання на тих ділянках, де проводиться експлуатація. Дані заходи сприяють зручності та швидкому доступу до необхідних контрольних точок для операторів.

Мийне відділення рекомендується обладнати світловою та звуковою сигналізацією з використанням бурачного сигналу, станції піднімання буряків і бурякорізок. Ці заходи сприяють покращенню безпеки та ефективності процесу миття буряків, забезпечуючи явні сигнали для робітників про певні етапи або стан системи.

Бурякомийка повинна бути оснащена механічно відкриваючими віскоуловлювачами та каменеуловлювачами, які можна керувати дистанційно, а також регуляторами рівня води. Для забезпечення безпеки персоналу, рухомі та обертаючі частини бурякомийки, такі як муфти, валки, водовідділювач разом з барабаном, шнеки та опорні ролики, повинні бути закриті суцільним огородженням.

Розміщення важливих елементів, таких як вентилі, крани, рукоятки,

шиберні пристрої і т.д., повинно бути зручним для обслуговування, щоб персонал міг легко втручатися та забезпечувати нормальну експлуатацію устаткування. Такий підхід забезпечить безпечність робітників та ефективне функціонування бурякомийки під час її експлуатації.

Таблиця 5.2. Специфікація на засоби автоматизації

Позиція	Найменування	Загальна кі-ть	Примітка
Прилади на панелі керування			
РС	Комп'ютер	1	
Контролер	Пристрій розподільного вводу/виводу STB Advantis	1	«Shneider»
	Прилади за місцем		
1а	Пристрій планового пуску. 400V, 180kW для асинхронного двигуна	1	«Стройтех-автоматика» Росія
2а	Частотний перетворювач EI-9011-005-Н, 400V 3kW для асинхронного двигуна	1	«Стройтех-автоматика»
PE 3а...5а	Датчик тиску 4...20 мА	3	
LT 6а...6в	Дискретний датчик рівня	3	
GE7а...11а	Датчик положення	5	
ET12а...14а	Перетворювач вимірювач змінного струму ИПТ-1, 200А	4	НПФ «Тау-2»
16а	Шибер пульсуючий з електроприводом	1	
17а	Регулююча заслонка з електроприводом (149GO20543), Ду 80, EPDM, 400В, 50Гц 15-120°C	1	«Danfoss» Франція
25а, 27а	Регулююча заслонка з електроприводом (149GO51295), Ду 150, EPDM, 400В, 50Гц – 15-120°C	2	«Danfoss» Франція
21а, 23а	Регулююча заслонка з електроприводом (149GO31286), Ду 150, EPDM, 400В, 50Гц – 15-120°C	2	«Danfoss» Франція
24а, 26а, 18а	Регулююча заслонка з електроприводом (149GO32216), Ду 200, EPDM, 400В, 50Гц – 15-120°C	3	«Danfoss» Франція
19а, 29а, 31а	Регулююча заслонка з електроприводом (149GO51296), Ду 250, EPDM, 400В, 50Гц – 15-120°C	3	«Danfoss» Франція
20а, 22а	Регулююча заслонка з електроприводом (149GO12389), Ду 250, EPDM, 400В, 50Гц – 15-120°C	2	«Danfoss» Франція
28а, 30а	Регулююча заслонка з електроприводом (149GO20561), Ду 300, EPDM, 400В, 50Гц – 15-120°C	2	«Danfoss» Франція

## ***Висновки***

Функціональна схема автоматизації мийного відділення виявилася вельми ефективною у своїй роботі, забезпечуючи точні показники приладів вимірювання витрат води та кількості переробленої сировини. Система дозволяє вдало контролювати процеси відмивання буряків, зменшує залежність від ручної праці і раціонально використовує матеріальні ресурси підприємства.

Впровадження даної схеми автоматизації обіцяє досягти високого рівня керування технологічними процесами мийного відділення, що сприятиме покращенню продуктивності та безпечності роботи обладнання. Враховуючи можливість дистанційного контролю та оптимальне використання ресурсів, впровадження даної автоматизаційної схеми забезпечує значний економічний та технічний ефект для підприємства.

## 6. ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ

### Нормативне забезпечення охорони праці

Нормативне забезпечення охорони праці в Україні базується на законодавчих актах, які визначають правову основу для забезпечення безпеки та здоров'я працівників. Основними документами, які регулюють цю сферу, є Конституція України та ряд ключових законів:

Конституція України: Визначає основні принципи та права громадян, включаючи права на охорону праці та здоров'я.

Закон України "Про охорону праці": Встановлює загальні принципи та вимоги щодо організації охорони праці на робочих місцях.

Закон України "Про охорону здоров'я": Регламентує питання забезпечення здоров'я працівників та здійснення медичного контролю.

Закон України "Про пожежну безпеку": Встановлює вимоги щодо пожежної безпеки на робочих об'єктах.

Закон України "Про використання ядерної енергії та радіаційний захист": Регулює питання безпеки при використанні ядерної енергії та захисту від радіаційного випромінювання.

Закон України "Про забезпечення санітарного та епідеміологічного благополуччя населення": Встановлює норми та вимоги щодо санітарно-епідеміологічного забезпечення працевлаштування та працівників.

Кодекс законів про працю України (КЗпП): Містить нормативи, що регулюють відносини між працівниками та роботодавцями, включаючи важливі пункти, пов'язані з охороною праці.

Використання цих законодавчих актів визначає обов'язки роботодавців та права працівників у сфері охорони праці для забезпечення безпеки та благополуччя на робочих місцях.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> <i>Олішевський В.В.</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Разробник документа</i> <i>Шевченко В.О.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i>  <b>Заходи з охорони праці та охорони довкілля</b>	<i>230603.KP.05.006.ПЗ</i>			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Якимчук М.В.</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i>

## Аналіз виробничого травматизму

Мета дослідження виробничого травматизму полягає в розробленні ефективних заходів для запобігання нещасних випадків на підприємстві. Це передбачає систематичний аналіз та узагальнення причин травматизму для подальшого впровадження вдосконалень у системі безпеки.

Для вивчення виробничого травматизму використовуються різні методи, серед яких найпоширеніші та взаємодоповнюючі такі:

1. **Статистичний метод:** Аналіз числових даних про нещасні випадки та їх обставин допомагає визначити тренди та основні проблемні зони.
2. **Монографічний метод:** Детальне вивчення окремих випадків травматизму для виявлення специфічних причин та розроблення індивідуальних заходів.
3. **Економічний метод:** Оцінка фінансових втрат від травматичних подій сприяє визначенню ефективності введення нових систем безпеки.
4. **Ергономічний та психологічний методи:** Дослідження взаємодії людини з робочим середовищем і вивчення аспектів психічного стану працівників.

Для оцінки рівня виробничого травматизму використовують кількісні і якісні показники, отримані з первинних документів про травматизм. Кількісний показник травматизму, або коефіцієнт частоти нещасних випадків (Кч), розраховується як кількість нещасних випадків на 1000 середньоспискової кількості працюючих:  $Kч = 1000T/P$

$$Kч = 1000 \cdot 1/799 = 1,251$$

T – кількість нещасних випадків та захворювань на підприємстві за звітний період із втратою працездатності за той же звітний період часу.

Отже, коефіцієнт частоти нещасних випадків вказує на кількість нещасних випадків за розрахунковий період і є важливим показником для подальшого впровадження безпечних практик на підприємстві.

Якісний показник травматизму  $K_B$  або показник важкості нещасних випадків визначається середньою втратою працездатності в днях на одного потерпілого за звітний період. Формула розрахунку  $K_B$  виглядає наступним чином:

$$K_B = D/T;$$

$$K_B = 5/1 = 5$$

$D$  – загальна кількість днів непрацездатності у потерпілих для випадків із втратою працездатності на 1 і більше днів;  $T$  – загальна кількість таких нещасних випадків за той же період часу.

Цей показник відображає середню тривалість непрацездатності одного потерпілого і вимірюється в робочих днях. Однак слід зазначити, що коефіцієнт нещасних випадків не враховує стійкої втрати працездатності, тому його використання має свої обмеження.

Цей показник допомагає в оцінці середньої тривалості втрати працездатності одного працівника в результаті нещасного випадку, але не надає повної інформації щодо важкості травматизму, оскільки не враховує стійкої втрати працездатності.

Крім цих показників підприємство підраховує відомості про кількість людино-днів непрацездатності на 1000 працюючих, що відображається коефіцієнтом мінімальних матеріальних збитків:

$$K_3 = K_4 \cdot C_{KT} = 1000 D/T$$

$$K_3 = 1000 \cdot 5/1 = 5000;$$

Цей показник дозволяє оцінити рівень втрат в працездатності на 1000 працівників через непрацездатність. Чим вищий коефіцієнт, тим більше відсутність праці впливає на ефективність працівників.

Мінімальні матеріальні збитки вказують на важливість управління охороною праці та здоров'я працівників для забезпечення стійкої та продуктивної працездатності на підприємстві.

## Інструктажі

Наведемо деталізовану інформацію про кожен вид інструктажу:

### 1. Вступний інструктаж:

- Проводиться перед початком роботи при прийнятті працівника на роботу.
- Охоплює основні правила та вимоги з охорони праці, пожежної безпеки, а також робочого розкладу та технічних аспектів роботи.
- Підпис працівника є підтвердженням проходження інструктажу.

### 2. Первинний інструктаж:

- Проводиться на робочому місці під час прийому на роботу нового працівника.
- Зосереджений на конкретних правилах та особливостях, пов'язаних з виконанням конкретної посади.
- Має на меті ознайомлення працівника із специфікою й особливостями його робочого місця.

### 3. Повторний інструктаж:

- Проводиться щоквартально для всіх працівників за їхньою професією.
- Оновлює та уточнює інформацію про техніку безпеки, нагадує про правила та норми роботи.
- Допомагає утримувати високий рівень усвідомленості працівників щодо охорони праці.

### 4. Позаплановий інструктаж:

- Проводиться у випадку змін у правилах охорони праці, технологічному процесі або при нещасних випадках.
- Має на меті оперативно інформувати працівників про важливі зміни та нові вимоги.

Усі інструктажі обов'язково реєструються в спеціальних журналах, а відсутність проходження навчання та інструктажу може призвести до заборони доступу до роботи на підприємстві.

## Фінансування заходів з охорони праці

Фінансування заходів з охорони праці може здійснюватися з різних джерел. Нижче наведено деталізацію фінансування на підприємствах:

### 1. Накладання штрафних санкцій:

- Штрафні санкції за порушення правил охорони праці можуть бути використані для фінансування подальших заходів.
- Штрафи можуть стягуватися у випадках, коли підприємство порушує законодавство з питань безпеки праці.

### 2. Спонсорська допомога:

- Підприємства можуть отримувати фінансову підтримку від спонсорів або партнерів, які зацікавлені у покращенні умов праці та безпеки на робочому місці.
- Спонсори можуть бути як державні, так і комерційні організації.

### 3. Бюджетні видатки:

- Держава може виділяти кошти на реалізацію загальнодержавних, галузевих та регіональних програм з охорони праці.
- Ці кошти можуть використовуватися для фінансування профілактичних заходів, поліпшення умов праці та інших ініціатив, спрямованих на забезпечення безпеки на робочому місці.

### 4. Витрати на охорону праці в бюджеті підприємства:

- Законодавством може бути встановлено обов'язковий відсоток від суми реалізованої продукції, який повинен бути спрямований на охорону праці.
- Підприємство повинно виділяти не менше 0,5% свого доходу на фінансування заходів з охорони праці.

### 5. Інші джерела фінансування:

- Додаткові джерела можуть включати страхування від нещасних випадків, кошти від продажу захисного спорядження, спеціалізованого обладнання та інші внутрішні джерела підприємства.

Фінансування охорони праці є важливим елементом для забезпечення

безпеки працівників і покращення умов праці на підприємстві.

### Санітарні умови на дільниці

Санітарні умови на дільниці, де працює обладнання бурякомийного відділення, визначаються рядом факторів, таких як виділення вологи, наявність агресивних середовищ, температура та вологість повітря. Нижче наведено деякі аспекти санітарних умов на цій дільниці:

1. Виділення вологи та пари:

- Під час роботи обладнання бурякомийного відділення в зимовий період може відбуватися виділення вологи у вигляді пари.
- Важливо вживати заходи для видалення цієї водяної пари та підтримання температури та вологості в межах допустимих норм.

2. Умови роботи працівників:

- За умов відсутності агресивних середовищ працюючі не потребують спеціального захисного одягу або пристроїв.
- При виливанні води на підлогу (наприклад, під час ремонту) рекомендується використовувати гумові чоботи для забезпечення безпеки працівників.

3. Модернізація та система очищення транспортно-мийної води:

- Модернізація мийного відділення не суттєво змінює схему очищення транспортно-мийної води.
- Використання радіальних відстійників, градирень, освітлення та хлорування води спрямовані на забезпечення якості та безпечності води.

4. Забруднення повітря та водойм:

- Забруднення атмосферного повітря відсутнє, що сприяє збереженню здоров'я працівників.
- Водойми і ґрунти не сильно забруднені, оскільки видалений транспортно-мийний осад далі обробляється на полях фільтрації.

Важливо продовжувати вживати заходи для збереження санітарних умов і забезпечення безпеки як для обладнання, так і для працівників. Регулярне

утримання та модернізація системи очищення води є ключовими для підтримання ефективності та безпеки процесів на дільниці.

### **Метеорологічні умови**

Метеорологічні умови в мийному відділенні забезпечуються дотриманням допустимих норм мікроклімату. Основні параметри мікроклімату визначаються відносною вологістю та температурою приміщення. Нижче подано деякі характеристики метеорологічних умов у мийному відділенні:

1. Відносна вологість:

- У зимовий період відносна вологість становить 60%.
- У літній період вона збільшується до 65%.
- Забезпечення оптимального рівня вологості сприяє комфорту працівників та ефективності обладнання.
- Температура:
  - В зимовий період розрахункова температура в мийному відділенні повинна досягати +20°C.
  - У літній період ця температура підвищується до +25°C.
- Повітряне опалення використовується для забезпечення температурного режиму.

2. Опалювання та вентиляція:

- Опалювальні та вентиляційні системи повинні відповідати нормам щодо протипожежної безпеки та санітарних норм.
- Перед початком опалювального сезону необхідно провести перевірку та ремонт котельні, калориферних установок і місцевого опалення.

Забезпечення комфортних метеорологічних умов в мийному відділенні є важливим аспектом для забезпечення безпеки працівників та ефективності виробничого процесу. Регулярний технічний огляд та підтримка систем опалення та вентиляції грають ключову роль у цьому процесі.

Тривалість опалювального періоду – 187 діб. Розрахункові параметри внутрішнього повітря і відносна вологість в приміщенні прийняті відповідно

з СТП 18-54-37-83 «Вихідні дані для проектування цукрових заводів».

Таблиця 6.1. Допустимі метеорологічні норми

Період року	Категорія робіт за важкістю	Оптимальні норми на постійних і непостійних місцях			Допустимі норми					
		Температура °С	Швидкість руху повітря м/с	Відносна вологість, %	Температура повітря на робочих місцях, °С				На постійних і непостійних місцях	
					постійні	непостійні	постійні	непостійні	Швидкість руху повітря, м/с	Відносна вологість, %
Теплий	Iб	22-24	0,2	40-60	21	19	28	30	0,1-0,3	60 при t 27°
Холодний	Iб	21-23	0,1	40-60	20	17	24	25	0,05-0,1	75

### Освітлення

*Природне освітлення:* У приміщенні застосовано природне освітлення через великі вікна та світлові ліхтарі. Однак, через забрудненість та запиленість скла, ефективність природного освітлення може знизитися до 25-35%. Регулярне очищення скла та біління стін і стелі допоможе підтримувати оптимальні умови.

*Штучне освітлення:* Штучне освітлення складається з робочого, аварійного та охоронного. Типи світильників відповідають характеристиці приміщення. Розміщення світильників забезпечує рівномірне освітлення цеху. Чистку світильників слід проводити щомісяця, а контроль освітленості - не рідше одного разу на три місяці. Система включення освітлення централізована, а типове штучне освітлення представлене люмінесцентними лампами з освітленістю 50 лк.

*Аварійне освітлення:* Аварійне освітлення забезпечує безпечність обслуговуючого персоналу та евакуацію у випадку вимикання робочого освітлення. Освітленість аварійного освітлення складає 47,5 лк.

*Ремонтне освітлення:* Мережа ремонтного освітлення, яка працює при напрузі 36В, використовується для проведення ремонтних робіт. Живлення здійснюється від понижуючих трансформаторів. Розташування світильників

над гідравлічними затворами та запобіжними клапанами заборонено з метою забезпечення безпеки.

Таблиця 6.2. Норми освітлювальності (при штучному освітленні) робочого місця мийного відділення підприємства

Найменування приміщень, виробництв	Найменування професій	Характеристика зорової роботи	Розряд зорової роботи	Підрозряд зорової роботи	Освітленість, лк (штучне освітлення)	
					При комбінованому освітленні	При загальному освітленні
					При газорозрядних лампах	При газорозрядних лампах
					При лампах розжарювання	При лампах розжарювання
1	2	3	4	5	6	7
Відділення миття	Машиніст мийних машин	Середньої точності	IV	Б	500	200/150

### Шум і вібрація

**Шум:** Наявність постійного шуму у мийному відділенні цукрового заводу створює негативний вплив на продуктивність праці та загальний стан здоров'я працівників. Для боротьби з цим проблемою використовуються засоби колективного та індивідуального захисту від шуму. Проводяться регулярні медичні огляди працівників, які піддаються впливу шкідливого шуму. Важливо забезпечувати режими роботи обладнання та інструментів, спрямовані на зменшення шумового фону.

**Вібрація:** Вібрація також є причиною погіршення умов праці та може викликати ряд захворювань. Для зменшення вібрації застосовуються спеціальні антивібраційні технології та матеріали. Важливо регулярно перевіряти та обслуговувати обладнання з точки зору антивібраційних заходів. Також проводять навчання працівників з користування антивібраційними засобами та методами.

Загальна стратегія включає в себе вдосконалення технологічних процесів, використання спеціального обладнання та підвищення усвідомлення працівників щодо важливості боротьби із шумом та вібрацією

для забезпечення безпеки та комфортних умов праці.

Керування шумом в мийному відділенні:

1. Автоматизація та контроль:

Застосування повної автоматизації обладнання в мийному відділенні та контроль із спеціальної kabіни для зменшення ефекту шуму, що виникає внаслідок технологічних процесів.

2. Аудит та оцінка шуму:

Проведення щорічного аудиту та оцінки рівнів шуму для визначення точок підвищеного шуму та вжиття заходів для зниження впливу шуму на працівників.

3. Регулярна перевірка та обслуговування:

Перевірка та обслуговування обладнання не рідше одного разу на рік для визначення можливих джерел шуму та вжиття заходів для їхнього зменшення.

4. Відповідність нормам:

Дотримання допустимих рівнів шуму відповідно до ГОСТ 12.1.003-03 ССБТ "Шум. Общие требования безопасности". Спостереження за відповідністю робочих місць стандартам шумових характеристик.

5. Використання антивібраційних технологій:

Застосування антивібраційних технологій та матеріалів для зменшення впливу вібрації на обладнання та працівників.

6. Заходи з охорони здоров'я:

Проведення заходів з охорони здоров'я, таких як щорічні медичні огляди для працівників, які можуть бути піддані впливу шуму.

7. Свідомість працівників:

Проведення навчань та інформування працівників щодо важливості заходів по зменшенню шуму та їхнього особистого захисту.

Загальна стратегія включає в себе комплексні заходи для вирішення проблеми шуму, забезпечуючи безпеку та комфортне робоче середовище.

Таблиця 6.3. Допустимі норми шуму для вибраних професій подано

№ п/п	Робочі місця	Рівні звукового тиску (дБ) в октавних смугах з <u>середньгеометричними частотами (Гц)</u>									Рівень звуку, дБ
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1	Оператор мийної машини	92	83	74	68	63	60	57	55	54	65
2	Наладчик роботи <u>камінеуловлювачів</u> та <u>соломоуловлювачів</u>	101	94	87	82	78	75	73	71	70	80
3	Співробітник за наглядом електрообладнання	105	99	92	86	83	80	78	76	74	85

Зменшення впливу вібрації мийному відділенні цукрового заводу:

Технічні заходи:

- Використання антивібраційних технологій та матеріалів для зменшення впливу вібрації на фундамент.
- Встановлення барабана бурякомийки на спеціальних антивібраційних підшипниках для амортизації коливань.
- Застосування звукоізоляції для огорожуючих пристроїв та кожухів обладнання для зменшення рівня шуму.

Автоматизація та віддалений контроль:

- Повна автоматизація мийного відділення та контроль за роботою обладнання здійснюється із спеціально ізольованої kabіни для уникнення прямого впливу шуму та вібрації на працівників.

Спеціальні засоби захисту:

- Застосування засобів звукоізоляції для огорожуючих пристроїв та використання кожухів для обладнання для мінімізації поширення шуму.
- Використання ущільнень та засобів для поглиблення шуму на окремих елементах обладнання.

Спостереження та вимірювання:

- Регулярна перевірка рівнів вібрації та шуму на робочих місцях не рідше одного разу на рік та при встановленні нового обладнання для

вчасного виявлення та вирішення проблем.

Дотримання нормативів:

- Впровадження заходів, щоб дотримуватися нормативів щодо рівнів шуму та вібрації відповідно до ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ.

Освітлення та місця праці:

- Використання освітлення та місць праці, які сприяють зручності та зменшенню впливу шуму та вібрації на працівників.

Навчання та свідомість:

- Проведення тренінгів та інформування працівників про важливість захисту від шуму та вібрації для їхнього здоров'я та продуктивності.

### **Електробезпека**

Класифікація та зонування:

- Згідно з ПУЕ та СН 174-75, мийне відділення визначається як зона підвищеної небезпеки через можливість доторкання до заземлених конструкцій та обладнання, що працює під напругою.

Ширини проходів:

- Забезпечення необхідної ширини проходів для обслуговування, враховуючи електробезпеку та зону підвищеної небезпеки.

Освітлення:

- Використання штучного робочого освітлення, відповідно до СН П11-4-79, забезпечується відповідно до норм безпеки та ефективності.

Електроосвітлення та ремонтне освітлення:

- Використання переносних світильників з напругою живлення 12В для ремонтного освітлення зменшує ризик електротравматизму.

Захисні апарати:

- Встановлення захисних апаратів із заданими струмами відключення для запобігання можливих коротких замикань та надання миттєвого відключення.

Дистанційний пуск та сигналізація:

- Забезпечення дистанційного пуску обладнання із передпусковою

звуковою сигналізацією для безпеки та інформування персоналу.

Місцеве управління та вимикачі:

- Розміщення вимикачів на постах місцевого управління для унеможливлення дистанційного пуску під час ремонтних робіт.

Дистанційне відключення:

- Застосування установок для дистанційного відключення аварійної ділянки мережі при виникненні аварій.

Технічний нагляд:

- Регулярна перевірка та технічний нагляд за станом електрообладнання для своєчасного виявлення та усунення можливих неполадок.

### **Вентиляція**

Вентиляційні заходи для мийного відділення цукрового заводу:

#### 1. Управління вологістю:

Враховання особливостей роботи з вологим середовищем та здійснення повітрообміну для контролю вологості та температури.

#### 2. Проектування систем вентиляції:

Враховання можливостей вологого виділення та надлишкового тепла для розрахунку системи загального обміну, примусово-протипотокової вентиляції та витяжки.

#### 3. Витяжна вентиляція:

Використання системи витяжки з верхньої зони, представленої рефлекторами  $\varnothing$  630 мм, для ефективного вилучення вологи та інших шкідливих речовин.

#### 4. Загально-обмінна система:

Забезпечення вентиляції за допомогою відкриваючихся фрамуг в теплий період для забезпечення нормальних метеорологічних та санітарно-гігієнічних умов.

#### 5. Примусово-протитоква вентиляція:

Використання системи П2 для примусового протитоквого повітрозабезпечення в холодний період року, з попереднім прогріванням повітря в калориферах.

6. Контроль за температурою та вологою:

Регулювання вентиляційних систем для збереження оптимальних умов, уникнення занадто високої вологості та температури.

7. Система фільтрації:

Використання фільтраційних систем для очищення повітря від шкідливих речовин та забруднень.

8. Регулярний технічний облік:

Проведення періодичного технічного обліку систем вентиляції для своєчасного виявлення та виправлення можливих несправностей.

### **Побутові приміщення**

Організація санітарно-побутових приміщень на цукровому заводі:

1. Санітарно-побутові норми:

Врахування галузевих санітарних норм, зокрема СН 245-71 та СНиП 2.09.04–87, при організації санітарно-побутових приміщень.

2. Гардеробні:

Облаштування гардеробних із відділеннями для вуличного та спецодягу відповідно до чисельності працюючих.

3. Вбиральні та душові:

Розміщення вбиралень та душових відповідно до чисельності працюючих в зміні, з обладнанням відкритими душовими кабінами та врахуванням гігієнічних вимог.

4. Оздоровчий фельдшерський пункт:

Організація оздоровчого фельдшерського пункту для забезпечення медичної допомоги працівникам.

5. Розташування вбиралень:

Дотримання правил розташування вбиралень щодо приміщень, де заборонено розміщувати вбиральні та душові.

6. Загальні вбиральні:

Передбачення загальних вбиралень для чоловіків і жінок при обліковій чисельності до 15 чоловік, з вхідним тамбуром та самозачиняючимися

дверима.

7. Відстань та доступність:

Забезпечення відстані до вбиралень та інших побутових служб від робочих місць в межах безпечних норм.

8. Пральні та ремонтні приміщення:

Передбачення пралень для прання спецодягу, а також приміщень для ремонту та обслуговування одягу та взуття.

9. Хімічне очищення:

Врахування можливості хімічного очищення для спецодягу, зокрема при роботі з нелеткими речовинами.

10. Вентиляція та освітлення:

Забезпечення вентиляції та освітлення відповідно до санітарних та ергономічних норм.

11. Технічний облік:

Регулярний технічний облік та обслуговування систем вентиляції та інших обладнань.

12. Безпека:

Забезпечення безпеки працівників при використанні санітарно-побутових приміщень.

Ці заходи дозволять забезпечити комфорт та безпеку працівників цукрового заводу в санітарно-побутових умовах.

**Техніка безпеки при обслуговуванні обладнання**

Техніка Безпеки при Обслуговуванні Обладнання:

1. Відповідність заводським інструкціям:

Обслуговування обладнання повинно виконуватись відповідно до правил техніки безпеки, враховуючи інструкції, розроблені та затверджені адміністрацією заводу.

2. Безпека робочих площадок та драбин:

Робочі площадки та драбини повинні мати стійкі перила висотою 1м з суцільною зашивкою знизу на висоті 200мм для забезпечення безпечного

доступу.

3. Огородження рухомих частин:

Рухомі та обертаючі частини обладнання повинні бути закриті суцільним огороженням, зокрема бурякомийки (муфти, валки, водовідділювач, шнеки, опорні ролики).

4. Зручне розташування елементів управління:

Розташування вентилів, кранів, рукояток та інших елементів управління повинно бути зручним для обслуговування та гарантувати безпечність роботи персоналу.

5. Огородження Корита бурякомийки:

Корито бурякомийки має бути огорожене вертикальною решіткою висотою 1 м від рівня підлоги площадки для безпеки персоналу.

6. Заземлення електроустаткування:

Силова шафа, пульт керування, захисні труби електропроводки та інші металеві частини електроустаткування повинні бути заземлені відповідно до Правил Устрою Електроустановок (ПУЕ).

7. Звукова сигналізація та попереджувальні заходи:

Бурякомийка, яку управляють з пульта, повинна мати звукову сигналізацію. Розміщення попереджувального плакату на видному місці: "Обережно включається автоматично!"

8. Безпека електропроводки:

Забезпечення безпеки електропроводки та електрообладнання шляхом дотримання вимог ПУЕ.

9. Огляд та технічне обслуговування:

Регулярний огляд та технічне обслуговування обладнання для забезпечення його надійності та безпеки в експлуатації.

**Пожежна безпека**

Пожежна безпека в мийному відділенні:

1. Категорія та ступінь вогнестійкості:

Мийне відділення відноситься до категорії відділу "Д" зі ступенем

вогнестійкості "П". Це вказує на можливість загоряння електропроводки.

2. Гасіння та заходи безпеки:

Для гасіння можливих пожеж встановлені вуглекислотні вогнегасники (ВВ-5) та ящики з піском. Це забезпечує реагування на виникнення пожеж та нейтралізацію їх ефектів.

3. Евакуація та виходи:

Передбачено два виходи для евакуації працівників. Це забезпечує швидку та ефективну евакуацію у випадку надзвичайної ситуації.

4. Система сигналізації:

Рекомендується встановлення системи пожежної сигналізації для вчасного виявлення пожежі та сповіщення працівників про небезпеку.

5. Огляд та інструктаж:

Регулярний огляд устаткування та проведення інструктажів серед працівників щодо правил пожежної безпеки.

6. Тренінг з використання вогнегасників:

Проведення тренінгів з правильного використання вуглекислотних вогнегасників та ящиків з піском для персоналу.

7. Електробезпека:

Застосування заходів з електробезпеки, включаючи заземлення та регулярну перевірку електроустаткування.

8. Регулярне технічне обслуговування:

Проведення регулярного технічного обслуговування обладнання та електропроводки для попередження виникнення ситуацій, що можуть призвести до пожежі.

9. План дій у випадку пожежі:

Розробка та вивчення плану дій у випадку пожежі, включаючи евакуаційні маршрути, збори на місцях, інструкції щодо використання вогнегасників.

10. Ізоляція електроустаткування:

Застосування ізоляційних заходів для мінімізації ризику загоряння електропроводки.

Ці заходи спрямовані на максимальне забезпечення безпеки та попередження можливих надзвичайних ситуацій в мийному відділенні.

Розрахунок необхідної кількості води для трьохгодинного пожежегасіння.

$$Q = \frac{3 \cdot 3600 \cdot (n_1 + n_2)}{1000}, [M^3]$$

де:

3600 та 1000 – перевідні коефіцієнти відповідно години в секунди і літрів в м<sup>3</sup>.

$n_1$  – витрата води на внутрішнє пожежегасіння, ( $n_1=5$  л/с);

$n_2$  – витрата води на зовнішнє пожежегасіння ( $n_2=10$  л/с)

$$Q = \frac{3 \cdot 3600 \cdot (5+10)}{1000}, [M^3]$$

Приймаємо об'єм резервуара з водою 300м<sup>3</sup>.

### **Пропозиції по покращенню умов праці**

Безпека рухомих частин:

- огороження всіх рухомих частин обладнання для запобігання травматизму. Огорожі повинні бути пофарбовані у червоний колір для виокремлення та попередження працівників.

План евакуації:

- розміщення плану евакуації на видному місці для інформування персоналу про шляхи виходу у випадку надзвичайних ситуацій.

Інструкції по евакуації:

- розміщення інструкцій по евакуації на кожному робочому місці та біля обладнання для забезпечення швидкої та ефективної реакції працівників у надзвичайних ситуаціях.

Ліквідація потягів:

- проведення заходів для ліквідації потягів та усунення їх можливих негативних впливів на умови праці та безпеку працівників.

Побутові приміщення:

- забезпечення належними побутовими приміщеннями та санітарним

обладнанням для підтримання високого рівня гігієни та комфорту працівників.

## **Охорона довкілля**

### **Вступ**

Сьогодні питання охорони навколишнього природного середовища стає все більш актуальним, і відповідно до чинного законодавства України про охорону навколишнього середовища (1991 р.), усі підприємства мають суворо дотримуватись екологічних стандартів та раціонально використовувати природні ресурси.

Проблематика екології в сучасній харчовій промисловості набуває особливого значення, оскільки вона безпосередньо впливає на стан навколишнього середовища. Основні причини погіршення екологічної ситуації включають:

1. Використання застарілих технологій виробництва, які характеризуються високою енергомісткістю та використанням матеріалів у два, три рази більше, ніж у розвинених країнах.
2. Висока концентрація промислових об'єктів у деяких регіонах, що сприяє збільшенню негативного впливу на довкілля.
3. Відсутність ефективних природоохоронних технологій, таких як оборотні системи водозабезпечення та очисні споруди, а також недостатній рівень експлуатації існуючих природоохоронних споруд.
4. Відсутність ефективних правових і економічних механізмів, які сприяли б використанню екологічно безпечних технологічних процесів.

Необхідно вжити термінових заходів для вирішення цих проблем та забезпечення сталого розвитку, що враховує інтереси як сучасного покоління, так і майбутніх.

### **Характеристика технологічних процесів цукрового виробництва**

Цукрові заводи є важливими підприємствами в багатьох країнах світу. Вони забезпечують населення цукром, який є важливим продуктом харчування. Однак, діяльність цукрових заводів негативно впливає на навколишнє середовище.

Основними джерелами забруднення цукровими заводами є:

- Скиди стічних вод. Свіжі стічні води цукрових заводів містять значну кількість органічних речовин, а також важких металів і токсичних сполук. Ці стічні води забруднюють водоймища, викликаючи їх замулення, дефіцит кисню і загибель живих організмів.
- Викиди в атмосферу. Під час виробництва цукру виділяються оксиди вуглецю, сірки та азоту, а також пил. Ці викиди сприяють утворенню кислотних дощів, забрудненню повітря та зміні клімату.
- Використання ресурсів. Вирощування цукрових буряків вимагає значної кількості води та земель. Крім того, виробництво цукру потребує енергії, яка часто виробляється з викопного палива.

*Негативний вплив цукрової промисловості на навколишнє середовище*

Забруднення водних ресурсів:

- замулення і деградація водоймищ
- зниження запасів риби і інших водних організмів
- зниження якості води для питного водопостачання та рекреації

Забруднення атмосферного повітря:

- Кислотні дощі
- порушення здоров'я людей і тварин
- зниження видимості

Деградація земель:

- зниження родючості ґрунтів
- підтоплення земель

Деградація біологічних ресурсів:

- зменшення біорізноманіття
- зниження продуктивності природних екосистем

Для зменшення негативного впливу цукрової промисловості на навколишнє середовище необхідно:

- Впроваджувати екологічно безпечні технології виробництва цукру, які дозволяють зменшити кількість забруднюючих речовин у стічних

водах і викидах в атмосферу.

- Застосовувати заходи щодо очищення стічних вод перед їх скиданням у водоймища.
- Зменшувати споживання води і енергії в процесі виробництва цукру.

Цукрова промисловість є важливим сектором економіки, але вона має негативний вплив на навколишнє середовище. Для зменшення цього впливу необхідно впроваджувати екологічно безпечні технології виробництва цукру та застосовувати заходи щодо очищення стічних вод.

### **Характеристика стічних вод (скидів)**

Стічні води цукрового заводу розподілені на три категорії згідно з наступною інформацією:

#### 1. Стічні води I-ї категорії:

- Обсяг: 45793 м<sup>3</sup>/добу
- Зважені речовини: 120 мг/л
- Кисень: 3 мг/л
- Щільний залишок: 710 мг/л
- Аміак: 20 мг/л
- Сульфати: 47,4 мг/л
- Азот загальний: 2,3 мг/л
- Оксиди: 30 мг/л
- Температура: 41°C
- PH: 6,8-7

Після охолодження на вентиляційній градирні та обробки рідким хлором, вода повертається в головний корпус.

#### 2. Стічні води II-ї категорії:

- Обсяг: 49614 м<sup>3</sup>/добу
- Температура: 11°C
- Вагові частинки: 6100 мг/л
- Сухий залишок: 1650 мг/л

- Щільний залишок: 2960 мг/л
- РН: 6,4
- Хлориди: 58,8 мг/л
- Сульфати: 123 мг/л
- Азот загальний: 3 мг/л
- Окислення: 840 мг/л
- Кисень: 1,3 мг/л

Ця вода направляється в збірник транспортно-мийної води, звідти перекачується на вловлювач домішок і потрапляє в радіальний відстійник.

### 3. Освітлена вода:

- Після проходження радіальних відстійників, вода потрапляє на збірник освітлених транспортерно-мийних вод, а далі – на гідротранспортер буряку та станцію доочищення буряку.

### 4. Осад та видалення:

- Осад з радіальних відстійників, разом із зайвою транспортно-мийною водою, відправляється в спеціальний збірник стічних вод III-ї категорії.

### 5. Видалення піни:

- Частина освітленої води із радіальних відстійників, разом з піною, подається на обваловану піно площадку. Вода, яка змивається з площадки, надходить в окремий резервуар та перекачується у збірник освітлених транспортно-мийних вод.

Важливо враховувати ці параметри та категорії для ефективного контролю та управління стічними водами, забезпечуючи відповідність екологічним стандартам.

Система очистки промислових стічних вод III-ї категорії та хозфекальних ставків на цукровому заводі реалізується через спеціальні біологічні очисні споруди після передбаченої роздільної механічної очистки.

Основні кроки цього процесу описані нижче:

Механічна очистка:

230603KP.05.006.ПЗ	Інд. змін.	Дата видання	Мова ІІА	Архив
--------------------	------------	--------------	-------------	-------

- Промислові стічні води III-ї категорії очищаються на земельних відстійниках та прудах-накопичувачах.
- Хозфекальні води проходять через піскоочищення та двоярусні відстійники.

Перекачування на земельні відстійники:

- Стічні води III-ї категорії направляються на земельні відстійники.
- Освітлена вода з цих відстійників подається на пруди-накопичувачі перед переходом до біологічної очистки.

Ставки-накопичувачі:

- Пруди-накопичувачі необхідні для рівномірної роботи очисних споруд за рахунок гідравлічного та органічного балансу.
- Загальна площа під очисними спорудами становить 54 га, що забезпечує ефективність, порівняно з необхідними 200-250 га для полів фільтрації у випадку відсутності біологічної очистки.

Біологічне очищення:

- Біологічне очищення відбувається на двоступеневих аеротенках-змішувачах.
- Після повної біологічної очистки і доочистки на фільтрах, вода піддається хлоруванню, аерації та виводиться в річку.
- Цей комплексний підхід забезпечує ефективну очистку стічних вод та відповідає вимогам екологічних стандартів, сприяючи збереженню довкілля та сталому виробництву.

### **Характеристика викидів**

У бурякоцукровому виробництві, окрім розглянутих забруднень, виникає інше значуще забруднення навколишнього середовища. Зокрема, спостерігається газоподібне забруднення атмосфери викидами, що включають сірчастий та вуглекислий газ. Утворення твердих відходів також є проблемою, і вони, у свою чергу, можуть негативно впливати на навколишнє середовище.

При процесах спалювання палива в парових котлах виділяються

різноманітні шкідливі речовини, такі як оксиди сірки, вуглецю та азоту. Оксиди сірки можуть спричиняти забруднення атмосфери та впливати на якість повітря. Вуглецеві та цукрові пилки також виступають як потенційні забруднювачі.

Ці забруднення потребують систематичного контролю та заходів для зменшення їх впливу на довкілля. Впровадження сучасних технологій та ефективних методів очищення може допомогти зменшити викиди та мінімізувати вплив бурякоцукрового виробництва на навколишнє середовище.

Характеристика викидів шкідливих речовин в атмосферу (в цілому по заводу), т/рік. Дані про викиди в цілому по заводу приводяться в таблиці 6.4.

Таблиця 6.4. Характеристика викидів

Найменування речовин	Всього викинуто в атмосферу (фактично)	Дозволений викид (ліміт)	Надлишок ліміту, викиду
Оксид вуглецю	346,87	357,98	
Сірчистий ангідрид	124,99	133,604	
Сажа	2,66	2,66	
Діоксид азоту	139,73	139,9	
Аміак	5,099	4,94	0,159
1	2	3	4
Масляна кислота	17,47	31,1	
Оцтова кислота	21,08	12,053	9,03
Пропіонова кислота	0,936	1,1	
Сірчана кислота (пари)	0,003	0,042	
Марганець і його сполуки	0,002	0,0035	
Сірководень	0,144	0,144	
Лимонна кислота	0,64	0,64	
Щавлева кислота	0,0315	0,04	
Пил дерев'яний	0,22	0,22	
Пил металевий	0,05	0,05	
Пил цукру	5,75	5,75	
Пил вапняку	2,21	1,193	1,017
Всього	668,104	691,672	10,161

На підприємстві спостерігається сумарний викид забруднюючих речовин в атмосферу на рівні 668,104 тонн на рік. У зв'язку з цим були розроблені та впроваджені заходи з метою зниження цих викидів та покращення розсіювання шкідливих речовин в атмосфері.

Зазначено, що викиди аміаку, оцтової кислоти і пилу вапняку перевищують ліміти. Це свідчить про необхідність удосконалення процесів

очистки та контролю за викидами конкретних забруднюючих речовин. Можливі напрямки вдосконалення включають в себе впровадження ефективніших технологій очищення, оптимізацію виробничих процесів та впровадження передових методів управління викидами.

Враховуючи ці заходи, підприємство може досягти зменшення викидів, сприяючи поліпшенню якості повітря та відповідності екологічним нормам. Однак важливо постійно вдосконалювати та моніторити систему зменшення викидів для досягнення сталого та екологічно безпечного виробництва.

#### Характеристика систем і обладнання для очищення викидів

Дані про обладнання про очищення викидів приводяться в таблиці 6.5.

Таблиця 6.5. Обладнання про очищення викидів приводяться

Найменування викидів	Системи і обладнання, їх технічна характеристика	Пропускна здатність, м <sup>3</sup> /год	Ефективність очищення, %
Цукровий пил	Циклони	16,7	78,9

Робота циклонів задовільна.

#### Характеристика відходів виробництва

Тверді відходи на цукровому заводі формуються з фільтраційного осаду, транспортно-мийного осаду, відсів вапнякового відділення та відходів вапнякового виробництва. Узагальнюючи ступінь та напрями використання цих відходів в галузях національного господарства України, слід визначити, що деякі аспекти цього процесу є неефективними.

Одним із негативних явищ є те, що фільтраційний осад, розведений водою, потрапляє на поля відвалів, площа яких постійно збільшується. Ця практика стає проблемою, оскільки поля фільтрації, які складають значну частку очисних споруд, негативно впливають на навколишнє середовище. Крім того, землі, використовувані під цими полями, вилучаються з господарського використання, а стічні води з них потрапляють до річок, що їх забруднює.

З метою збалансованого та екологічно безпечного використання твердих відходів цукрового заводу, слід розглядати альтернативні методи обробки та

утилізації, щоб зменшити негативний вплив на навколишнє середовище та використовувати ці ресурси більш ефективно.

В таблиці 6.6. наведена інформація про об'єми твердих відходів.

Таблиця 6.6. Об'єми твердих відходів

Найменування відходу	Утворилось відходів т/рік			
	Всього	Використано на заводі	Передано іншим підприємствам	Складовано в накопичувані
Фільтраційний осад	27302,4	Розводиться водою і подається у відвали	–	27302,4
Транспортерно-мийний осад	22752	На поля фільтрації	–	22752
Відсів вапняку	1706,4		Продаж будівельним організаціями	–
Відходи вапняного відділення	1535,8		Продаж будівельним організаціям	
Всього	53296,2			

### Висновок

У результаті модернізації барабанної бурякомийки мийного відділення на цукровому заводі відбувається суттєве зниження витрат транспортно-мийної води, що призводить до зменшення кількості пошкоджених коренеплодів та збільшення виходу кінцевого продукту. Ця ініціатива внесе позитивний внесок у покращення екологічної ситуації на підприємстві.

У випадку будівництва нових цукрових заводів чи реконструкції існуючих, рекомендується враховувати заходи з охорони поверхневих та підземних вод від забруднення та виснаження. Серед таких заходів можуть бути зменшення витрат річкової та артезіанської води, а також зниження площ сільськогосподарських угідь, використовуваних під поля фільтрації.

Важливо враховувати, що стічні води повинні підлягати багаторазовому очищенню та оборотному водопостачанню. У цьому контексті рекомендується планувати конструкцію чи будівництво систем зворотного водопостачання на цукрових заводах, щоб мінімізувати використання річкової води у виробничому процесі. Такий підхід сприятиме сталому та екологічно відповідальному веденню виробництва.

## 7. МАРКЕТИНГОВЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

### *Загальна характеристика ринку*

Ринок цукру в Україні є одним з найбільших у Європі. У 2023 році обсяг виробництва цукру в Україні склав 2,5 млн тонн, що на 10% більше, ніж у 2022 році. Це зростання пов'язане з рядом факторів, зокрема:

- зростанням попиту на цукор в Україні та світі;
- зростанням цін на цукор;
- державною підтримкою вітчизняного виробництва цукру.

Основними споживачами цукру в Україні є населення, підприємства харчової промисловості та підприємства переробної промисловості.

### *Опис та характеристика товару*

Предметом даного проекту є модернізація мийки цукрових буряків барабанного типу. Суть модернізації полягає в установці щіток у вивантажувальній частині мийки. Це дозволить інтенсифікувати процес відділення забруднень від буряка, що призведе до підвищення якості очищеного буряка та продуктивності мийки.

Модернізація мийки цукрових буряків барабанного типу передбачає встановлення наступних елементів:

- похилого щілевого водовідділювача;
- соплоапарата для високонапірного струменя води;
- систему збирання очищених забруднень.

Сопла процесів розкладу сил потужності дії струменя води на поверхню коренеплоду при взаємодії під кутом 90 ° і 70°. Сопла будуть розташовані над поверхнею руху буряководяної суміші похилого щілевого водовідділювача під кутом 90 ° і 70°, щоб вони могли ефективно видаляти залишки ґрунту, піску, листя та інших забруднень з буряка.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> <i>Олішевський В.В.</i>	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Разробник документа</i> <i>Шевченко В.О.</i>	<i>Назва, додаткова назва</i>		230603.KP.05.007.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i> <i>Якимчук М.В.</i>	<i>Маркетингове обґрунтування проекту</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i>

Система управління соплами буде забезпечувати їх автоматичне включення та вимкнення в залежності від рівня чистоти буряка.

Система збору очищених забруднень буде забезпечувати їх ефективне видалення з мийки.

#### *Характеристика ринку*

Ринок мийок цукрових буряків в Україні є досить конкурентоспроможним. На ринку представлені як вітчизняні, так і іноземні виробники мийок. До основних вітчизняних виробників мийок відносяться:

- "Кременчуцький завод цукрового обладнання";
- "Чернігівський завод цукрового обладнання";
- "Дніпропетровський машинобудівний завод "Південмаш".

Основними іноземними виробниками мийок є:

- Buhler Group (Швейцарія);
- Sudzucker AG (Німеччина);
- ВМА (Німеччина);
- Glass and wolff (Німеччина)/

Основними факторами впливу на ринок мийок цукрових буряків в Україні є:

- зростання виробництва цукру в Україні;
- зростання вимог до якості очищеного буряка;
- розвиток технологій виробництва мийок.

#### *Аналіз структури ринку*

Географічна структура ринку мийок цукрових буряків в Україні характеризується наступними тенденціями:

- зростання частки східного регіону;
- стабілізація частки центрального регіону;
- зниження частки західного регіону.

Це пов'язано з тим, що в східному регіоні України розташована більша частина цукрових заводів.

Основними споживачами мийок цукрових буряків в Україні є підприємства цукрової промисловості.

#### *Огляд розвитку ринку*

Основними тенденціями розвитку ринку мийок цукрових буряків в Україні є:

- зростання виробництва цукру в Україні;
- зростання вимог до якості очищеного буряка;
- розвиток технологій виробництва мийок.

Ці тенденції сприяють зростанню попиту на мийки цукрових буряків в Україні.

#### *Аналіз зовнішнього маркетингового середовища*

Основними факторами зовнішнього маркетингового середовища, що впливають на ринок мийок цукрових буряків в Україні, є:

- світові тенденції розвитку ринку мийок цукрових буряків;
- економічна ситуація в Україні;
- політична ситуація в Україні;
- законодавче регулювання ринку мийок цукрових буряків.

Світові тенденції розвитку ринку мийок цукрових буряків характеризуються наступними напрямками:

- підвищення вимог до якості очищеного буряка;
- автоматизація процесів виробництва мийок;
- використання нових матеріалів та технологій у виробництві мийок.

#### *Висновок*

Маркетингове обґрунтування проекту модернізації мийки цукрових буряків барабанного типу показало, що проект має ряд переваг, які дозволять йому бути успішним на ринку. До таких переваг відносяться:

- відповідність проекту світовим тенденціям розвитку ринку мийок цукрових буряків;
- підвищення якості очищеного буряка та продуктивності мийки;

- зменшення витрат на виробництво цукру.

Ці переваги дозволять проекту завоювати конкурентні переваги на ринку та забезпечити його успіх.

Ось деякі додаткові моменти, які можна включити до висновку:

- оцінка потенційного попиту на модернізовану мийку;
- оцінка потенційних конкурентів;
- стратегія просування модернізованої мийки на ринку.

Оцінка потенційного попиту на модернізовану мийку дозволить визначити, чи є достатній попит на ринку, щоб проект був успішним. Оцінка потенційних конкурентів дозволить розробити стратегію для конкуренції з ними. Стратегія просування модернізованої мийки на ринку дозволить донести інформацію про проект до потенційних споживачів.

## ВИСНОВКИ

У даній магістерській роботі була розглянута тема модернізації барабанної мийки буряків з метою підвищення ефективності процесу очищення коренеплодів від залишкових забруднень та одночасного скорочення тривалості відмивання. Запропоноване технічне вирішення базується на розробленні системи ополіскування відмитих в барабанній мийці коренеплодів цукрового буряку, яка дозволяє видалення в них залишкових забруднень з використанням кінетичної енергії високонапірного струменя води соплоапарата похилого щілевого водовідділювача.

Наведені залежності показують вплив параметрів на результат ступеня відмивання коренеплодів буряків та енерговитрати. Результати проведених досліджень демонструють, що нова конструкція барабанної мийки дозволяє ефективно виводити забруднення, зв'язані з ґрунтом, із заглибин коренеплодів, забезпечуючи при цьому високий рівень очищення.

Приведено опис фізики процесів розкладу сил потужності дії струменя води на поверхню коренеплоду при взаємодії під кутом  $90^\circ$  і  $70^\circ$ .

Досліджено процес мийки буряків: Проведено експериментальні дослідження, спрямовані на вивчення процесу мийки буряків за участю модернізованої барабанної мийки. Отримані результати підтвердили успішність запропонованої модернізації в забезпеченні високої ефективності та якості очищення коренеплодів. В практичних умовах необхідно підбирати оптимальні величини цих параметрів з урахуванням конкретних умов цукрового заводу.

Отже, проведені дослідження підтверджують важливість та перспективність впровадження запропонованої модернізації барабанної мийки для підвищення ефективності бурякоцукрового виробництва, а саме для якісної очистки сировини від домішок і забруднень.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Олішевський ВВ	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> Шевченко В.О.	<i>Назва додаткова назва</i> <b>Висновки</b>		<b>230603КР.05.000 ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> Якимук М.В.			<i>Інд.</i> ---	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> 1/1

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості: підруч. для студентів ВНЗ / Мирончук В.Г., Гулий І.С., Пушанко М.М. та ін. Вінниця : Нова книга, 2007. 648с.
2. 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.
3. Монтаж та технічний сервіс обладнання. Практикум: навч. посіб. / за ред. В.Г. Мирончука. К : НУХТ, 2017. 162с.
4. Заплетніков І.М., Мирончук В.Г., Кудрявцев В.М. Експлуатація і обслуговування технологічного обладнання харчових виробництв : навч. посіб. Київ : «Кафедра», «Центр учбової літератури», 2012. 344 с.
5. Чепелюк О.О., Єщенко О.А., Доломакін Ю.Ю. Гігієнічні вимоги до проектування обладнання харчових виробництв: підруч. Київ : НУХТ, 2017. 311 с.
6. Сухенко Ю.Г., Литвиненко О.А., Сухенко В.Ю. Надійність і довговічність устаткування харчових і переробних виробництв : підруч. для студентів ВНЗ Київ : НУХТ, 2010. 547 с.
7. Справочник механика пищевой промышленности / А.И. Соколенко иа ін. ; Арт Эк. Київ, 2004. 304 с.
8. Механічні процеси і обладнання переробного та харчового виробництва: навч. посібник / П.С.Берник, З.А.Стоцько, І.П.Паламарчук, В.В.Яськов. Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2004. – 336 с.

<i>Відповідальна організація</i> <b>НУХТ</b>	<i>Технічне узгодження</i> Олішевський ВВ	<i>Вид документа</i> <b>Пояснювальна записка</b>	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> <b>НУХТ</b>	<i>Розробник документа</i> Шевченко В.О.	<i>Назва, додаткова назва</i> <b>Список використаних джерел</b>	<b>230603КР.05.000 ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджено</i> Яшчук МВ.		<i>Інд</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> <b>UA</b>	<i>Аркуш</i> 1/3

9. Ванін В.В., Перевертун В.В., Наджернична Т.М. Комп'ютерна інженерна графіка в середовищі AutoCAD. Київ : Каравелла, 2006. 334 с.
10. Остриков А.Н., Абрамов О.В. Расчет и конструирование машин и аппаратов пищевых производств: учебник Санкт-Петербург : ГИОРД, 2003. 352 с.
11. Технологія цукру: підручник: в 3т. Т.1:Вирощування, зберігання цукрових буряків, видобування сахарози /А.А.Ліпець, В.М.Логвін, К.Д.Скорик та ін.; за ред. В. М. Логвіна, А. І. Українця; Нац. ун-т харч. технол.– К.:Експрес-об'ява, 2015. – 288с.
12. Хоменко М. Д., Кухар В. М. Удосконалення схем та обладнання для очищення, відмивання і транспортування цукрових буряків на перероблення. Наукові праці Національного університету харчових технологій. 2019. Т. 25, № 3. С. 117-126.
13. Обладнання для харчової промисловості. Вимоги щодо безпеки і гігієни. Частина 2. Вимоги щодо гігієни: ДСТУ EN 1672–2–2001. [Чинний від 2003–01– 01]. Київ : Державний комітет України з питань технічного регулювання та споживчої політики, 2002. 32 с. (Національний стандарт України).
14. EHEDG Document No.8, Second Edition. Hygienic equipment design criteria. / G. Hauser, G.J. Curiel, H.-W. Bellin at al. 2004. 14 p.
15. Система управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги : ДСТУ 4161 – 2003. – [Чинний від 2003-07-01.]. Київ : PELTA.ORG, 2003. 13 с. (Національний стандарт України).
16. Системи управління безпечністю харчових продуктів. Вимоги до будь-яких організацій харчового ланцюга : ДСТУ ISO 22000:2007. – [Чинний від 2007–08–01.]. Київ : PELTA.ORG, 2007. 30 с. (Національний стандарт України).
17. Кодекс Алиментариус. Гигиена пищевых продуктов [Пер. с англ.]. Москва : Весь Мир, 2007. 123 с.

18. Hygiene in food processing / H.L.M. Lelieveld, M.A. Mostert, J. Holah, V.White at al. Boston: CRC Press, 2003. 389 p.

19. Оформлення бібліографічних посилань у наукових роботах : методичний poradnik / автори-укладачі: І. Костина, В. Каленська, О. Олабоді ; ред. Н. Левченко. – Київ : Науково-технічна бібліотека Національного університету харчових технологій, 2017. – 31 с.

20. Методичні рекомендації до виконання магістерської кваліфікаційної роботи для студентів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» спеціалізації «Обладнання переробних і харчових виробництв» ден. та заоч. форм навчання [Електронний ресурс] / Уклад. В.Г. Мирончук, С.Ю.Лементар, О.А.Єщенко – К.: НУХТ, 2018. – 41 с.

21. Сайт фірми Glass-Wolff: <https://www.glass-wolff.de/?lang>.

22. Сайт фірми ВМА: <https://www.bma-worldwide.com/sugar-drying/sugar-drying-and-cooling-plants-1.html>.

23. Сайт фірми ТМА: <https://tma.ua/>.

Перв. примен.		Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
						<u>Документація</u>		
		A3			230603.KP.05.03.3B	Загальний вигляд роликової бурякомийки	1	
						<u>Складальні одиниці</u>		
				1	230603.KP.05.03.01	Рама	1	
				2	230603.KP.05.03.02	Фігурний диск	387	
				3	230603.KP.05.03.03	Кришка	18	
				4	230603.KP.05.03.04	Кришка	18	
				5	230603.KP.05.03.05	Фланець	8	
				6	230603.KP.05.03.06	Фарсунка високого тиску	240	
				8	230603.KP.05.03.08	Бічна пластина	4	
				10	230603.KP.05.03.10	Редро жорсткості	12	
						<u>Стандартні вироби</u>		
				7	230603.KP.05.03.07	Кутик 45x45x4 L=1500	6	
				11	230603.KP.05.03.11	Болт М16х50 ГОСТ 7805-70	198	
				12	230603.KP.05.03.12	Гайка М16 ГОСТ 7805-70	198	
				13	230603.KP.05.03.12	Шайба 16Т ГОСТ 6402-88	198	
						<u>Інші вироби</u>		
				9	230603.KP.05.03.12	Привід NORD N=2,2 кВт	18	
		<b>230603.05.03.СК</b>						
		Изм. Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
		Разрад.	Шевченко В.О.					
		Пров.	Олішевський В.В.					
		Н.контр.						
		Утв.	Якимчук М.В.					
		Загальний вигляд роликової бурякомийки				Лит.	Лист	Листов
								1
		ННІТІ ОХ-2-3М						

