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)
«16» 06 2026р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
Микола ЯКИМЧУК
(підпис) (ім'я та прізвище)
«16» 06 20 26 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

Зі спеціальності 133 Галузеве машинобудування»
(код та назва спеціальності)
освітньо-професійної програми «Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв»
на тему: Модернізація відцентрової бурякорізки Т2М-СЦ2Б-12 з підвищенням технічного рівня

Виконав: здобувач IV курсу, групи 2
Дробаха Андрій Вікторович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник Бабко Євген Миколайович
(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)

16.06.26.

Київ – 2026 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут *Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І.С.Гулого*
Кафедра *Технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування*
Освітній ступінь *бакалавр*
Спеціальність *133 «Галузеве машинобудування»*
(шифр і назва)
Освітня програма *«Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв»*
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ТОКТП
проф. Микола ЯКИМЧУК
(власне ім'я і ПРІЗВИЩЕ)

«16» 06 2026 року

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

Дробаха Андрій Вікторович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Модернізація відцентрової бурякорізки Т2М-СЦ2Б-12 з підвищенням технічного рівня

керівник роботи Бабко Євген Миколайович, доц., канд. тех. наук
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом закладу вищої освіти від 10 квітня 2026 р.,№ 237-кс

2. Строк подання здобувачем роботи «01» червня 2026 р.
3. Вихідні дані до роботи *1. Технічний паспорт обладнання.*
2. Альбом галузевого обладнання. 3. Навчальна та спеціальна література
4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): *анотація, зміст; перелік умовних позначень, термінів; вступ; порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі; техніко-економічне, соціальне обґрунтування; характеристика вихідної сировини і готового продукту; опис запропонованого технічного рішення, будова та принцип роботи; вибір конструкційних матеріалів; розрахункова частина; технологічний маршрут виготовлення деталі; вимоги щодо монтажу, експлуатації та ремонту; система управління; заходи щодо охорони праці, екології; висновки; список використаних літературних джерел, специфікація.*

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): *Загальний вигляд обладнання – 1 аркуш1; Складальні одиниці обладнання – 3 аркуш; Технологія машинобудування – 1 аркуш.*

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультантів	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Технологія машинобудування	доц. Бабко Є.О.	14.04.26	10.06.26

7. Дата видачі завдання: «10» квітня 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	*Анотація, зміст; перелік умовних позначень, термінів*	10.04.2026р.	Виконано
2	*Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі*	13.04.2026р.	Виконано
3	*Техніко-економічне, соціальне обґрунтування.*	25.04.2026р.	Виконано
4	*Характеристика вихідної сировини і готового продукту*	27.04.2026р.	Виконано
5	*Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи.*	07.05.2026р.	Виконано
6	*Вибір конструкційних матеріалів*	09.05.2026р.	Виконано
7	*Розрахункова частина*	13.05.2026р.	Виконано
8	*Технологічний маршрут виготовлення деталі*	14.05.2026р.	Виконано
9	*Вимоги щодо монтажу, експлуатації та ремонту.*	18.05.2026р.	Виконано
10	*Опис системи управління*	21.05.2026р.	Виконано
11	*Заходи щодо охорони праці, екології*	23.05.2026р.	Виконано
12	*Висновки*	27.05.2026р.	Виконано
13	*Графічна частина: 5 аркушів формату А1*	15.05.2026р.	Виконано
14	*Список використаних літературних джерел*	27.05.2026р.	Виконано
	Подача ДП на кафедру	01.06.2026р.	Виконано

Здобувач _____ Андрій Дробаха

Керівник роботи _____ Євген БАБКО

АНОТАЦІЯ

У дипломному проєкті розглянуто питання модернізації відцентрової бурякорізки Т2М-СЦ2Б-12 з метою підвищення її технічного рівня, продуктивності та стабільності роботи в умовах цукрового виробництва. Актуальність роботи пов’язана з тим, що якість бурякової стружки суттєво впливає на ефективність дифузійного вилучення сахарози, втрати цукру, енерговитрати та загальну ритмічність роботи заводу.

У роботі виконано порівняльний аналіз існуючих технічних рішень для різання цукрових буряків, розглянуто конструктивні особливості відцентрових, дискових і барабанних бурякорізок, а також сучасні напрями вдосконалення бурякорізального обладнання. Основним технічним рішенням є модернізація корпусу бурякорізки шляхом переходу від 12-рамного до 16-рамного виконання. Це дозволяє збільшити кількість ріжучих зон, зменшити відстань між ножовими рамами, покращити рівномірність контакту буряка з ножами та підвищити якість стружки.

У проєкті наведено техніко-економічне обґрунтування модернізації, характеристику вхідної сировини і готової продукції, опис принципу роботи модернізованого обладнання, розрахункову частину, вибір конструкційних матеріалів, технологію виготовлення кришки підшипника, вимоги до монтажу, експлуатації, ремонту, охорони праці та екологічної безпеки.

Запропонована модернізація є доцільною, оскільки дає змогу підвищити продуктивність бурякорізки, покращити якість бурякової стружки та продовжити ефективне використання наявного обладнання без повної заміни машини.

Ключові слова: відцентрова бурякорізка, Т2М-СЦ2Б-12, модернізація, 16-рамний корпус, бурякова стружка, ножові рами, цукрові буряки, продуктивність, дифузія, цукрове виробництво.

ABSTRACT

The diploma project deals with the modernization of the centrifugal beet slicer T2M-SC2B-12 in order to improve its technical level, productivity and operational stability in sugar production. The relevance of the topic is related to the fact that the quality of beet cossettes has a direct influence on the efficiency of sucrose extraction, sugar losses, energy consumption and the stable operation of the sugar factory.

The project includes a comparative analysis of existing technical solutions for sugar beet slicing. The design features of centrifugal, disc and drum beet slicers are considered, as well as modern directions for improving beet slicing equipment. The main technical solution proposed in the project is the modernization of the slicer body by changing from a 12-frame design to a 16-frame design. This makes it possible to increase the number of cutting zones, reduce the distance between knife frames, improve the uniform contact of beets with the knives and obtain beet cossettes of higher quality.

The work presents the technical, economic and social justification of the modernization, the characteristics of the raw material and finished intermediate product, the operating principle of the upgraded equipment, calculation data, selection of construction materials, manufacturing technology of the bearing cover, installation and maintenance requirements, as well as occupational safety and environmental protection measures.

The proposed modernization is technically reasonable, as it increases the productivity of the beet slicer, improves the quality of beet cossettes and extends the efficient use of existing equipment without complete machine replacement.

Keywords: centrifugal beet slicer, T2M-SC2B-12, modernization, 16-frame body, beet cossettes, knife frames, sugar beet, productivity, diffusion, sugar production.

ЗМІСТ

	Вступ	7
1	Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі	11
2	Техніко-економічне, соціальне обґрунтування	27
3	Характеристика вихідної сировини і готового продукту	30
4	Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи	33
5	Вибір конструкційних матеріалів	41
6	Розрахункова частина	45
7	Технологічний маршрут виготовлення деталі	59
8	Вимоги щодо монтажу, експлуатації та ремонту	76
9	Опис системи управління	87
10	Заходи щодо охорони праці, екології	92
	Висновки	98
	Список використаної літератури	99
	Додатки	

ВСТУП

Цукрова промисловість є однією з важливих галузей харчової та переробної промисловості України. Вона забезпечує виробництво цукру з цукрових буряків, які є основною сировиною для вітчизняних цукрових заводів. Ефективність роботи цукрового підприємства значною мірою залежить від технічного стану обладнання, яке використовується на всіх стадіях переробки буряка: приймання, очищення, миття, різання, дифузійного вилучення цукру, очищення соку, випарювання, кристалізації та сушіння готового продукту. Одним із важливих етапів у цій технологічній схемі є процес різання буряків на стружку, оскільки саме від якості стружки залежить подальша ефективність дифузійного процесу.

Бурякова стружка повинна мати рівномірну форму, достатню довжину, оптимальну товщину та мінімальну кількість браку. Якщо стружка занадто дрібна або має нерівномірний профіль, це ускладнює проходження дифузійного соку, збільшує гідравлічний опір у дифузійному апараті та погіршує умови вилучення цукру. Надто товста або груба стружка, навпаки, знижує інтенсивність переходу цукрози з тканин буряка в екстрагент. Тому якісне подрібнення коренеплодів є не лише механічною операцією, а й важливим технологічним чинником, який впливає на продуктивність, енерговитрати та економічні показники всього виробництва.

Для різання цукрових буряків на підприємствах застосовують бурякорізки різних конструкцій: дискові, барабанні та відцентрові. Серед них значне поширення отримали відцентрові бурякорізки, зокрема машина Т2М-СЦ2Б-12. Це обладнання має порівняно просту конструкцію, достатню надійність, зручність обслуговування та можливість роботи у складі потокових ліній бурякопереробного відділення. Принцип її дії полягає в тому, що буряк надходить у корпус машини, захоплюється обертовим робочим органом, притискається відцентровою силою до ножових рам і поступово розрізається на стружку. Після цього стружка через отвори ножових рам

надходить до кожуха та далі спрямовується на наступну технологічну операцію.

Однак у процесі тривалої експлуатації бурякорізок виникають певні технічні та технологічні недоліки. До них можна віднести зношування робочих поверхонь, погіршення точності встановлення ножових рам, збільшення зазорів, зниження стабільності різання, появу браку в стружці, підвищення витрат на ремонт і технічне обслуговування. Крім того, для сучасних цукрових заводів важливим завданням є підвищення продуктивності без повної заміни обладнання, оскільки придбання нових машин потребує значних капітальних вкладень. У таких умовах модернізація наявного обладнання є більш доцільним і економічно вигідним напрямом.

Актуальність теми дипломного проєкту полягає в необхідності підвищення технічного рівня відцентрової бурякорізки Т2М-СЦ2Б-12 шляхом удосконалення її конструкції. Запропонована модернізація передбачає перехід від 12-рамного виконання до 16-рамного корпусу. Збільшення кількості ножових рам дає змогу підвищити інтенсивність різання буряка, зменшити відстань між ножовими елементами та забезпечити більш рівномірну взаємодію коренеплодів із ріжучими кромками. Завдяки цьому очікується підвищення продуктивності машини, покращення якості бурякової стружки та зменшення негативного впливу нерівномірного переміщення буряка всередині барабана.

Важливою перевагою такого технічного рішення є те, що воно дозволяє наростити продуктивність існуючої бурякорізки без радикальної зміни всієї технологічної лінії. Це особливо важливо для підприємств, які експлуатують обладнання протягом тривалого часу, але не мають можливості повністю оновити машинний парк. Модернізація корпусу, ножових рам і пов’язаних з ними елементів дає змогу продовжити строк служби машини, підвищити її надійність, зменшити кількість простоїв і покращити умови технічного обслуговування.

Метою даного дипломного проєкту є підвищення технічного рівня відцентрової бурякорізки Т2М-СЦ2Б-12 шляхом модернізації її робочого органу з переходом на 16-рамне виконання, що забезпечує збільшення продуктивності та покращення якості бурякової стружки.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання: провести порівняльний аналіз існуючих технічних рішень для різання цукрових буряків; обґрунтувати доцільність модернізації з техніко-економічної та соціальної точки зору; охарактеризувати вхідну сировину і готовий продукт процесу різання; описати будову та принцип роботи базової і модернізованої бурякорізки; виконати необхідні розрахунки основних параметрів обладнання; підібрати конструкційні матеріали для деталей і вузлів машини; розробити технологію виготовлення окремої деталі; визначити вимоги до монтажу, експлуатації та технічного сервісу; описати систему керування обладнанням; запропонувати заходи з охорони праці під час роботи з бурякорізкою.

Об’єктом дослідження є процес механічного різання цукрових буряків у відцентровій бурякорізці. Предметом дослідження є конструкція відцентрової бурякорізки Т2М-СЦ2Б-12 та технічні рішення, спрямовані на підвищення її продуктивності, надійності й ефективності роботи.

Практичне значення роботи полягає в тому, що запропонована модернізація може бути використана для оновлення наявних бурякорізок на цукрових заводах без значних змін у загальній компоновці виробничої лінії. Очікуваний ефект полягає у збільшенні кількості переробленої сировини за одиницю часу, поліпшенні якості стружки, зменшенні втрат цукру на наступних стадіях виробництва та зниженні витрат, пов’язаних із експлуатацією обладнання. Крім того, підвищення стабільності роботи бурякорізки позитивно впливає на ритмічність роботи дифузійного відділення та всього цукрового виробництва.

У дипломному проєкті розглянуто технічні особливості роботи відцентрової бурякорізки Т2М-СЦ2Б-12, проаналізовано її основні вузли, визначено недоліки базової конструкції та запропоновано варіант модернізації. Особливу увагу приділено підвищенню продуктивності за рахунок збільшення кількості ножових рам, покращенню умов формування бурякової стружки, вибору матеріалів, питанням монтажу, технічного сервісу, автоматизації та безпечної експлуатації обладнання. Таким чином, виконання даної роботи спрямоване на вирішення практичного завдання — підвищення ефективності роботи бурякорізального обладнання в умовах сучасного цукрового виробництва.

1. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ПОСТАВЛЕНОЇ ЗАДАЧІ

Значення процесу різання буряків у технології цукрового виробництва

У технологічній схемі виробництва цукру з буряків процес різання займає важливе місце, оскільки він безпосередньо впливає на ефективність наступної стадії — дифузійного вилучення сахарози. Перед надходженням у дифузійний апарат коренеплоди необхідно подрібнити на бурякову стружку певної форми, довжини та товщини. Саме від цих параметрів залежить площа контакту між клітинною тканиною буряка і екстрагентом, швидкість переходу сахарози в дифузійний сік, гідравлічний опір шару стружки та стабільність роботи дифузійного обладнання.

Якісна бурякова стружка повинна бути достатньо довгою, рівномірною за поперечним перерізом, без значної кількості дріб'язку, роздавлених частинок і занадто товстих пластин. Якщо стружка має велику кількість браку, це призводить до погіршення фільтраційних властивостей шару, підвищення втрат цукру з жомом, збільшення витрати води на дифузію та зростання навантаження на станцію очищення соку. Тому буракорізка є не лише механічною машиною для подрібнення, а важливим технологічним вузлом, від якого залежить робота всього бурякопереробного відділення.

На цукрових заводах використовують різні типи буракорізок. Найбільш поширеними є дискові, барабанні та відцентрові машини. Вони відрізняються способом подачі буряків до ножів, конструкцією робочого органу, продуктивністю, складністю обслуговування, енерговитратами та якістю отриманої стружки. У даній дипломній роботі основна увага приділяється відцентровій буракорізці Т2М-СЦ2Б-12, яка має 12 ножових рам і може бути модернізована шляхом переходу на 16-рамне виконання.

Основні типи бурякорізального обладнання

Бурякорізальне обладнання можна класифікувати за конструкцією робочого органу. До основних типів належать дискові, барабанні та відцентрові бурякорізки.

Дискові бурякорізки мають робочий орган у вигляді обертового диска з ножовими рамами або ножовими блоками. Буряк надходить до диска і під дією сили притискання проходить через ножі. Такі машини можуть забезпечувати достатньо якісне різання, але їхня продуктивність залежить від діаметра диска, кількості ножів, стабільності подачі сировини та рівномірності притискання буряка до ріжучих елементів. Недоліком дискових машин є значне навантаження на ножі при нерівномірній подачі коренеплодів, а також складність забезпечення однакових умов різання по всій робочій поверхні.

Барабанні бурякорізки використовують обертовий барабан із ножовими блоками. Вони характерні для сучасних високопродуктивних ліній, особливо на великих цукрових заводах. Їх перевагами є висока продуктивність, стабільна якість стружки, можливість точного регулювання ножових блоків, зручна заміна ріжучого інструменту та інтеграція з автоматизованими системами керування. Однак такі машини є дорогими, потребують якісного сервісу, точного монтажу та кваліфікованого персоналу.

Відцентрові бурякорізки працюють за іншим принципом. Буряк надходить у корпус машини, де захоплюється обертовим завитком або ротором. Під дією відцентрової сили коренеплоди притискаються до внутрішньої поверхні корпусу, у вікнах якого встановлені ножові рами. Під час ковзання вздовж ножів буряк зрізається у вигляді стружки. Такі машини мають порівняно просту конструкцію, добру ремонтопридатність і можуть працювати на підприємствах із середньою та високою продуктивністю.

Для українських цукрових заводів відцентрові бурякорізки залишаються актуальними через їхню поширеність, наявність ремонтної бази, простішу конструкцію та можливість модернізації без повної заміни обладнання. Саме

тому технічне вдосконалення машини Т2М-СЦ2Б-12 є доцільним напрямом підвищення ефективності виробництва.

Аналіз базової конструкції відцентрової бурякорізки Т2М-СЦ2Б-12

Відцентрова бурякорізка Т2М-СЦ2Б-12 призначена для різання вимитих цукрових буряків на стружку перед подачею її в дифузійне відділення. Машина складається з циліндричного корпусу, завантажувального бункера, трилопатевого завитка, ножових рам, верхнього і нижнього кожухів, приводу, конічного редуктора, опорної частини, лебідки для заміни рам і шибера для перекриття подачі буряків.

Перевагою такої конструкції є простота принципу дії. Для різання використовується не додатковий притискний механізм, а відцентрова сила, що виникає під час обертання робочого органу. Це зменшує кількість складних виконавчих механізмів і спрощує обслуговування. Крім того, ножові рами можуть замінюватися за допомогою спеціального механізму, що скорочує тривалість обслуговування та дає змогу оперативно відновлювати якість різання.

Разом з тим базова 12-рамна конструкція має певні обмеження. За підвищення продуктивності заводу вона може не забезпечувати необхідної інтенсивності різання. При меншій кількості ножових рам збільшується відстань між зонами різання, тому коренеплід довше переміщується по внутрішній поверхні барабана без взаємодії з ножем. Це може сприяти нерівномірному руху буряка, збільшенню вертикального зміщення, погіршенню стабільності товщини стружки та зростанню навантаження на окремі ножові елементи.

Також на якість роботи бурякорізки впливають стан ножів, точність встановлення рам, величина зазорів, чистота робочої поверхні, наявність волокнистих включень, засміченість сировини камінням або металевими предметами, а також рівномірність подачі буряків із бункера. Через це модернізація повинна розглядатися комплексно: не лише як збільшення

кількості ножових рам, а як удосконалення умов різання, обслуговування і контролю роботи машини.

Напрями модернізації бурякорізок

Аналіз конструкцій бурякорізального обладнання показує, що модернізація таких машин зазвичай здійснюється у кількох основних напрямах.

Перший напрям — збільшення кількості ножових рам або ножових блоків. Це дозволяє підвищити частоту контакту буряка з ріжучими елементами, зменшити відстань між зонами різання та забезпечити більш рівномірне формування стружки. Для відцентрової бурякорізки Т2М-СЦ2Б-12 такий підхід реалізується шляхом заміни 12-рамного корпусу на 16-рамний. У цьому випадку кількість робочих зон збільшується на третину, а процес різання стає інтенсивнішим.

Другий напрям — удосконалення ножових рам і системи базування ножів. Якість стружки значною мірою залежить від того, наскільки точно встановлені ножі за висотою, кутом і взаємним зміщенням. Навіть невелика похибка може спричинити утворення занадто тонкої, короткої або нерівномірної стружки. Тому перспективними є конструкції з точнішим регулюванням ножових рам, використанням контрольних планок, жорсткіших опорних елементів і покращеної фіксації ножів.

Третій напрям — підвищення зносостійкості робочих поверхонь. У процесі роботи бурякорізка контактує не лише з буряком, а й з абразивними домішками, залишками ґрунту, піску, дрібним камінням. Через це зношуються ножі, корпус, накладки, бандажі, притискні планки. Використання нержавіючих, легованих або зносостійких сталей для окремих деталей дає змогу збільшити строк служби вузлів, зменшити кількість ремонтів і підвищити стабільність геометрії робочої зони.

Четвертий напрям — автоматизація контролю якості різання. Сучасні цукрові заводи поступово переходять від ручного контролю до систем, які дають змогу оцінювати стан ножів, ширину стружки, продуктивність машини, навантаження на привід і стабільність подачі сировини в режимі реального часу. Це дозволяє оператору швидше реагувати на погіршення якості стружки, своєчасно замінювати ножі та підтримувати оптимальний режим роботи.

П’ятий напрям — удосконалення системи очищення ножів. При переробці волокнистих або підморожених буряків на ріжучих кромках можуть накопичуватися волокна. Це погіршує якість стружки та збільшує опір різанню. Для очищення ножів застосовують продувку стисненим повітрям або парою. Ефективність такої системи залежить від тиску, витрати повітря, розміщення сопел і правильного підведення трубопроводів.

Шостий напрям — захист від сторонніх домішок. Каміння, металеві предмети та інші тверді включення можуть пошкодити ножі, ножові рами і корпус бурякорізки. Тому важливими є попереднє очищення буряків, встановлення каменевловлювачів, магнітних уловлювачів, шиберів, датчиків аварійного навантаження та захисних дверцят.

Напрацювання науковців і практичні дослідження щодо покращення роботи бурякорізок

У наукових і виробничих дослідженнях, присвячених бурякорізальному обладнанню, значна увага приділяється не лише продуктивності машини, а й стабільності якості стружки. Це пояснюється тим, що якість стружки впливає на роботу дифузійного апарата, втрати цукру, навантаження на сокоочисне відділення та витрати енергії.

Одним із важливих напрямів досліджень є вплив геометрії ножів на процес різання. Науковці розглядають кут загострення, форму ріжучої кромки, висоту підйому ножа, відстань між ножами та взаємне зміщення сусідніх рядів. Було показано, що для отримання жолобчастої стружки необхідно забезпечити правильне зміщення сусідніх рядів ножів і витримати

оптимальний підйом ножа. Якщо ніж встановлений занадто низько, повноцінне зрізання стружки не відбувається. Якщо підйом надмірний, зростає ймовірність утворення грубої або нерівномірної стружки.

Інший напрям досліджень пов’язаний із силовою взаємодією коренеплоду з ножем. У процесі різання буряк деформується, а стружка відокремлюється від основної маси коренеплоду. Сила різання залежить від фізико-механічних властивостей буряка, гостроти ножа, кута різання, швидкості руху, вологості та стану сировини. При затупленні ножа збільшується опір різанню, погіршується поверхня зрізу, зростає кількість зруйнованих клітин і дрібних часток. Це негативно впливає на якість дифузійного соку, оскільки з пошкоджених клітин у сік переходить більше нецукрів.

Окрему увагу дослідники приділяють зношуванню ножів і прогнозуванню моменту їх заміни. У виробничих умовах ножі працюють у складному середовищі: буряк може бути твердим, волокнистим, підмороженим, забрудненим піском або іншими домішками. Через це різальна кромка поступово втрачає гостроту. Перехід до автоматизованого контролю стану ножів дозволяє не чекати помітного погіршення стружки, а планувати заміну або переточування за технічним станом.

Практичний досвід зарубіжних цукрових заводів також підтверджує важливість якості стружки. У виробничих звітах зазначається, що після встановлення нових бурякорізальних систем зменшувалася кількість дрібної фракції, покращувалась робота дифузійних апаратів, а також стабілізувалася робота пресового та сушильного відділень. Це свідчить про те, що модернізація бурякорізки може давати ефект не лише в межах однієї машини, а й на наступних стадіях виробництва.

Перспективним напрямом є онлайн-контроль ширини стружки та зношування ножів. У сучасних системах для цього використовують розрахункові алгоритми, дані про режим роботи, продуктивність, стан

ножових блоків і якість отриманої стружки. Такий підхід дозволяє оператору не лише контролювати машину, а й оптимізувати процес різання з урахуванням реального стану сировини.

Для теми даного дипломного проєкту найбільш важливими є такі висновки з наукових і практичних напрацювань:

якість стружки є ключовим критерієм ефективності бурякорізки;

збільшення кількості ріжучих зон може підвищити продуктивність і стабільність різання;

точність встановлення ножів є не менш важливою, ніж потужність приводу;

зменшення кількості браку у стружці позитивно впливає на дифузію, пресування жому та енергоспоживання;

модернізація бурякорізки повинна поєднувати конструктивне вдосконалення, покращення матеріалів, контроль стану ножів і захист від сторонніх домішок.

Порівняльний аналіз сучасного іноземного бурякорізального обладнання

Для оцінки рівня сучасних технічних рішень доцільно розглянути декілька іноземних зразків обладнання, які застосовуються або пропонуються для бурякопереробної промисловості. Найбільш відомими виробниками у цій сфері є Putsch, Maguin, Deswarte, а також інші компанії, що спеціалізуються на обладнанні для цукрових заводів.

Бурякорізальні системи Putsch TSM Series

Компанія Putsch є одним із відомих виробників обладнання для цукрової промисловості. Серія TSM призначена для виробництва бурякової стружки та включає декілька моделей із різним діаметром барабана, кількістю рядів різання, масою, потужністю приводу і продуктивністю. Конструкція таких машин орієнтована на отримання стабільної якості стружки, можливість точного регулювання геометрії різання та зменшення витрат на обслуговування.

Особливістю систем Putsch TSM є використання ножових блоків, у яких можна регулювати положення ножів, їх висоту, кут і відстань. Це дає змогу адаптувати машину до різної якості буряка: свіжого, волокнистого, підмороженого або частково пошкодженого. Також у таких системах передбачаються сучасні приводи з частотним регулюванням, що дозволяє краще пристосовувати роботу машини до змінного навантаження.

Таблиця 1.1 — Технічна характеристика бурякорізальних систем Putsch TSM Series

Показник	Putsch TSM 2200	Putsch TSM 1800	Putsch TSM 1600
Тип обладнання	барабанна бурякорізальна система	барабанна бурякорізальна система	барабанна бурякорізальна система
Діаметр різального барабана, мм	2200	1800	1600
Кількість рядів різання	66	54	42
Довжина різання на один ряд, мм	600	600	600
Габаритна довжина, мм	2775	2500	2845
Габаритна ширина, мм	2600	2200	2200
Габаритна висота, мм	2610	2200	2050
Маса без бурякового завантаження, кг	близько 12000	близько 10000	близько 8000
Робоча маса з буряком, кг	близько 14500	близько 12000	близько 9500
Потужність головного приводу, кВт	132	90	90
Орієнтовна встановлена потужність, кВА	170	150	120
Продуктивність, т/добу	до 10000	до 8000	до 5000

Порівняно з відцентровою бурякорізкою Т2М-СЦ2Б-12, системи Putsch TSM мають значно вищий технічний рівень автоматизації та більшу

продуктивність. Їх доцільно використовувати на великих заводах, де потрібна висока добова переробка буряків. Разом з тим для підприємств, які вже мають парк відцентрових бурякорізок, повна заміна обладнання на такі системи може бути занадто дорогою. Тому модернізація наявної машини Т2М-СЦ2Б-12 є більш доступним варіантом підвищення продуктивності.

Барабанна бурякорізка Maguin

Компанія Maguin спеціалізується на промисловому обладнанні для цукрової галузі та пропонує технологічні рішення для підготовки, різання, дифузії та подальшої переробки буряків. У переліку її обладнання присутні барабанні бурякорізки, ножі та фрези для промислового різання. Такі машини орієнтовані на великі цукрові заводи, де потрібна висока продуктивність, надійність і точність формування стружки.

Рис. 1.1. – Барабанна бурякорізка Maguin

Барабанна бурякорізка Maguin за принципом роботи ближча до сучасних високопродуктивних систем, ніж до класичних відцентрових машин. Її перевагами є висока інтенсивність різання, значна кількість ножових блоків, можливість швидкої заміни інструменту і стабільна робота при великих

обсягах сировини. Таке обладнання є ефективним для нових або глибоко реконструйованих цукрових заводів.

Таблиця 1.2 — Технічна характеристика барабанної бурякорізки Maguin

Показник	Значення
Тип обладнання	барабанна бурякорізка
Призначення	різання вимитих цукрових буряків на стружку
Орієнтовна продуктивність, т/добу	2000–9000
Діаметр барабана, мм	близько 2200
Кількість ножових блоків	близько 22
Довжина ножа, мм	165 або 200 залежно від виконання
Ширина різання, мм	близько 600
Характер модернізаційного ефекту	підвищення продуктивності, стабілізація якості стружки, зручніша заміна ножових елементів

Перевагою такого обладнання є значний запас продуктивності. Однак його впровадження потребує значних капітальних витрат, а також адаптації бункерів, транспортних ліній, приводів, систем керування і сервісної інфраструктури. Тому для умов модернізації наявної бурякорізки Т2М-СЦ2Б-12 повна заміна на Maguin не є першочерговим рішенням. Натомість корисним є сам принцип: збільшення кількості ріжучих елементів і підвищення точності їх встановлення.

Бурякорізка Deswarte Beet Slicer

Компанія Deswarte пропонує обладнання для переробки коренеплодів, зокрема бурякорізку, яка використовується після миття буряків. Конструкція машини орієнтована на надійність, простоту обслуговування та можливість заміни ножового блока із зовнішнього боку. Такий підхід є важливим, оскільки заміна або регулювання ножів у бурякорізці повинні виконуватися швидко і без тривалих простоїв технологічної лінії.

У відкритому описі виробник робить акцент не на максимальній продуктивності, а на надійності конструкції, системі керування і зручності технічного обслуговування. Це свідчить про загальний напрям розвитку сучасного бурякорізального обладнання: машина повинна не лише різати

буряк, а й забезпечувати зручний доступ до робочих органів, мінімальний час заміни ножів і стабільність роботи в умовах безперервного виробництва.

Рис. 1.2. Бурякорізка Deswarte Beet Slicer

Таблиця 1.3 — Загальна технічна характеристика бурякорізки Deswarte Beet Slicer

Показник	Значення
Тип обладнання	бурякорізка для коренеплодів
Призначення	різання буряків після миття
Основна особливість конструкції	зовнішнє розташування змінного ножового блока
Рівень автоматизації	передбачена система керування
Обслуговування	заміна ножового блока ззовні машини
Переваги	надійність, ремонтопридатність, скорочення часу сервісу
Сфера застосування	лінії переробки коренеплодів і буряків

Порівняння базової та модернізованої бурякорізки Т2М-СЦ2Б-12

Запропонована модернізація Т2М-СЦ2Б-12 полягає у переході від 12-рамної до 16-рамної конструкції корпусу. Такий підхід не потребує повної зміни принципу роботи машини, але дозволяє підвищити технічний рівень обладнання. Основний ефект досягається за рахунок збільшення кількості ножових рам і зменшення відстані між ними.

Таблиця 1.4 — Порівняння базової та модернізованої бурякорізки Т2М-СЦ2Б-12

Показник	Базова Т2М-СЦ2Б-12	Модернізована бурякорізка
Кількість ножових рам	12	16
Зміна кількості ріжучих зон	базовий рівень	збільшення на 4 рами
Відстань між рамами	більша	менша
Інтенсивність контакту буряка з ножами	нижча	вища
Вертикальне зміщення буряка в корпусі	більш імовірне	зменшується
Якість стружки	залежить від стану ножів і стабільності подачі	очікувано більш рівномірна
Продуктивність	базова	підвищена орієнтовно на 25–33 %
Обсяг реконструкції	відсутній	заміна або перероблення корпусу під 16 рам
Капітальні витрати	мінімальні	нижчі, ніж при купівлі нової імпортної бурякорізки
Доцільність для діючого заводу	обмежена при зростанні продуктивності	висока для модернізації наявної лінії

З технічної точки зору збільшення кількості ножових рам є логічним рішенням. Якщо у корпусі встановлено 12 рам, то буряк проходить більшу дугову відстань між сусідніми зонами різання. При переході на 16 рам ця відстань зменшується, тому коренеплід частіше контактує з ножами. У результаті зменшується нерівномірність руху буряка, а зрізання відбувається більш послідовно.

Крім того, модернізація не змінює загального принципу роботи машини. Зберігаються основні вузли: корпус, завиток, привід, кожухи, бункер, шибер,

система заміни ножових рам. Це означає, що персоналу не потрібно повністю переучуватися для роботи з новим типом обладнання. Підприємство може використати наявну ремонтну базу, існуючі фундаменти, транспортні зв’язки та частину запасних частин.

Недоліком такого рішення є необхідність точного виготовлення корпусу з новим розташуванням пазів. При збільшенні кількості рам підвищуються вимоги до точності обробки, співвісності, міцності міжрамних ділянок, жорсткості корпусу та правильності встановлення ножових рам. Якщо ці вимоги не виконати, модернізація може не дати очікуваного ефекту. Тому особливу увагу необхідно приділити розрахунковій частині, вибору матеріалів, технології виготовлення окремих деталей, монтажу та контролю після складання.

Порівняльна оцінка технічних рішень

Для вибору найбільш доцільного варіанта модернізації слід порівняти кілька можливих технічних рішень: залишення базової конструкції без змін, повну заміну машини на сучасну імпортну барабанну бурякорізку та модернізацію Т2М-СЦ2Б-12 шляхом переходу на 16 рам.

Таблиця 1.5 — Порівняльна оцінка можливих технічних рішень

Варіант	Переваги	Недоліки	Доцільність
Залишення 12-рамної Т2М-СЦ2Б-12 без змін	не потребує капітальних витрат; персонал знайомий з обладнанням; не потрібна реконструкція	обмежена продуктивність; можливе погіршення якості стружки; зростання витрат на ремонт старого обладнання	доцільно лише при відсутності потреби у збільшенні продуктивності
Повна заміна на сучасну барабанну бурякорізку	висока продуктивність; сучасне керування; точне регулювання ножових блоків; кращий сервісний доступ	значна вартість; потреба у реконструкції лінії; залежність від імпортного сервісу; складніший монтаж	доцільно для великих заводів або глибокої реконструкції
Модернізація Т2М-СЦ2Б-12 до 16-рамного виконання	підвищення продуктивності; покращення якості стружки; нижча	потрібна точна переробка корпусу; зростають вимоги до монтажу і	найбільш раціональний варіант для діючого

Варіант	Переваги	Недоліки	Доцільність
	вартість порівняно з купівлею нової машини; збереження принципу роботи	балансування; необхідний контроль за рамами	заводу з наявною бурякорізкою

Порівняння показує, що повна заміна обладнання на сучасну імпортну машину може забезпечити найвищі технічні показники, але потребує значних інвестицій. Для багатьох підприємств такий варіант є економічно складним. Залишення базової конструкції без змін також не є оптимальним, оскільки воно не вирішує проблему підвищення продуктивності та стабільності якості стружки.

Найбільш збалансованим рішенням є модернізація наявної бурякорізки Т2М-СЦ2Б-12. Вона дає змогу підвищити продуктивність і технічний рівень обладнання без повної заміни машини. Такий підхід відповідає сучасній практиці реконструкції харчових підприємств, коли перевага надається не повному демонтажу обладнання, а цільовому вдосконаленню найбільш важливих вузлів.

Обґрунтування вибраного напряму модернізації

Для дипломного проєкту обрано модернізацію відцентрової бурякорізки Т2М-СЦ2Б-12 шляхом збільшення кількості ножових рам із 12 до 16. Це рішення є доцільним з кількох причин.

По-перше, воно безпосередньо впливає на продуктивність машини. Збільшення кількості ріжучих зон дозволяє за один оберт робочого органу виконати більшу кількість актів різання. Це створює передумови для підвищення добової переробки буряків.

По-друге, зменшується відстань між ножовими рамами. Завдяки цьому буряк менше зміщується по вертикалі та більш рівномірно контактує з ножами. Це позитивно впливає на форму і стабільність стружки.

По-третє, модернізація зберігає загальну конструкційну схему машини. Це важливо для підприємства, оскільки не потребує повної перебудови

технологічної лінії. Основні принципи монтажу, обслуговування та експлуатації залишаються знайомими для персоналу.

По-четверте, таке рішення є економічно привабливішим, ніж придбання нової імпортної бурякорізки. Вартість модернізації корпусу та пов'язаних деталей є нижчою, ніж капітальні витрати на нове обладнання, його доставку, монтаж, адаптацію бункерів, транспортерів і систем керування.

По-п'яте, модернізація відповідає загальним напрямам розвитку бурякорізального обладнання: збільшення кількості ріжучих елементів, підвищення точності їх встановлення, покращення якості стружки, зменшення простоїв і забезпечення більш стабільної роботи дифузійного відділення.

Отже, запропонований напрям модернізації є технічно обґрунтованим і практично придатним для умов діючого цукрового заводу.

Висновки до розділу 1

У першому розділі проведено порівняльний аналіз технічних рішень, пов'язаних із процесом різання цукрових буряків. Встановлено, що якість бурякової стружки є одним із головних чинників, які впливають на ефективність дифузійного процесу, втрати цукру, роботу пресового обладнання, енергоспоживання та стабільність виробництва.

Розглянуто основні типи бурякорізок: дискові, барабанні та відцентрові. Визначено, що сучасні барабанні системи іноземних виробників мають високий технічний рівень, значну продуктивність, точне регулювання ножових блоків і розвинені системи керування. Однак їх впровадження потребує великих капітальних витрат і часто пов'язане з реконструкцією значної частини технологічної лінії.

Проаналізовано конструкцію відцентрової бурякорізки Т2М-СЦ2Б-12. Встановлено, що її перевагами є простота будови, ремонтопридатність, наявність виробничого досвіду експлуатації та можливість модернізації. Основним недоліком базової 12-рамної конструкції є обмежена кількість

ріжучих зон, що може стримувати підвищення продуктивності та погіршувати рівномірність формування стружки.

Розглянуто наукові та практичні напрацювання щодо покращення роботи бурякорізок. Вони підтверджують, що на якість стружки впливають геометрія ножів, точність їх встановлення, стан ріжучої кромки, кількість ріжучих елементів, режим подачі буряків і своєчасність технічного обслуговування.

На основі проведеного аналізу обґрунтовано доцільність модернізації бурякорізки Т2М-СЦ2Б-12 шляхом переходу від 12-рамного до 16-рамного корпусу. Таке рішення дозволяє збільшити продуктивність, покращити якість бурякової стружки, зменшити нерівномірність руху буряка в робочій зоні та підвищити технічний рівень обладнання без повної заміни машини.

2. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ТА СОЦІАЛЬНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

Модернізація обладнання цукрового виробництва є одним із найбільш раціональних способів підвищення ефективності роботи підприємства без повної заміни технологічної лінії. Особливо це стосується машин, які безпосередньо впливають на продуктивність основного виробництва та якість напівпродукту. До такого обладнання належить відцентрова бурякорізка Т2М-СЦ2Б-12, яка використовується для різання цукрових буряків на стружку перед подачею її у дифузійне відділення.

Процес різання буряків має велике технологічне значення, оскільки від якості стружки залежить швидкість і повнота вилучення сахарози. Якщо стружка має рівномірний профіль, достатню довжину і мінімальну кількість браку, то в дифузійному апараті створюються кращі умови для проходження соку крізь шар сировини. Це дає змогу зменшити втрати цукру з жомом, стабілізувати роботу дифузійної установки та знизити витрати води й енергії на подальшу переробку. Тому технічний стан бурякорізки прямо впливає не лише на окрему операцію різання, а й на загальні економічні показники цукрового заводу.

Базова конструкція відцентрової бурякорізки Т2М-СЦ2Б-12 має 12 ножових рам. Таке виконання є працездатним і достатньо поширеним, однак у сучасних умовах воно не завжди забезпечує необхідну продуктивність. Зростання добової переробки буряків вимагає більш інтенсивної роботи бурякорізального обладнання. Повна заміна машини на нову імпортну барабанну або дискову бурякорізку потребує значних капітальних витрат, реконструкції суміжних транспортних і завантажувальних вузлів, додаткового монтажу та налаштування систем керування. У зв’язку з цим більш доцільним є шлях модернізації наявної машини.

Сутність запропонованого технічного рішення полягає у переході від 12-рамного до 16-рамного корпусу. За рахунок збільшення кількості ножових рам зменшується відстань між ріжучими зонами, а буряк частіше контактує з

ножами під час руху всередині корпусу. Це дозволяє підвищити інтенсивність різання, зменшити нерівномірне переміщення коренеплодів і отримати більш стабільну за розмірами бурякову стружку. У наданій основі дипломного матеріалу зазначено, що така модернізація спрямована на підвищення продуктивності та покращення якості стружки за рахунок встановлення 16-рамного корпусу замість 12-рамного.

З економічної точки зору модернізація є вигідною, оскільки вона дозволяє використати значну частину існуючих вузлів бурякорізки. Зберігаються загальна компоновка машини, принцип роботи, привідна схема, завантажувальний бункер, кожухи, опорні елементи та частина допоміжного обладнання. Основні витрати пов’язані з виготовленням або переробкою корпусу під 16 ножових рам, встановленням рам, регулюванням робочих зазорів, перевіркою точності монтажу та налагодженням машини після модернізації. Такі витрати є значно нижчими порівняно з придбанням нової бурякорізки, її доставкою, встановленням і адаптацією до існуючої технологічної лінії.

Очікуване підвищення продуктивності дає можливість переробляти більшу кількість буряків за той самий проміжок часу. Це особливо важливо у сезон цукроваріння, коли підприємство повинно швидко переробити сировину, що надходить із полів. Затримка у переробці буряків може призводити до втрати їхньої технологічної якості, зниження цукристості та збільшення загальних втрат. Тому збільшення продуктивності бурякорізки позитивно впливає на ритмічність роботи всього заводу.

Додатковий економічний ефект формується за рахунок покращення якості стружки. Більш рівномірна стружка забезпечує кращу роботу дифузійного апарата, знижує кількість дрібної фракції, полегшує проходження соку та зменшує ймовірність перевантаження наступних стадій виробництва. У результаті підприємство може отримати менші втрати цукру, стабільнішу

якість дифузійного соку та зниження витрат на усунення технологічних відхилень.

Соціальне значення модернізації полягає у підвищенні надійності та безпечності роботи обладнання. Оновлення робочого органу, точніше встановлення ножових рам, контроль за станом ножів і зменшення аварійних ситуацій сприяють зниженню кількості простоїв і полегшенню праці обслуговуючого персоналу. Працівникам не потрібно освоювати повністю нову машину, оскільки принцип роботи бурякорізки залишається відомим. Це скорочує потребу у тривалому перенавчанні та зменшує ризик помилок під час експлуатації.

Крім того, модернізація сприяє підвищенню конкурентоспроможності підприємства. Завод, який має більш продуктивне та стабільне обладнання, може ефективніше використовувати сезон переробки, зменшувати витрати на одиницю продукції та підтримувати вищу якість виробництва. Для галузі в цілому це важливо, оскільки багато підприємств експлуатують обладнання тривалий час і потребують не лише заміни машин, а й раціонального технічного оновлення.

Отже, модернізація відцентрової бурякорізки Т2М-СЦ2Б-12 шляхом переходу на 16-рамний корпус є технічно, економічно та соціально обґрунтованою. Вона дозволяє підвищити продуктивність, покращити якість бурякової стружки, зменшити експлуатаційні витрати та продовжити ефективне використання наявного обладнання без значних капітальних вкладень у повну заміну машини.

3. ХАРАКТЕРИСТИКА ВХІДНОГО МАТЕРІАЛУ І ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

Вхідним матеріалом для роботи відцентрової бурякорізки Т2М-СЦ2Б-12 є цукрові буряки, які попередньо пройшли основні операції підготовки: приймання, транспортування, очищення від важких і легких домішок, миття та часткове видалення залишків ґрунту. Якість підготовки буряків перед різанням має велике значення, оскільки наявність каміння, піску, металевих включень, гички або інших сторонніх предметів може призвести до пошкодження ножів, ножових рам і внутрішньої поверхні корпусу бурякорізки.

Цукровий буряк є біологічною сировиною, властивості якої залежать від сорту, умов вирощування, строків збирання, способу зберігання та тривалості перебування у кагатах. Основною цінною речовиною в буряку є сахароза, яка міститься у клітинному соці коренеплоду. Крім сахарози, до складу буряка входять вода, клітковина, пектинові речовини, білкові сполуки, мінеральні речовини, органічні кислоти та інші нецукри. Саме тому під час переробки важливо не лише вилучити максимальну кількість цукру, а й не допустити надмірного переходу нецукрів у дифузійний сік.

У середньому цукровий буряк містить значну кількість води, тому має відносно м’яку, але достатньо пружну тканинну структуру. Разом з тим у виробничих умовах його механічні властивості можуть суттєво змінюватися. Свіжий буряк ріжеться легше і дає більш рівномірну стружку. Підв’ялений, підморожений або волокнистий буряк гірше піддається різанню, частіше утворює дрібну фракцію, забиває ножі та підвищує навантаження на привід бурякорізки. Тому стабільна робота обладнання залежить не лише від конструкції машини, а й від фізичного стану сировини.

Перед подачею в бурякорізку коренеплоди повинні бути достатньо очищеними від мінеральних і органічних домішок. Особливо небезпечними є тверді включення, оскільки вони можуть спричинити сколювання ріжучої

кромки ножів або деформацію ножових рам. Наявність піску та ґрунту прискорює абразивне зношування робочих поверхонь. Через це в технологічній лінії перед бурякорізкою зазвичай передбачаються мийні комплекси, каменевловлювачі, соломогичкоуловлювачі, водовідділювачі та інше допоміжне обладнання.

Для нормального процесу різання важливе значення має рівномірна подача буряків у завантажувальний бункер. Якщо буряк надходить нерівномірно, у робочій камері виникають коливання навантаження, що може погіршувати якість стружки. При недостатньому завантаженні знижується ефективність використання машини, а при надмірному — збільшується ймовірність заклинювання, перевантаження приводу та нерівномірного контакту коренеплодів із ножами. Тому бункер бурякорізки доцільно обладнувати засобами контролю верхнього і нижнього рівня сировини, що також зазначено у вихідному технічному матеріалі до дипломного проєкту.

Готовою продукцією після роботи бурякорізки є бурякова стружка. Вона є проміжним продуктом цукрового виробництва і надалі подається до дифузійного апарата для вилучення сахарози. Основна вимога до стружки полягає в тому, що вона повинна забезпечувати достатню площу контакту з екстрагентом і водночас не створювати надмірного опору руху дифузійного соку. Тобто стружка має бути не занадто тонкою і не занадто грубою.

За формою поперечного перерізу бурякова стружка може бути жолобчастою, пластинчастою, ромбовидною або близькою до квадратної. Найбільш бажаною є така стружка, яка має рівномірну товщину, достатню довжину і не руйнується під час транспортування та завантаження у дифузійний апарат. У наданій основі зазначено, що для якісної стружки важлива однорідність профілю та товщини, а кількість браку повинна бути мінімальною.

Надмірна кількість дрібної фракції є небажаною. Дрібні частинки легко ущільнюються, погіршують фільтраційні властивості шару, ускладнюють циркуляцію соку і можуть сприяти підвищенню втрат цукру. Крім того, при сильному руйнуванні тканин буряка у сік переходить більше нецукрів, що ускладнює очищення і знижує технологічну якість напівпродуктів. Занадто товста стружка також не є оптимальною, оскільки сахароза з неї вилучається повільніше, а тривалість дифузійного процесу може зростати.

Якість готової стружки залежить від кількох основних факторів: гостроти ножів, правильності встановлення ножових рам, величини підйому ножів, швидкості різання, рівномірності подачі буряків, зазорів між робочими органами та фізичного стану сировини. У відцентровій бурякорізці важливим є також характер руху коренеплодів уздовж внутрішньої поверхні корпусу. Якщо буряк зміщується нерівномірно, стружка може мати різну товщину та нестабільну форму.

Запропонована модернізація бурякорізки Т2М-СЦ2Б-12, яка передбачає збільшення кількості ножових рам з 12 до 16, позитивно впливає саме на умови формування готового продукту. Зменшення відстані між ножовими рамами забезпечує частіший контакт буряка з ріжучими елементами. Завдяки цьому процес різання стає більш рівномірним, а вертикальне зміщення коренеплодів у корпусі зменшується. У результаті очікується отримання стружки стабільнішої форми та кращої технологічної якості.

Отже, вхідний матеріал для бурякорізки — це попередньо очищені та вимиті цукрові буряки, які повинні мати задовільний фізичний стан і мінімальну кількість домішок. Готовою продукцією є бурякова стружка, якість якої визначає ефективність подальшого вилучення цукру. Саме тому модернізація бурякорізки спрямована не лише на збільшення продуктивності, а й на покращення характеристик стружки як важливого проміжного продукту цукрового виробництва.

4. ОПИС ЗАПРОПОНОВАНОГО ТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ, ПРИНЦИП РОБОТИ ОБЛАДНАННЯ

Відцентрова бурякорізка Т2М-СЦ2Б-12 використовується у бурякопереробному відділенні цукрового заводу для подрібнення вимитих цукрових буряків на технологічну стружку. Саме після цієї операції бурякова стружка надходить у дифузійний апарат, де з неї вилучається сахароза. Тому якість роботи бурякорізки впливає не тільки на продуктивність окремої машини, а й на ефективність подальших стадій виробництва цукру.

Базова бурякорізка Т2М-СЦ2Б-12 належить до машин відцентрового типу. Її робота ґрунтується на використанні відцентрової сили, яка притискає коренеплоди до внутрішньої поверхні корпусу з установленими ножовими рамами. У стандартному виконанні машина має 12 ножових рам. Буряк завантажується в робочу камеру через бункер, захоплюється обертовим завитком, переміщується вздовж внутрішньої поверхні корпусу і послідовно контактує з ножами. У результаті цього з коренеплодів зрізаються тонкі шари тканини, які формують бурякову стружку.

Основними складовими бурякорізки є циліндричний корпус, завантажувальний бункер, трилопатевий завиток, ножові рами, верхній і нижній кожухи, конічний редуктор, електродвигун, привідний редуктор, опори, лебідка для заміни ножових рам, а також шибер для перекриття подачі буряків у разі потреби. У наданому базовому матеріалі також зазначено, що ножові рами встановлюються у гнізда корпусу щільно, без хитання, а після встановлення повинні утворювати з внутрішньою поверхнею корпусу єдину циліндричну поверхню. Це є важливою умовою для стабільного різання та отримання стружки потрібної якості.

Недоліки базової конструкції обладнання

Незважаючи на простоту будови та поширеність у цукровій промисловості, базова 12-рамна бурякорізка має низку недоліків, які обмежують її технічний рівень у сучасних умовах виробництва.

Першим недоліком є обмежена кількість ріжучих зон. У 12-рамному корпусі відстань між сусідніми ножовими рамами є більшою, ніж у модернізованому виконанні. Через це буряк під час руху всередині корпусу проходить довшу ділянку без контакту з ножем. На цій ділянці коренеплід може зміщуватися у вертикальному напрямку, повертатися або займати нестабільне положення. У результаті різання відбувається менш рівномірно, а стружка може відрізнятися за товщиною та формою.

Другим недоліком є недостатній запас продуктивності. Для сучасних цукрових заводів важливо переробляти значну кількість буряків у короткий сезон цукроваріння. Якщо бурякорізка не забезпечує потрібної пропускної здатності, це може стримувати роботу всієї технологічної лінії. Підвищити продуктивність лише за рахунок збільшення швидкості обертання не завжди можливо, оскільки надмірна швидкість може погіршити якість стружки, підвищити динамічні навантаження та прискорити зношування деталей.

Третім недоліком є залежність якості стружки від стану ножових рам і точності їх встановлення. Якщо рами мають люфт, встановлені на різній висоті або не утворюють спільної циліндричної поверхні з корпусом, процес різання порушується. Частина стружки може бути надто тонкою, частина — грубою, а окремі коренеплоди можуть не зрізатися рівномірно. Це негативно впливає на роботу дифузійного апарата, тому що неоднорідна стружка має гірші фільтраційні властивості.

Четвертим недоліком є зношування робочих поверхонь. У буряках після миття все одно можуть залишатися частинки піску, ґрунту або дрібні тверді включення. Вони діють як абразив і поступово зношують ножі, міжрамні ділянки, накладки, бандажі та поверхні корпусу. При збільшенні зазорів або появі нерівностей буряк рухається менш стабільно, а якість різання погіршується.

Ще одним недоліком є можливе забивання ножів волокнами буряка. Це особливо характерно при переробці підв’яленої, волокнистої або

підмороженої сировини. У таких умовах ріжучі кромки швидше втрачають ефективність, а стружка стає нерівномірною. Для очищення ножів застосовують продувку стисненим повітрям або парою, але ефективність цієї операції залежить від правильного розташування сопел і стабільного тиску повітря.

Таким чином, головними проблемами базової бурякорізки є обмежена продуктивність, недостатня кількість ріжучих зон, можливість нерівномірного переміщення буряків у корпусі, залежність якості стружки від точності встановлення рам і підвищене зношування робочих поверхонь.

Сутність запропонованої модернізації

Запропоноване технічне рішення передбачає модернізацію відцентрової бурякорізки Т2М-СЦ2Б-12 шляхом заміни 12-рамного корпусу на 16-рамний. Основна ідея полягає у збільшенні кількості ножових рам без зміни загального принципу роботи машини. Такий підхід дозволяє підвищити продуктивність обладнання та покращити якість бурякової стружки без повної заміни бурякорізки на нову машину.

У базовому корпусі передбачено 12 вікон для встановлення ножових рам. Під час модернізації конструкція корпусу змінюється таким чином, щоб у ньому можна було розмістити 16 ножових рам. Для цього зменшується кутова відстань між пазами, у які встановлюються рами. Якщо у 12-рамному виконанні одна рама припадає на 30° кола корпусу, то у 16-рамному виконанні цей кут зменшується до 22,5°. Це означає, що ріжучі елементи розташовуються частіше, а буряк за один оберт робочого органу більше разів взаємодіє з ножами.

Збільшення кількості ножових рам не є простим механічним додаванням деталей. Така модернізація вимагає точного виготовлення або переробки корпусу. Усі пази під ножові рами повинні мати однакове положення, правильну геометрію та забезпечувати жорстку фіксацію рам. Після встановлення рам їх робочі поверхні мають утворювати з корпусом спільну

циліндричну поверхню без виступів, западин і перекосів. Це необхідно для того, щоб буряк рівномірно ковзав по внутрішній поверхні та послідовно зрізався ножами.

Під час модернізації також доцільно передбачити встановлення або оновлення міжрамних накладок, притискних планок і контрольних елементів. Ці деталі повинні мати достатню жорсткість і зносостійкість, оскільки вони працюють у зоні постійного контакту з буряком і залишковими домішками. Для підвищення довговічності можна застосовувати корозійностійкі або зносостійкі сталі, особливо для деталей, які контактують із вологою сировиною та абразивними частинками.

Важливою частиною модернізації є збереження зручності обслуговування. Хоча кількість ножових рам збільшується, конструкція повинна забезпечувати можливість їхньої заміни, регулювання і фіксації без ускладнення роботи персоналу. Ножові рами після підгонки бажано нумерувати, щоб під час експлуатації не допускати їх випадкового переставляння між гніздами. Це дає змогу зберегти точність взаємного положення рам і корпусу після спільного проточування.

Також модернізація повинна враховувати роботу системи продувки ножів. Оскільки кількість ріжучих зон збільшується, важливо забезпечити стабільне очищення ножів від волокнистих включень. Для цього необхідно підтримувати потрібний тиск стисненого повітря, контролювати стан сопел і не допускати їх засмічення. У базовому матеріалі зазначено, що для очищення ножів може застосовуватися стиснене повітря тиском 0,8–1,0 МПа, а на трубопроводі доцільно встановлювати манометр для контролю робочого тиску.

Отже, модернізація полягає не тільки у збільшенні кількості рам з 12 до 16. Вона охоплює переробку корпусу, точне встановлення ножових рам, забезпечення жорсткості міжрамних ділянок, контроль геометрії внутрішньої

поверхні, покращення умов очищення ножів і збереження ремонтопридатності обладнання.

Переваги модернізованої бурякорізки

Після модернізації бурякорізка отримує низку технічних і технологічних переваг.

Головною перевагою є підвищення продуктивності. Завдяки збільшенню кількості ножових рам машина виконує більшу кількість операцій різання за один оберт. Це дозволяє інтенсивніше подрібнювати буряк і збільшити кількість сировини, що проходить через машину за одиницю часу. У вихідному матеріалі модернізація 12-рамного корпусу до 16-рамного пов’язана з підвищенням продуктивності та можливістю отримання більш якісної стружки.

Другою перевагою є покращення якості стружки. При зменшенні відстані між ножовими рамами буряк частіше контактує з ріжучими кромками. Його рух у корпусі стає більш керованим, а вертикальне зміщення зменшується. Завдяки цьому стружка формується рівномірніше за товщиною і профілем. Це особливо важливо для дифузійного процесу, оскільки однорідна стружка краще пропускає дифузійний сік і забезпечує більш стабільне вилучення сахарози.

Третьою перевагою є раціональне використання наявного обладнання. Підприємству не потрібно повністю замінювати бурякорізку, перебудовувати всю лінію подачі буряків або закуповувати дороге імпортне обладнання. Модернізація виконується на базі існуючої машини, тому зберігаються основні конструктивні вузли, звичний принцип обслуговування та наявна ремонтна база.

Четвертою перевагою є зниження експлуатаційних витрат у перерахунку на одиницю переробленої сировини. Якщо одна модернізована машина здатна переробляти більше буряків, то зменшується потреба у паралельній роботі

додаткового обладнання або в тривалішій роботі лінії. Це може знижувати витрати електроенергії, технічного обслуговування і трудових ресурсів.

П’ятою перевагою є підвищення стабільності роботи дифузійного відділення. Якісна стружка менше ущільнюється, краще пропускає сік і не створює надмірного гідравлічного опору. Це сприяє рівномірнішому вилученню цукру та зменшенню технологічних відхилень на наступних стадіях виробництва.

Шостою перевагою є продовження строку ефективної експлуатації бурякорізки. Під час модернізації корпус і пов’язані з ним елементи можуть бути відновлені або виготовлені з урахуванням сучасніших вимог до точності й матеріалів. Це підвищує надійність машини і зменшує ризик аварійних зупинок у сезон переробки буряків.

Принцип роботи модернізованої бурякорізки

Принцип роботи модернізованої бурякорізки загалом зберігає схему роботи базової машини, але має важливу особливість — різання відбувається за участю 16 ножових рам замість 12.

Вимитий і очищений буряк надходить у завантажувальний бункер. Далі він потрапляє в робочу камеру бурякорізки, де захоплюється обертовим трилопатевим завитком. Завиток надає коренеплодам обертального руху і спрямовує їх до внутрішньої поверхні корпусу. Під дією відцентрової сили буряк притискається до ділянки, на якій установлені ножові рами.

У модернізованому корпусі ножові рами розміщені частіше. Тому під час обертання буряк проходить меншу відстань між сусідніми ріжучими елементами. Це зменшує час некерованого ковзання коренеплоду по корпусу і забезпечує більш послідовне зрізання шарів тканини. Кожна ножова рама знімає з буряка тонкий шар, після чого коренеплід одразу переходить до наступної зони різання.

Завдяки збільшеній кількості рам навантаження розподіляється між більшою кількістю ріжучих елементів. Це позитивно впливає на роботу ножів,

зменшує нерівномірність різання та сприяє отриманню стружки стабільнішої форми. Буряк менше зміщується по висоті корпусу, тому контакт із ножами стає рівномірнішим.

Утворена бурякова стружка проходить через отвори ножових рам у простір між корпусом і кожухом. Далі вона виводиться через нижній кожух і подається на транспортувальний пристрій або безпосередньо до наступного технологічного обладнання. Оскільки стружка після модернізації має більш однорідний профіль, вона краще підходить для подальшого дифузійного вилучення цукру.

У разі потрапляння сторонніх включень або необхідності швидко припинити подачу буряків використовується шибер, який перекриває надходження сировини в робочу камеру. Це дозволяє захистити ножові рами, корпус і привід від пошкоджень. Для підтримання якості різання ножі періодично очищаються від волокон за допомогою продувки стисненим повітрям. Контроль тиску повітря забезпечує стабільність цієї операції.

Отже, модернізована бурякорізка працює за відомим відцентровим принципом, але завдяки 16-рамному корпусу процес різання стає інтенсивнішим і рівномірнішим. Основний технічний ефект досягається за рахунок частішого контакту буряка з ножами, зменшення відстані між ріжучими зонами, покращення формування стружки та підвищення продуктивності машини.

Узагальнення запропонованого технічного рішення

Запропонована модернізація відцентрової бурякорізки Т2М-СЦ2Б-12 є доцільним способом підвищення її технічного рівня. Основна зміна полягає у переході від 12-рамної до 16-рамної конструкції корпусу. Таке рішення не потребує повної зміни принципу роботи обладнання, але суттєво покращує умови різання буряків.

Модернізація дозволяє усунути або зменшити основні недоліки базової машини: обмежену продуктивність, значну відстань між ріжучими зонами,

нерівномірне переміщення буряка всередині корпусу, нестабільність формування стружки та підвищене навантаження на окремі ножові елементи. Після впровадження 16-рамного корпусу бурякорізка здатна працювати продуктивніше, формувати більш якісну стружку і забезпечувати стабільнішу роботу дифузійного відділення.

Таким чином, запропоноване технічне рішення має практичну цінність для діючих цукрових заводів. Воно поєднує підвищення продуктивності, покращення якості готового проміжного продукту, збереження основної конструкції машини та зниження потреби у великих капітальних витратах на придбання нового обладнання.

5. ВИБІР КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

равильний вибір конструкційних матеріалів для відцентрової бурякорізки Т2М-СЦ2Б-12 має важливе значення, оскільки машина працює в складних умовах. Її деталі постійно контактують з вологою буряковою масою, залишками ґрунту, піском, соком, абразивними частинками та змінними механічними навантаженнями. Крім того, окремі вузли сприймають ударні навантаження від коренеплодів і сторонніх включень. Тому матеріали повинні мати достатню міцність, зносостійкість, корозійну стійкість, технологічність обробки та можливість ремонту в умовах цукрового заводу.

У базовій конструкції бурякорізки значна частина деталей виготовляється з вуглецевих конструкційних сталей. Такі сталі мають добру міцність, доступну вартість і добре піддаються механічній обробці, зварюванню та ремонту. Водночас вони мають обмежену корозійну стійкість, особливо при тривалому контакті з вологою сировиною. Через це робочі поверхні корпусу, накладки, ножові рами, притискні планки та інші елементи поступово зношуються, а в місцях пошкодження захисного шару може виникати корозія.

Для модернізованої бурякорізки доцільно застосовувати більш сучасний підхід до підбору матеріалів. Оскільки модернізація передбачає перехід від 12 до 16 ножових рам, навантаження на корпус і міжрамні ділянки розподіляється інакше. З одного боку, збільшується кількість ріжучих зон, що покращує рівномірність різання. З іншого боку, зменшується відстань між пазами, тому до міцності та жорсткості корпусу висуваються підвищені вимоги. Корпус повинен зберігати геометричну точність, не деформуватися під час роботи та забезпечувати щільне встановлення ножових рам.

Для корпусу бурякорізки раціонально використовувати якісну конструкційну сталь типу Ст3, 09Г2С або аналогічні низьколеговані сталі. Сталь Ст3 є доступною і технологічною, але для модернізованого виконання більш доцільною може бути сталь 09Г2С. Вона має вищу міцність, кращу ударну в’язкість і придатна для зварних конструкцій. Це важливо для

корпусних елементів, які повинні витримувати динамічні навантаження і зберігати форму після механічної обробки.

Ножові рами доцільно виготовляти з вуглецевої або легованої сталі з достатньою жорсткістю, наприклад зі сталі 45, 40Х або аналогічних матеріалів. Ці сталі можна піддавати термічній обробці, що підвищує міцність і зносостійкість. Для самих ножів потрібно застосовувати спеціальні інструментальні або нержавіючі сталі, які здатні довго зберігати гостроту ріжучої кромки. Важливо, щоб ніж не лише був твердим, а й не був надмірно крихким, оскільки при потраплянні твердих включень можливе викришування ріжучої частини.

Окрему увагу слід приділити міжрамним накладкам, притискним планкам, контрольним планкам і бандажам. У вихідному технічному матеріалі зазначено, що для цих деталей доцільно застосовувати неіржавіючу сталь, оскільки вони працюють у зоні контакту з буряком і вологою масою. Використання нержавіючих сталей типу AISI 304, AISI 316 або їх українських аналогів дозволяє зменшити корозійне руйнування, полегшити очищення робочих поверхонь і підвищити санітарно-гігієнічний рівень обладнання.

Для валів, шестерень і деталей приводу важливими є міцність, опір втомі та зносостійкість. Вертикальні та горизонтальні вали доцільно виготовляти зі сталі 45 або 40Х з подальшою термічною обробкою. Для зубчастих коліс редуктора можна використовувати сталі 40Х, 20Х або 18ХГТ залежно від способу термообробки. Такі матеріали забезпечують достатню твердість поверхні зубів і здатність сприймати тривалі циклічні навантаження.

Сучасним напрямом підвищення довговічності бурякорізки є застосування захисних покриттів. Для робочих поверхонь, які піддаються абразивному зношуванню, можуть використовуватися наплавлення зносостійкими сплавами, полімерні антифрикційні покриття або тонкошарові захисні покриття на основі хрому, нікелю чи карбідних матеріалів. Такі рішення особливо корисні для ділянок, які контактують із піском і залишками

ґрунту. Водночас їх застосування повинно бути економічно обґрунтованим, оскільки надмірно дорогі матеріали можуть збільшити вартість модернізації.

Підшипникові вузли повинні мати надійний захист від вологи, бурякового соку і пилу. Для корпусів підшипників можна застосовувати чавун або сталь, а для ущільнювальних елементів — маслобензостійку гуму, фторкаучук або сучасні полімерні матеріали. Якісні ущільнення зменшують ризик потрапляння забруднень у підшипники, продовжують строк їх служби та знижують витрати на ремонт.

Допоміжні елементи, які не сприймають значних навантажень, можуть виготовлятися з вуглецевих сталей із захисним лакофарбовим або антикорозійним покриттям. Це стосується кожухів, огороджень, кришок, кронштейнів і частини елементів системи керування. Для деталей, які контактують із оператором під час обслуговування, важливо забезпечити не тільки міцність, а й безпечну форму, відсутність гострих кромок і стійкість до корозії.

Таблиця 5.1 — Рекомендовані матеріали для основних вузлів модернізованої бурякорізки Т2М-СЦ2Б-12

Вузол або деталь обладнання	Рекомендований матеріал	Основні переваги застосування
Корпус бурякорізки	Сталь Ст3 або 09Г2С	Добра зварюваність, міцність, ремонтопридатність, доступність
16-рамний барабан / робочий корпус	09Г2С або низьколегована конструкційна сталь	Вища жорсткість, краща стійкість до динамічних навантажень, збереження геометрії
Ножові рами	Сталь 45, 40Х	Міцність, можливість термообробки, достатня жорсткість
Бурякорізальні ножі	Інструментальна сталь, легована сталь або нержавіюча зносостійка сталь	Збереження гостроти, стійкість до зношування, якісне різання
Міжрамні накладки	AISI 304, AISI 316 або аналогічна нержавіюча сталь	Корозійна стійкість, зменшення налипання, довговічність
Притискні та контрольні планки	Нержавіюча або зносостійка сталь	Точна фіксація ножів, стійкість до вологи та абразиву
Бандажі улітки	Нержавіюча або легована сталь	Зносостійкість, стабільність зазорів, довший строк служби

Вузол або деталь обладнання	Рекомендований матеріал	Основні переваги застосування
Вертикальний і горизонтальний вали	Сталь 45 або 40Х	Висока міцність, опір крутному моменту, можливість термічного зміцнення
Конічні шестерні редуктора	40Х, 20Х, 18ХГТ	Зносостійкість зубів, надійна робота при змінних навантаженнях
Опори та рама	Сталь Ст3, 09Г2С	Простота виготовлення, зварюваність, достатня несуча здатність
Верхній і нижній кожухи	Листова сталь з антикорозійним покриттям або нержавіюча сталь	Захист робочої зони, стійкість до вологи, простота очищення
Шибер подачі буряків	Сталь 09Г2С або нержавіюча сталь	Міцність, надійне перекриття потоку, стійкість до стирання
Ущільнення підшипникових вузлів	Маслобензостійка гума, фторкаучук, поліуретан	Захист від пилу, вологи й бурякового соку
Захисні огородження	Листова сталь або нержавіюча сталь	Безпечність експлуатації, просте обслуговування, корозійна стійкість

Отже, для модернізованої бурякорізки Т2М-СЦ2Б-12 доцільно застосовувати комбінований підхід до вибору матеріалів. Для корпусних і несучих деталей раціонально використовувати конструкційні та низьколеговані сталі, для ножових і зношуваних елементів — леговані, інструментальні або нержавіючі сталі, а для ущільнень — сучасні полімерні матеріали. Такий підбір забезпечує необхідну міцність, підвищує довговічність обладнання, зменшує ризик корозії та сприяє стабільній роботі бурякорізки після модернізації.

6. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

Технологічний розрахунок продуктивності бурякорізки

Розрахункова частина виконується з метою перевірки працездатності модернізованої відцентрової бурякорізки Т2М-СЦ2Б-12 після переходу з 12-рамної конструкції на 16-рамну. Основними параметрами, які визначають ефективність роботи машини, є продуктивність, швидкість різання, потужність приводу, передаточні відношення, крутні моменти на валах, а також міцність основних елементів приводу.

Продуктивність бурякорізки залежить від кількості ножових рам, довжини ріжучих кромок, товщини стружки, швидкості різання, об’ємної маси бурякової маси та коефіцієнтів, які враховують конструктивні й експлуатаційні особливості роботи машини. Після модернізації кількість ножових рам збільшується до 16, що дає змогу підвищити інтенсивність різання і отримати більш рівномірну бурякову стружку.

Продуктивність бурякорізки визначаємо за формулою:

$G = (24 \times 60 \times 60 \times L \times h \times v \times \rho \times Kк \times Ke) / 1000$, т/добу

де:

L — загальна довжина ріжучих кромок ножів, м;

h — товщина бурякової стружки, м;

v — швидкість різання, м/с;

ρ — об’ємна маса бурякової маси, кг/м³;

Кк — конструктивний коефіцієнт;

Ке — експлуатаційний коефіцієнт.

Для модернізованої бурякорізки приймаємо:

кількість ножових рам — 16 шт.;

кількість ножів на одній рамі — 2 шт.;

загальна кількість ножів — $m = 16 \times 2 = 32$ шт.;

довжина одного ножа — $L1 = 0{,}165$ м.

Тоді загальна довжина ріжучих кромок:

$L = m \times L1 = 32 \times 0{,}165 = 5{,}28$ м

Приймаємо:

$\rho = 550$ кг/м³;

$K_к = 0{,}98$;

$K_е = 0{,}90$.

Для основного режиму роботи приймаємо товщину стружки $h = 0{,}002$ м і швидкість різання $v = 6$ м/с.

Підставляємо значення:

$G = (24 \times 60 \times 60 \times 5{,}28 \times 0{,}002 \times 6 \times 550 \times 0{,}98 \times 0{,}90) / 1000$

$G = (86400 \times 5{,}28 \times 0{,}002 \times 6 \times 550 \times 0{,}882) / 1000$

$G = 2656$ т/добу

Отже, при товщині стружки 2 мм і швидкості різання 6 м/с модернізована бурякорізка забезпечує орієнтовну продуктивність 2650–2660 т/добу.

Для оцінки впливу швидкості різання і товщини стружки виконуємо розрахунок для кількох режимів.

Таблиця 6.1 — Розрахункова продуктивність модернізованої бурякорізки

Товщина стружки h, м	Продуктивність при v = 4 м/с, т/добу	v = 5 м/с	v = 6 м/с	v = 7 м/с	v = 8 м/с
0,002	1770	2210	2656	3099	3542
0,003	2656	3320	3984	4648	5313
0,004	3542	4427	5313	6198	7083

З таблиці видно, що зі збільшенням швидкості різання і товщини стружки продуктивність зростає. Однак надмірне збільшення товщини стружки не завжди є доцільним, оскільки це може погіршити умови дифузії. Тому для практичної роботи найбільш раціональним є режим зі швидкістю різання 6–8 м/с і товщиною стружки 0,002–0,003 м.

Визначення частоти обертання робочого органу

Швидкість різання у відцентровій бурякорізці залежить від діаметра робочого барабана та частоти обертання завитка. Для модернізованої конструкції приймаємо внутрішній діаметр барабана:

D = 1,4 м

Частоту обертання визначаємо за формулою:

$n = (60 \times v) / (\pi \times D)$, об/хв

Для мінімальної швидкості різання v = 4 м/с:

$n_{min} = (60 \times 4) / (3{,}1416 \times 1{,}4) = 240 / 4{,}398 = 54{,}6$ об/хв

Приймаємо:

$n_{min} \approx 55$ об/хв

Для максимальної швидкості різання v = 8 м/с:

$n_{max} = (60 \times 8) / (3{,}1416 \times 1{,}4) = 480 / 4{,}398 = 109{,}1$ об/хв

Приймаємо:

$n_{max} \approx 109$ об/хв

Отже, для забезпечення швидкості різання в межах 4–8 м/с робочий орган бурякорізки повинен обертатися з частотою приблизно 55–109 об/хв.

Розрахунок геометричних параметрів 16-рамного корпусу

Одним із головних елементів модернізації є перехід від 12-рамного до 16-рамного корпусу. При цьому зменшується кутова відстань між ножовими рамами.

Для 12-рамної конструкції кут між рамами становив:

$\alpha_{12} = 360° / 12 = 30°$

Для 16-рамної конструкції:

$\alpha_{16} = 360° / 16 = 22{,}5°$

Отже, після модернізації ножові рами розміщуються частіше, а буряк під час обертання проходить меншу відстань між сусідніми зонами різання. Це зменшує нерівномірність переміщення коренеплодів і сприяє формуванню більш стабільної стружки.

Довжина кола внутрішньої поверхні корпусу при діаметрі D = 1,4 м:

$L_к = \pi \times D = 3,1416 \times 1,4 = 4,40$ м

Довжина дуги, що припадає на одну ножову раму в модернізованій конструкції:

$l_{16} = L_к / 16 = 4,40 / 16 = 0,275$ м

Для базової 12-рамної конструкції:

$l_{12} = L_к / 12 = 4,40 / 12 = 0,367$ м

Зменшення відстані між зонами різання:

$\Delta l = l_{12} - l_{16} = 0,367 - 0,275 = 0,092$ м

У відсотках:

$\Delta = (0,092 / 0,367) \times 100\% = 25,1\%$

Отже, після модернізації відстань між ножовими рамами зменшується приблизно на 25%, що є однією з причин покращення якості різання.

Висоту барабана приймаємо з урахуванням довжини ножових рам і технологічного запасу для їх встановлення та регулювання:

$H = 2 \times N + C$

де:

N = 392 мм — довжина ножової рами;

C = 10 мм — технологічний запас.

Підставляємо:

$H = 2 \times 392 + 10 = 794$ мм

Приймаємо конструктивну висоту барабана:

H = 800 мм

Розрахунок потужності приводу бурякорізки

Потужність приводу повинна забезпечувати розгін бурякової маси, процес різання, подолання тертя буряків по корпусу і ножових рамах, а також втрати у механічних передачах.

Маса буряків, які перебувають у робочій зоні, визначається за формулою:

$G_б = V \times \rho$

де:

$V = 1{,}4$ м³ — об’єм бурякової маси в робочій зоні;

$\rho = 550$ кг/м³ — об’ємна маса буряків.

$G_б = 1{,}4 \times 550 = 770$ кг

Маса рухомих частин завитка приймається:

$Q = 400$ кг

Середню швидкість різання приймаємо:

$v = 6$ м/с

Потужність, необхідна для розгону буряків і рухомих елементів, визначаємо за формулою:

$$N1 = ((G_б + Q) \times v^2) / (2 \times g \times 102)$$

де:

$g = 9{,}81$ м/с²

Підставляємо:

$$N1 = ((770 + 400) \times 6^2) / (2 \times 9{,}81 \times 102)$$

$$N1 = (1170 \times 36) / 2001{,}24 = 42120 / 2001{,}24 = 21{,}0 \text{ кВт}$$

Отже:

$N1 = 21$ кВт

Потужність, необхідна безпосередньо для процесу різання, приймаємо за розрахунковою залежністю:

$$N2 = 1{,}91 \times f \times L1 \times m \times h \times v \times K_к$$

де:

$f = 1{,}45$ — питоме зусилля різання;

$L1 = 0{,}165$ м — довжина одного ножа;

$m = 32$ — кількість ножів;

$h = 0{,}002$ м — товщина стружки;

$v = 6$ м/с — швидкість різання;

$K_к = 0{,}98$ — конструктивний коефіцієнт.

$$N2 = 1{,}91 \times 1{,}45 \times 0{,}165 \times 32 \times 0{,}002 \times 6 \times 0{,}98$$

N2 ≈ 41 кВт

Потужність на подолання тертя буряків по корпусу і ножових рамах приймаємо:

N3 = 2 кВт

Потужність на подолання тертя між рухомими і нерухомими шарами буряків:

N4 = 8 кВт

Загальна потужність без урахування додаткових механічних втрат:

N = N1 + N2 + N3 + N4

N = 21 + 41 + 2 + 8 = 72 кВт

З урахуванням запасу на механічні втрати і можливе зростання навантаження приймаємо коефіцієнт запасу:

Кз = 1,03

Тоді:

Nзаг = 72 × 1,03 = 74,16 кВт

Приймаємо:

Nзаг ≈ 74 кВт

Для приводу модернізованої бурякорізки вибираємо електродвигун потужністю:

Рдв = 75 кВт

Такий вибір забезпечує необхідний запас потужності для стабільної роботи машини при зміні властивостей бурякової сировини.

Кінематичний розрахунок приводу

Приймаємо електродвигун із номінальною частотою обертання:

nдв = 972 об/хв

Необхідна частота обертання робочого органу при максимальній швидкості різання:

nвих = 109 об/хв

Загальне передаточне відношення приводу:

uзаг = nдв / nвих

uзаг = 972 / 109 = 8,92

Для зручності компонування приймаємо привід, який складається з двоступінчастого циліндричного редуктора та конічної передачі. Передаточне відношення конічної передачі приймаємо:

uк = 1,2

Тоді передаточне відношення двох циліндричних ступенів:

uцΣ = uзаг / uк = 8,92 / 1,2 = 7,43

Якщо циліндричні ступені виконати з однаковими передаточними відношеннями, то:

uц1 = uц2 = √7,43 = 2,73

Перевірка:

uзаг = 2,73 × 2,73 × 1,2 = 8,94

Отримане значення практично відповідає потрібному передаточному відношенню 8,92.

Частоти обертання валів:

n1 = 972 об/хв

n2 = n1 / uц1 = 972 / 2,73 = 356 об/хв

n3 = n2 / uц2 = 356 / 2,73 = 130 об/хв

n4 = n3 / uк = 130 / 1,2 = 108,3 об/хв

Отже, вихідна частота обертання становить близько 109 об/хв, що відповідає потрібній швидкості різання.

Кутову швидкість визначаємо за формулою:

ω = π × n / 30

Для вала двигуна:

ω1 = 3,1416 × 972 / 30 = 101,8 рад/с

Для вихідного вала:

ω4 = 3,1416 × 108,3 / 30 = 11,34 рад/с

Крутний момент на валу двигуна:

$T1 = 9550 \times P / n$

$T1 = 9550 \times 75 / 972 = 736{,}9$ Н·м

У Н·мм:

$T1 = 736{,}9 \times 10^3$ Н·мм

Орієнтовні параметри приводу зводимо до таблиці.

Таблиця 6.2 — Основні параметри валів приводу

Вал	Частота обертання, об/хв	Кутова швидкість, рад/с	Орієнтовний крутний момент, Н·м	Призначення
1	972	101,8	737	Вал електродвигуна
2	356	37,3	1970	Проміжний вал редуктора
3	130	13,6	5270	Вихідний вал редуктора
4	108–109	11,3–11,4	6100	Вал робочого органу бурякорізки

Перевірка конічної передачі

Для конічної передачі приймаємо шестерню і колесо зі сталі 40Х з термічним поліпшенням. Такий матеріал має достатню міцність, зносостійкість і добре працює при змінних навантаженнях.

Приймаємо:

для шестерні — сталь 40Х, твердість НВ 270;

для колеса — сталь 40Х, твердість НВ 245.

Допустиме контактне напруження для колеса:

$[\sigma H] = 485$ МПа

Контактне напруження у зачепленні за перевірочним розрахунком становить:

$\sigma H = 474$ МПа

Умова міцності:

$\sigma H \leq [\sigma H]$

$474 \text{ МПа} \leq 485 \text{ МПа}$

Умова контактної міцності виконується.

Перевірка зубців на згин:

допустиме напруження для колеса:

$[\sigma F] = 250$ МПа

розрахункове напруження згину:

$\sigma F = 111$ МПа

Умова міцності:

$\sigma F \leq [\sigma F]$

111 МПа ≤ 250 МПа

Отже, зубці конічної передачі мають достатній запас міцності як за контактними напруженнями, так і за напруженнями згину.

Розрахунок діаметрів валів

Попередній розрахунок валів виконуємо за умовою міцності на кручення:

$d = \sqrt[3]{(T / (0{,}2 \times [\tau]))}$

де:

T — крутний момент, Н·мм;

$[\tau]$ — допустиме напруження кручення, МПа.

Для ведучого вала приймаємо:

$T1 = 736{,}9 \times 10^3$ Н·мм

$[\tau] = 25$ МПа

$d1 = \sqrt[3]{(736{,}9 \times 10^3 / (0{,}2 \times 25))}$

$d1 = \sqrt[3]{(147380)} = 52{,}8$ мм

Приймаємо стандартний діаметр:

d1 = 55 мм

Для другого вала:

$T2 = 1970 \times 10^3$ Н·мм

$d2 = \sqrt[3]{(1970 \times 10^3 / (0{,}2 \times 25))}$

$d2 = \sqrt[3]{(394000)} = 73{,}3$ мм

Приймаємо:

d2 = 75 мм

Для третього вала:

T3 = 5270 × 10³ Н·мм

[τ] = 20 МПа

d3 = ³√(5270 × 10³ / (0,2 × 20))

d3 = ³√(1317500) = 109,6 мм

Приймаємо:

d3 = 110 мм

Для вихідного вала:

T4 = 6100 × 10³ Н·мм

[τ] = 20 МПа

d4 = ³√(6100 × 10³ / (0,2 × 20))

d4 = ³√(1525000) = 115 мм

Приймаємо:

d4 = 115 мм

Таблиця 6.3 — Розрахункові та прийняті діаметри валів

Вал	Крутний момент, Н·мм	Допустиме напруження, МПа	Розрахунковий діаметр, мм	Прийнятий діаметр, мм
1	736,9 × 10³	25	52,8	55
2	1970 × 10³	25	73,3	75
3	5270 × 10³	20	109,6	110
4	6100 × 10³	20	115	115

Прийняті діаметри забезпечують необхідну міцність валів при передачі крутного моменту від електродвигуна до робочого органу бурякорізки.

Перевірка шпонкових з'єднань

Для передачі крутного моменту між валами, зубчастими колесами і муфтами застосовуються призматичні шпонки. Матеріал шпонок — сталь 45 нормалізована.

Перевірку виконуємо за напруженням зминання:

σзм = 2 × T / (d × (h − t1) × (l − b))

де:

T — крутний момент, Н·мм;

d — діаметр вала, мм;

h — висота шпонки, мм;

t1 — глибина паза у валу, мм;

l — довжина шпонки, мм;

b — ширина шпонки, мм.

Для сталевої маточини допустиме напруження зминання приймаємо:

[σзм] = 100–120 МПа

Для ведучого вала приймаємо:

d = 55 мм;

b × h = 16 × 10 мм;

t1 = 6 мм;

l = 80 мм;

T = 736,9 × 10^3 Н·мм.

σзм = 2 × 736,9 × 10^3 / (55 × (10 − 6) × (80 − 16))

σзм = 1473800 / (55 × 4 × 64)

σзм = 1473800 / 14080 = 104,7 МПа

Умова міцності:

104,7 МПа ≤ 120 МПа

Умова виконується.

Для проміжного вала приймаємо:

d = 75 мм;

b × h = 20 × 12 мм;

t1 = 7,5 мм;

l = 90 мм;

T = 1970 × 10^3 Н·мм.

σзм = 2 × 1970 × 10^3 / (75 × (12 − 7,5) × (90 − 20))

σзм = 3940000 / (75 × 4,5 × 70)

σзм = 3940000 / 23625 = 166,8 МПа

Отримане значення перевищує допустиме для звичайної сталевої маточини, тому для цього з’єднання необхідно збільшити довжину шпонки, застосувати шпонку більшого перерізу або виконати два шпонкові з’єднання. Приймаємо конструктивне рішення — збільшення довжини робочої частини шпонки до l = 120 мм.

Тоді:

$\sigma_{зм} = 3940000 / (75 \times 4{,}5 \times (120 - 20))$

$\sigma_{зм} = 3940000 / 33750 = 116{,}7$ МПа

Умова виконується:

116,7 МПа ≤ 120 МПа

Отже, для проміжного вала доцільно прийняти шпонку збільшеної довжини.

Вибір і перевірка муфт

Для з’єднання електродвигуна з редуктором, а також редуктора з валом трансмісії доцільно застосовувати пружні втулково-пальцеві муфти. Такі муфти компенсують незначні перекоси валів, зменшують ударні навантаження і підвищують надійність роботи приводу.

Розрахунковий момент для вибору муфти:

$T_р = K \times T$

де:

K = 1,4 — коефіцієнт умов експлуатації;

T — номінальний крутний момент на валу.

Для муфти між електродвигуном і редуктором:

T1 = 736,9 Н·м

$T_{р1} = 1{,}4 \times 736{,}9 = 1031{,}7$ Н·м

Приймаємо муфту з допустимим моментом:

[T] ≥ 1100 Н·м

Для муфти між редуктором і валом робочого органу:

T4 = 6100 Н·м

$T_{р4} = 1{,}4 \times 6100 = 8540$ Н·м

Приймаємо муфту з допустимим моментом:

$[T] \geq 9000$ Н·м

Отже, вибрані муфти повинні відповідати не лише діаметрам валів, а й розрахунковому крутному моменту з урахуванням коефіцієнта запасу.

Висновки до розділу 6

У розрахунковій частині виконано основні технологічні, кінематичні та конструкційні розрахунки модернізованої відцентрової бурякорізки Т2М-СЦ2Б-12. Встановлено, що перехід до 16-рамного корпусу дозволяє збільшити кількість ріжучих зон і зменшити відстань між ножовими рамами приблизно на 25%. Це створює кращі умови для рівномірного різання буряків і формування якісної стружки.

Розрахункова продуктивність бурякорізки при товщині стружки 0,002 м і швидкості різання 6 м/с становить близько 2656 т/добу, а при швидкості 8 м/с — близько 3542 т/добу. Це відповідає завданню модернізації, спрямованому на підвищення продуктивності обладнання.

Визначено, що для забезпечення швидкості різання 4–8 м/с робочий орган повинен обертатися з частотою 55–109 об/хв. Для приводу вибрано електродвигун потужністю 75 кВт, що забезпечує необхідний запас потужності для стабільної роботи машини. Загальне передаточне відношення приводу становить приблизно 8,92.

Проведено попередній розрахунок валів, шпонкових з’єднань і муфт. Прийняті діаметри валів забезпечують достатню міцність при передачі крутного моменту. Для найбільш навантажених шпонкових з’єднань рекомендовано збільшення довжини шпонки або застосування посиленого з’єднання. Також підібрано муфти з урахуванням коефіцієнта умов експлуатації.

Таким чином, розрахунки підтверджують працездатність запропонованої модернізації та доцільність використання 16-рамного корпусу для підвищення технічного рівня відцентрової бурякорізки Т2М-СЦ2Б-12.

7. РОЗРАХУНОК ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ОКРЕМОЇ ДЕТАЛІ

У даному розділі розглядається технологія виготовлення деталі «кришка», яка використовується у вузлі підшипникової опори обладнання. Для відцентрової бурякорізки така деталь має важливе значення, оскільки вона забезпечує закриття підшипникового вузла, захист внутрішніх елементів від забруднення, утримання мастила та правильне базування суміжних деталей. У процесі роботи бурякорізки підшипникові вузли сприймають змінні навантаження від обертання робочих органів, тому кришка повинна мати достатню міцність, точність виготовлення та стійкість до впливу виробничого середовища.

Згідно з наданим кресленням і технологічним маршрутом, деталь виготовляється із заготовки круглого прокату діаметром Ø172 мм, має загальну товщину близько 24–25 мм, ступінчасту форму з діаметрами Ø125 мм, Ø115 мм, Ø95 мм, Ø67 мм, фасками та чотирма отворами Ø10 мм для кріплення. Основними операціями є відрізання заготовки, токарна обробка з двох установів і свердління кріпильних отворів. У наданому технологічному маршруті матеріалом деталі зазначено сталь 45, а загальний припуск на оброблення прийнято 4 мм.

Службове призначення деталі

Кришка підшипника виконує кілька функцій. Насамперед вона закриває підшипниковий вузол і запобігає потраплянню всередину пилу, вологи, частинок бурякової маси, залишків ґрунту та інших забруднень. Це особливо важливо для обладнання цукрового виробництва, оскільки бурякорізка працює у вологому і забрудненому середовищі. Навіть незначне потрапляння абразивних частинок у підшипник може прискорити його зношування, підвищити температуру роботи та призвести до передчасного виходу вузла з ладу.

Другою важливою функцією кришки є утримання мастильного матеріалу в зоні роботи підшипника. Стабільне змащення зменшує тертя, запобігає

перегріванню та підвищує ресурс вала і підшипника. Крім цього, кришка частково виконує роль базової та притискної деталі. Вона повинна точно встановлюватися на корпусі, не створювати перекосів і забезпечувати надійне кріплення за допомогою болтів через отвори Ø10 мм.

Оскільки кришка працює у вузлі, де важливі співвісність, щільність посадки та надійність кріплення, до неї висуваються підвищені вимоги щодо точності оброблення торцевих, циліндричних і кріпильних поверхонь. Особливу увагу потрібно приділяти якості поверхонь, які контактують із корпусом підшипникового вузла або ущільнювальними елементами.

Сучасні вимоги до виготовлення деталі

Сучасне машинобудівне виробництво вимагає не лише отримання потрібної форми деталі, а й забезпечення стабільної якості, повторюваності розмірів, мінімізації відходів і зменшення трудомісткості. Тому при розробленні технології виготовлення кришки необхідно враховувати такі вимоги:

Точність геометричних розмірів. Діаметри, торцеві поверхні, уступи та отвори повинні відповідати кресленню. Відхилення можуть спричинити неправильне встановлення кришки, перекіс підшипникового вузла або порушення герметичності.

Якість поверхонь. На робочих і посадкових поверхнях не допускаються задири, забоїни, глибокі риски, тріщини або сліди нерівномірної обробки. Для поверхонь, що контактують із ущільненнями або корпусом, важлива достатня чистота обробки.

Співвісність і перпендикулярність. Оскільки деталь має форму тіла обертання, більшість поверхонь доцільно обробляти на токарному верстаті з однієї або двох баз. Це дозволяє забезпечити правильне взаємне розташування діаметрів і торців.

Раціональне використання матеріалу. Заготовку потрібно вибирати так, щоб припуск був достатнім для видалення дефектного шару, але не надмірним.

Зайвий припуск збільшує витрати металу, час обробки та зношування інструменту.

Технологічність конструкції. Деталь повинна мати форму, зручну для закріплення, оброблення і контролю. Наявність фасок полегшує складання, зменшує ризик пошкодження кромок і підвищує безпечність монтажу.

Можливість виготовлення на сучасному обладнанні. Традиційний маршрут може виконуватися на токарно-гвинторізному верстаті 16К20 і вертикально-свердлильному верстаті 2Н118, як зазначено в основі. Проте в сучасних умовах частину операцій доцільно виконувати на токарному верстаті з ЧПК або обробному центрі. Це підвищує точність, скорочує час переналагодження та зменшує вплив людського фактора.

Вибір матеріалу деталі

Для виготовлення кришки приймається сталь 45. Це якісна конструкційна вуглецева сталь, яка широко застосовується для деталей машин середньої навантаженості. Вона має достатню міцність, добре обробляється різанням, допускає термічне поліпшення і забезпечує необхідну жорсткість деталі.

Для кришки підшипника сталь 45 є раціональним вибором з кількох причин. По-перше, деталь повинна витримувати притискні зусилля від болтового з’єднання і не деформуватися під час монтажу. По-друге, матеріал повинен добре оброблятися на токарних і свердлильних операціях. По-третє, сталь 45 є доступною, що важливо для ремонтного та одиничного виробництва деталей обладнання цукрової промисловості.

За потреби підвищення корозійної стійкості поверхню готової кришки можна захистити лакофарбовим покриттям, оксидуванням, фосфатуванням або іншим антикорозійним способом. Робочі посадкові поверхні при цьому повинні залишатися чистими, без шару покриття, який може порушити точність встановлення.

Вибір заготовки

Заготовкою для виготовлення кришки є круглий прокат діаметром Ø172 мм. Такий тип заготовки є доцільним, оскільки деталь має форму тіла обертання, а основні поверхні формуються токарною обробкою. Відрізання заготовки виконується на заготівельній операції. За наданим маршрутом довжина відрізаної заготовки становить 25 мм, а після механічної обробки отримується кінцева товщина деталі близько 24 мм.

Прийнятий припуск повинен забезпечити видалення нерівностей після відрізання, можливих відхилень форми прокату та дефектного поверхневого шару. У наданому розрахунку загальний припуск прийнято 2Zсум = 4 мм, що є достатнім для чорнового та чистового точіння.

Заготовка з прокату є економічно вигідною для такої деталі, оскільки не потребує складної ливарної або штампувальної оснастки. Це особливо важливо для одиничного або дрібносерійного виготовлення, яке часто застосовується під час ремонту та модернізації обладнання.

Технологічний маршрут виготовлення кришки

Технологічний процес виготовлення кришки складається з послідовних операцій, які забезпечують отримання необхідної форми, розмірів і якості поверхонь. На основі наданого маршруту доцільно прийняти таку послідовність:

Таблиця 7.1 — Технологічний маршрут виготовлення деталі «Кришка»

№ операції	Назва операції	Зміст операції	Обладнання та інструмент
10	Заготівельна	Відрізання заготовки з круглого прокату Ø172 мм, L = 25 мм	Відрізний верстат, дискова фреза або відрізний інструмент
20	Токарна, перший установ	Торцювання першої сторони, оброблення зовнішніх і внутрішніх уступів, точіння діаметрів Ø125, Ø115, Ø95, Ø67, зняття фасок	Токарно-гвинторізний верстат 16К20 або токарний верстат з ЧПК, трикулачковий патрон, прохідні та упорні різці
30	Токарна, другий установ	Перевстановлення деталі, торцювання другої сторони, доведення товщини до розміру, оброблення торцевих уступів і фасок	Токарний верстат, патрон, різці з твердосплавними пластинами

№ операції	Назва операції	Зміст операції	Обладнання та інструмент
40	Свердлильна	Свердління чотирьох отворів Ø10 мм на заданій відстані	Вертикально-свердлильний верстат 2Н118 або свердлильний верстат з координатним пристроєм, свердло Ø10 мм
50	Слюсарно-зачисна	Видалення задирок після свердління, притуплення гострих кромок, очищення деталі	Напилки, зенкер, абразивний інструмент
60	Контрольна	Перевірка діаметрів, товщини, отворів, фасок, якості поверхонь і відсутності дефектів	Штангенциркуль, мікрометр, нутромір, калібри, шаблони
70	Захисна	Нанесення антикорозійного покриття на неробочі поверхні за потреби	Фарбування, консерваційне мастило або інший захисний спосіб

У наданому базовому маршруті передбачені операції відрізання, дві токарні операції та свердління чотирьох отворів Ø10 мм. Для сучасного технологічного процесу доцільно додатково виділити слюсарно-зачисну, контрольну та захисну операції, оскільки вони є необхідними для забезпечення якості готової деталі та її придатності до монтажу.

Особливості токарної обробки

Токарна обробка є основною для даної деталі. На першому установі заготовку закріплюють у трикулачковому патроні, після чого виконують торцювання та обробляють основні циліндричні поверхні. Важливо забезпечити надійне закріплення заготовки без перекосу, оскільки від цього залежить співвісність діаметрів і перпендикулярність торців.

Під час чорнового точіння знімається основна частина припуску. Цей перехід потрібний для формування ступінчастої геометрії деталі та усунення нерівностей заготовки. Після чорнової обробки виконують чистове точіння, яке забезпечує остаточні розміри та необхідну якість поверхні.

На другому установі деталь перевертають і обробляють протилежну сторону. Основна вимога на цьому етапі — не порушити співвісність уже оброблених поверхонь. Для цього деталь потрібно базувати по раніше

обробленому діаметру або торцю. При обробці фасок необхідно витримувати їх розміри, оскільки фаски полегшують монтаж деталі та зменшують ризик пошкодження кромок.

У сучасному виконанні для підвищення точності можна застосовувати токарний верстат з ЧПК. Його перевагою є автоматичне витримування розмірів, стабільність режимів різання, менша залежність від кваліфікації робітника та можливість швидкого повторення програми при виготовленні партії деталей.

Свердління отворів

Після токарної обробки виконується свердління чотирьох кріпильних отворів Ø10 мм. Отвори необхідні для встановлення кришки на корпусі підшипникового вузла за допомогою болтів. Їх розташування повинно відповідати кресленню, оскільки зміщення хоча б одного отвору може ускладнити монтаж або зробити деталь непридатною.

Свердління можна виконувати на вертикально-свердлильному верстаті 2Н118, як зазначено у базовому маршруті. Для підвищення точності бажано використовувати кондуктор або координатну розмітку. У сучасному виробництві такі отвори доцільно виконувати на свердлильно-фрезерному верстаті з ЧПК або обробному центрі, що дозволяє точно витримати міжосьові відстані та зменшити час розмічання.

Розрахунок припусків на механічну обробку

Для виготовлення деталі «кришка» приймаємо заготовку з круглого прокату діаметром Ø172 мм зі сталі 45. За кресленням деталь має ступінчасту форму, основні поверхні якої отримуються токарною обробкою. У технологічному маршруті передбачено відрізання заготовки довжиною L = 25 мм, подальше торцювання, точіння зовнішніх і внутрішніх поверхонь, зняття фасок та свердління чотирьох отворів Ø10 мм. Такі вихідні дані наведені у файлах з кресленням та маршрутом виготовлення кришки.

Припуск на механічну обробку необхідний для видалення дефектного шару заготовки, нерівностей після відрізання, похибок форми прокату та забезпечення потрібної точності готової деталі. Для даної деталі приймаємо дві основні стадії обробки: чорнове точіння та чистове точіння.

Мінімальний припуск на оброблення поверхні визначаємо за формулою:

$2Z_{min} = 2 \times (Rz + h + \sqrt{(\rho^2 + \varepsilon^2)})$

де:

Rz — висота мікронерівностей після попередньої обробки, мкм;

h — глибина дефектного поверхневого шару, мкм;

ρ — просторове відхилення заготовки, мкм;

ε — похибка установлення заготовки, мкм.

Для чистового точіння приймаємо:

Rz = 50 мкм;

h = 50 мкм;

ρ = 100 мкм;

ε = 0 мкм.

Тоді:

$2Z_{min\ чист.} = 2 \times (50 + 50 + \sqrt{(100^2 + 0^2)}) = 2 \times (100 + 100) = 400$ мкм

Максимальний припуск для чистового точіння визначаємо з урахуванням допусків попередньої та поточної операції:

$2Z_{max} = 2Z_{min} + T_{попер.} - T_{кінц.}$

Приймаємо:

$T_{попер.} = 395$ мкм;

$T_{кінц.} = 170$ мкм.

Тоді:

$2Z_{max\ чист.} = 400 + 395 - 170 = 625$ мкм

Номінальний припуск на чистове точіння:

$2Z_{ном\ чист.} = (2Z_{min} + 2Z_{max}) / 2$

$2Z_{ном\ чист.} = (400 + 625) / 2 = 512{,}5$ мкм ≈ 513 мкм

Отже, номінальний припуск на чистове точіння приймаємо:

2Zном чист. = 513 мкм

Для чорнового точіння приймаємо більші значення, оскільки на цьому етапі видаляється основна частина металу та усуваються нерівності заготовки після відрізання:

Rz = 160 мкм;

h = 200 мкм;

ρ = 1200 мкм;

ε = 100 мкм.

Тоді:

$2Z_{min\ чорн.} = 2 \times (160 + 200 + \sqrt{(1200^2 + 100^2)})$

$\sqrt{(1200^2 + 100^2)} = \sqrt{(1\ 440\ 000 + 10\ 000)} = \sqrt{1\ 450\ 000} = 1204{,}16$ мкм

$2Z_{min\ чорн.} = 2 \times (160 + 200 + 1204{,}16) = 2 \times 1564{,}16 = 3128{,}32$ мкм

Приймаємо:

2Zном чорн. = 3129 мкм

Загальний припуск на токарну обробку визначаємо як суму припусків на чорнову та чистову обробку:

2Zсум = 2Zном чист. + 2Zном чорн.

2Zсум = 513 + 3129 = 3642 мкм

Переводимо у міліметри:

3642 мкм = 3,642 мм

З урахуванням виробничих умов, можливих похибок відрізання і необхідності гарантованого видалення дефектного шару приймаємо загальний припуск:

2Zсум = 4 мм

Отже, для виготовлення кришки приймається загальний припуск на механічну обробку 4 мм, що забезпечує можливість виконання чорнового і чистового точіння з отриманням необхідної точності та якості поверхні.

Розрахунок маси заготовки

Для попередньої оцінки витрат матеріалу визначимо масу заготовки. Заготовка має форму циліндра діаметром D = 172 мм і довжиною L = 25 мм.

Переводимо розміри у метри:

D = 172 мм = 0,172 м;

L = 25 мм = 0,025 м.

Об’єм циліндричної заготовки визначаємо за формулою:

$V = \pi \times D^2 / 4 \times L$

Підставляємо значення:

$V = 3,1416 \times 0,172^2 / 4 \times 0,025$

$0,172^2 = 0,029584$ м²

$V = 3,1416 \times 0,029584 / 4 \times 0,025$

$V = 0,023235 \times 0,025 = 0,0005809$ м³

Для сталі 45 приймаємо густину:

$\rho = 7850$ кг/м³

Маса заготовки:

$m = \rho \times V$

$m = 7850 \times 0,0005809 = 4,56$ кг

Отже, орієнтовна маса заготовки становить:

mзаг = 4,56 кг

Розрахунок маси готової деталі

Для спрощеного розрахунку масу готової деталі можна визначити як масу заготовки з урахуванням знятого припуску. Оскільки деталь має ступінчасту форму, частина металу видаляється під час точіння діаметрів Ø125, Ø115, Ø95, Ø67 та під час свердління отворів.

Орієнтовно приймаємо, що після механічної обробки знімається близько 25–30% маси заготовки. Для попереднього технологічного розрахунку приймаємо коефіцієнт використання матеріалу:

Квм = 0,72

Тоді маса готової деталі:

mдет = mзаг × Квм

mдет = 4,56 × 0,72 = 3,28 кг

Отже, орієнтовна маса готової кришки становить:

mдет ≈ 3,3 кг

Маса стружки, що утворюється під час механічної обробки:

mстр = mзаг − mдет

mстр = 4,56 − 3,28 = 1,28 кг

Отже, під час виготовлення однієї деталі утворюється приблизно:

mстр ≈ 1,3 кг металевої стружки

Розрахунок коефіцієнта використання матеріалу

Коефіцієнт використання матеріалу показує, яка частина заготовки переходить у готову деталь.

Формула:

Квм = mдет / mзаг

Підставляємо значення:

Квм = 3,28 / 4,56 = 0,719

Приймаємо:

Квм ≈ 0,72

У відсотках:

Квм = 0,72 × 100% = 72%

Отже, коефіцієнт використання матеріалу становить приблизно 72%. Це є прийнятним показником для деталі ступінчастої форми, яка виготовляється з круглого прокату методом токарної обробки.

Розрахунок режимів різання для токарної обробки

Для токарної обробки кришки приймаємо обробку на токарно-гвинторізному верстаті типу 16К20, як зазначено у технологічному маршруті. Ріжучий інструмент — токарні різці з твердосплавними пластинами типу Т5К10.

Для чорнового точіння сталі 45 приймаємо:

глибина різання: t = 2 мм;

подача: S = 0,35 мм/об;

швидкість різання: V = 90 м/хв.

Частоту обертання шпинделя визначаємо за формулою:

$n = 1000 \times V / (\pi \times D)$

Для обробки діаметра D = 172 мм:

$n = 1000 \times 90 / (3,1416 \times 172)$

$n = 90000 / 540,35 = 166,5$ об/хв

Приймаємо стандартне значення:

n = 160 об/хв

Для чистового точіння приймаємо:

глибина різання: t = 0,5 мм;

подача: S = 0,15 мм/об;

швидкість різання: V = 130 м/хв.

Тоді:

$n = 1000 \times 130 / (3,1416 \times 172)$

$n = 130000 / 540,35 = 240,6$ об/хв

Приймаємо стандартне значення:

n = 250 об/хв

Отже, для токарної обробки кришки можна прийняти такі режими:

Таблиця 7.2 — Орієнтовні режими токарної обробки

Вид обробки	Глибина різання t, мм	Подача S, мм/об	Швидкість V, м/хв	Частота n, об/хв
Чорнове точіння	2,0	0,35	90	160
Чистове точіння	0,5	0,15	130	250

Розрахунок режимів свердління

На свердлильній операції потрібно виконати 4 отвори Ø10 мм глибиною приблизно 14 мм. У базовому технологічному маршруті для цієї операції

передбачено вертикально-свердлильний верстат 2Н118 і свердло Ø10 мм із швидкорізальної сталі Р6М5.

Для свердління сталі 45 свердлом Ø10 мм приймаємо:

діаметр свердла: D = 10 мм;

швидкість різання: V = 22 м/хв;

подача: S = 0,20 мм/об.

Частота обертання шпинделя:

$n = 1000 \times V / (\pi \times D)$

$n = 1000 \times 22 / (3,1416 \times 10)$

$n = 22000 / 31,416 = 700,3$ об/хв

Приймаємо стандартне значення:

n = 710 об/хв

Хвилинна подача:

$S_{хв} = S \times n$

$S_{хв} = 0,20 \times 710 = 142$ мм/хв

Основний час свердління одного отвору:

$T_{осн} = L / S_{хв}$

де L — розрахункова довжина свердління.

Приймаємо:

глибина отвору: l = 14 мм;

додатковий хід свердла на врізання і вихід: $l_{дод}$ = 4 мм.

Тоді:

$L = l + l_{дод} = 14 + 4 = 18$ мм

$T_{осн\ 1\ отв.} = 18 / 142 = 0,127$ хв

Для чотирьох отворів:

$T_{осн\ 4\ отв.} = 0,127 \times 4 = 0,508$ хв

Отже, основний час свердління чотирьох отворів становить приблизно:

$T_{осн} \approx 0,51$ хв

Розрахунок основного часу токарної обробки

Основний час токарного переходу визначають за формулою:

$T_{осн} = L / (S \times n)$

де:

L — довжина оброблюваної ділянки, мм;

S — подача, мм/об;

n — частота обертання шпинделя, об/хв.

Для прикладу розрахуємо час точіння поверхні довжиною L = 24 мм при чорновому точінні:

S = 0,35 мм/об;

n = 160 об/хв.

$T_{осн} = 24 / (0,35 \times 160)$

$T_{осн} = 24 / 56 = 0,43$ хв

Для чистового точіння тієї ж поверхні:

S = 0,15 мм/об;

n = 250 об/хв.

$T_{осн} = 24 / (0,15 \times 250)$

$T_{осн} = 24 / 37,5 = 0,64$ хв

Сумарний основний час на чорнове і чистове точіння однієї характерної поверхні:

$T_{сум} = 0,43 + 0,64 = 1,07$ хв

Оскільки деталь має кілька ступінчастих поверхонь, торців і фасок, для орієнтовної оцінки приймаємо сумарний основний час токарної обробки:

$T_{ток} \approx 8–10$ хв

З урахуванням установлення, перевстановлення, вимірювання, зміни інструменту і зняття фасок приймаємо оперативний час токарної обробки:

$T_{оп\ ток} \approx 15$ хв

Орієнтовний штучний час виготовлення деталі

Штучний час включає основний час обробки, допоміжний час, час на контроль і організаційне обслуговування робочого місця.

Приймаємо:

ас заготівельної операції: Тзаг = 2 хв;

час токарної обробки: Тток = 15 хв;

час свердління: Тсв = 3 хв;

час зачищення задирок: Тзач = 2 хв;

час контролю: Тконт = 3 хв.

Тоді штучний час:

Тшт = Тзаг + Тток + Тсв + Тзач + Тконт

Тшт = 2 + 15 + 3 + 2 + 3 = 25 хв

Отже, орієнтовний штучний час виготовлення однієї кришки становить:

Тшт ≈ 25 хв

Для дрібносерійного або ремонтного виробництва такий час є прийнятним, оскільки деталь має просту форму, виготовляється з круглого прокату і не потребує складної спеціальної оснастки.

Узагальнення розрахунків

Таблиця 7.3 — Основні результати розрахунків для деталі «Кришка»

Показник	Позначення	Значення
Діаметр заготовки	Dзаг	172 мм
Довжина заготовки	Lзаг	25 мм
Матеріал	—	Сталь 45
Загальний припуск	2Zсум	4 мм
Маса заготовки	mзаг	4,56 кг
Орієнтовна маса готової деталі	mдет	3,28 кг
Маса стружки	mстр	1,28 кг
Коефіцієнт використання матеріалу	Квм	0,72
Частота обертання при чорновому точінні	nчорн	160 об/хв
Частота обертання при чистовому точінні	nчист	250 об/хв
Частота обертання при свердлінні Ø10 мм	nсв	710 об/хв
Основний час свердління 4 отворів	Тсв осн	0,51 хв
Орієнтовний штучний час виготовлення	Тшт	25 хв

Таким чином, розрахунки підтверджують правильність вибору заготовки, припуску та основних режимів обробки. Прийнятий припуск 4 мм забезпечує

можливість виконання чорнового і чистового точіння. Заготовка з круглого прокату Ø172 мм є раціональною для виготовлення кришки, оскільки форма деталі є переважно токарною. Орієнтовний коефіцієнт використання матеріалу становить 72%, що є прийнятним для деталі ступінчастої форми. Штучний час виготовлення однієї кришки становить близько 25 хв, що відповідає умовам ремонтного або дрібносерійного виробництва.

Після свердління необхідно зняти задирки з обох боків отворів. Це важливо не лише для зовнішнього вигляду деталі, а й для правильного прилягання кришки до корпусу. Задирки можуть перешкоджати щільному контакту поверхонь і створювати локальні перекоси.

Контроль якості готової деталі

Контроль кришки виконується після основних механічних операцій. Перевіряють зовнішні та внутрішні діаметри, загальну товщину, глибину уступів, розміри фасок, діаметр і розташування отворів. Також потрібно оглянути поверхні на наявність тріщин, задирок, забоїн, слідів перегріву або інших дефектів.

Таблиця 7.4 — Основні контрольовані параметри деталі «Кришка»

Контрольований параметр	Засіб контролю	Мета контролю
Зовнішній діаметр заготовки та готової деталі	Штангенциркуль, мікрометр	Перевірка відповідності кресленню
Діаметри уступів Ø125, Ø115, Ø95, Ø67	Штангенциркуль, мікрометр, нутромір	Забезпечення правильного базування та посадки
Загальна товщина деталі	Штангенциркуль, мікрометр	Перевірка монтажного розміру
Площинність торців	Лінійка, щуп, індикатор	Забезпечення щільного прилягання
Отвори Ø10 мм	Калібр, штангенциркуль	Перевірка можливості болтового кріплення
Розташування отворів	Шаблон або координатний контроль	Забезпечення суміщення з отворами корпусу
Фаски	Шаблон, візуальний контроль	Безпечність монтажу, відсутність гострих кромок
Якість поверхонь	Візуальний контроль, зразки шорсткості	Виявлення задирок, рисок, забоїн

У сучасних умовах для точніших деталей може застосовуватися координатно-вимірювальна машина або цифрові вимірювальні прилади. Проте для кришки підшипника, яка виготовляється в умовах ремонтного або дрібносерійного виробництва, достатнім є використання стандартного вимірювального інструменту за умови правильного виконання контролю.

Вимоги безпеки та технологічної культури

Під час виготовлення кришки необхідно дотримуватися правил безпеки при роботі на токарних, відрізних і свердлильних верстатах. Заготовка повинна бути надійно закріплена, а інструмент — правильно встановлений. Забороняється вимірювати деталь під час обертання шпинделя, прибирати стружку руками або працювати без захисних окулярів.

Особливу увагу потрібно приділяти роботі з круглою заготовкою великого діаметра, оскільки при неправильному закріпленні можливе її биття або виривання з патрона. Перед запуском верстата необхідно перевірити затискання заготовки, справність патрона, положення різця і відсутність сторонніх предметів у робочій зоні.

Сучасні вимоги до технологічної культури також передбачають маркування заготовок, ведення операційного контролю, підтримання чистоти робочого місця, своєчасне видалення стружки, використання справного інструменту та правильне зберігання готових деталей. Це зменшує кількість браку і підвищує стабільність виробництва.

Висновок до розділу

У даному розділі розглянуто технологію виготовлення деталі «кришка», яка входить до підшипникового вузла обладнання. Визначено її службове призначення, обґрунтовано вибір матеріалу, заготовки та основних операцій механічної обробки. Деталь виготовляється зі сталі 45 із круглого прокату Ø172 мм. Основними операціями є відрізання заготовки, токарна обробка з двох сторін, свердління чотирьох отворів Ø10 мм, зачищення, контроль і захист поверхонь.

Запропонований технологічний маршрут дозволяє отримати деталь необхідної точності та якості. Додатково враховано сучасні вимоги до виготовлення: точність базування, контроль співвісності, якість поверхонь, зменшення браку, можливість використання верстатів з ЧПК, обов’язковий контроль отворів і зняття задирок. Такий підхід забезпечує надійну роботу кришки у складі підшипникового вузла модернізованої відцентрової бурякорізки.

8. ВИМОГИ ЩОДО МОНТАЖУ, ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА РЕМОНТУ

Монтаж, експлуатація і ремонт відцентрової бурякорізки Т2М-СЦ2Б-12 мають велике значення для стабільної роботи бурякопереробного відділення цукрового заводу. Бурякорізка працює у безперервному режимі, сприймає динамічні навантаження, контактує з вологою сировиною, абразивними домішками та буряковою стружкою. Тому навіть незначні помилки під час монтажу або порушення правил експлуатації можуть призвести до погіршення якості стружки, підвищеного зношування ножів, появи вібрацій, аварійних зупинок і збільшення витрат на ремонт.

Особливістю модернізованої бурякорізки є застосування 16-рамного корпусу замість базового 12-рамного виконання. Це підвищує продуктивність і покращує рівномірність різання, але водночас збільшує вимоги до точності встановлення ножових рам, регулювання зазорів, центрування робочого органу та контролю технічного стану машини. Тому монтаж і технічне обслуговування модернізованого обладнання повинні виконуватися з урахуванням підвищених вимог до геометрії робочої зони.

Загальні вимоги до монтажу бурякорізки

Монтаж бурякорізки включає комплекс підготовчих і виконавчих робіт. До них належать приймання обладнання, перевірка комплектності, розконсервація, огляд вузлів, транспортування до місця встановлення, монтаж на опорну конструкцію, вивірка положення, підключення приводу, встановлення допоміжних механізмів, перевірка мастильної системи, пробний пуск і випробування під навантаженням.

Перед початком монтажу необхідно перевірити технічну документацію: монтажні креслення, схеми розташування обладнання, специфікацію вузлів, паспорт машини, інструкції з експлуатації, схему електроживлення та схему підключення пневматичних або гідравлічних елементів. Також необхідно перевірити стан фундаменту або металевого перекриття, на якому встановлюється бурякорізка. У базовому матеріалі зазначено, що бурякорізки

на цукрових заводах монтують на спеціальному металевому перекритті під бункером, у якому створюється запас буряка приблизно на 10–20 хвилин роботи заводу.

Місце встановлення повинно забезпечувати зручний доступ до основних вузлів: завантажувального бункера, корпусу, ножових рам, завитка, редуктора, електродвигуна, шибера, мастильних точок і механізму заміни ножових рам. Обслуговуючий персонал повинен мати достатній простір для огляду, регулювання, заміни ножів і виконання ремонтних робіт.

Під час монтажу важливо забезпечити правильне розташування бурякорізки відносно бункера подачі буряків і транспортера для відведення стружки. Жолоби для виходу стружки повинні мати достатній нахил, щоб не виникало зависання або розсипання продукту. У вихідному матеріалі вказано, що нахил жолобів під бурякорізками доцільно приймати не меншим ніж 45–50°.

Підготовка обладнання до монтажу

Після доставки бурякорізки на підприємство виконують зовнішній огляд вузлів і перевіряють їх комплектність. Оброблені поверхні, які були законсервовані для транспортування, очищають від захисного шару. Для цього застосовують відповідні розчинники, після чого поверхні витирають насухо. Поверхні тертя і підшипникові вузли потрібно змастити згідно з картою мащення.

Перед встановленням робочого органу необхідно перевірити стан завитка, валів, підшипників, конічної передачі, ножових рам, гнізд для рам, бандажів, контрножів і корпусу. Для модернізованої 16-рамної бурякорізки особливу увагу приділяють точності виготовлення та стану пазів під ножові рами. Усі рами повинні входити у свої гнізда щільно, без перекосів і радіального хитання.

Перед монтажем завиток необхідно перевірити на відсутність видимих пошкоджень і виконати балансування. Дисбаланс робочого органу може

викликати підвищену вібрацію, прискорене зношування підшипників і порушення рівномірності різання. Для сучасного обслуговування доцільно застосовувати не лише статичне, а й за можливості динамічне балансування, особливо після ремонту або заміни бандажів.

Монтаж основних вузлів бурякорізки

Монтаж бурякорізки починають із розмітки місця встановлення на металевій площадці або фундаменті. Корпус встановлюють на опорний каркас і вивіряють за рівнем. Відхилення від горизонтального положення не допускається, оскільки воно може спричинити нерівномірний рух буряків у робочій зоні та погіршити якість стружки.

Далі виконують складання підшипникового вузла. У корпус підшипникової опори встановлюють радіальні та упорні підшипники, ущільнення і вал із закріпленою конічною шестернею. Після цього монтують кришку підшипникового вузла, перевіряють легкість обертання і відсутність заїдань. Підшипники повинні встановлюватися акуратно, без ударів по кільцях і тілах кочення. Якщо передбачено нагрівання підшипників перед монтажем, воно повинно виконуватися контрольовано, без перегріву.

Після складання вала на ньому закріплюють завиток. Він повинен бути надійно посаджений і зафіксований. Після цього перевіряють биття завитка. У наданому матеріалі зазначено, що вертикальне биття улітки не повинно перевищувати 0,12–0,15 мм, а биття у вигляді «вісімки» при обертанні не допускається. Також важливо витримати зазор між бандажами завитка і поверхнею корпусу в межах 0,5–0,6 мм.

Після монтажу завитка встановлюють контрножі. Їх положення має забезпечувати нормальний прохід буряка і стабільне різання. Зазор між контрножем і барабаном повинен бути в межах 5–6 мм, а максимальне значення не повинно перевищувати 8 мм. Якщо зазор буде надто малим, можливе заклинювання буряків або сторонніх предметів. Якщо він буде

занадто великим, погіршується контроль руху коренеплодів і знижується якість стружки.

Після встановлення корпусу, завитка і контрножів монтують верхній кожух, нижній кожух, короб для відведення стружки, рейковий механізм або інший пристрій для підйому ножових рам, а також шибер подачі буряків. Потім встановлюють раму приводу, редуктор і електродвигун. Вали редуктора і бурякорізки з'єднують муфтою, після чого ретельно перевіряють їх співвісність.

Сучасні вимоги до монтажу передбачають обов'язковий контроль вібрації після пробного пуску, перевірку температури підшипників, контроль струму електродвигуна, перевірку роботи шибера, датчиків рівня буряка і блокувальних пристроїв. За можливості доцільно встановлювати датчики вібрації, температури підшипників і датчики перевантаження приводу. Це дозволяє швидко виявити несправність і запобігти аварійній зупинці.

Пусконалагоджувальні роботи

Перед першим пуском бурякорізки необхідно перевірити:

надійність кріплення корпусу, редуктора, електродвигуна і кожухів;

правильність встановлення ножових рам;

зазори між завитком, корпусом, контрножами і бандажами;

наявність мастила у редукторі та підшипникових вузлах;

справність шибера і механізму подачі буряків;

відсутність сторонніх предметів у робочій камері;

правильність напрямку обертання робочого органу;

справність огороджень і блокувань.

Перший пуск виконують без навантаження. Машину короткочасно вмикають і перевіряють шум, вібрацію, нагрівання підшипників, роботу муфт і редуктора. Якщо сторонні звуки, удари або підвищена вібрація відсутні, тривалість холостого ходу поступово збільшують. Після цього здійснюють пробну роботу з невеликою кількістю буряків.

Під час налагодження потрібно перевірити якість стружки. Якщо стружка має нерівномірну товщину, підвищену кількість дріб’язку або ознаки роздавлювання тканини, необхідно перевірити підйом ножів, гостроту ріжучих кромок, положення рам, зазор між ножами і контрножами, а також рівномірність подачі буряків.

Для модернізованої 16-рамної бурякорізки налаштування ножових рам є особливо важливим. Через більшу кількість рам будь-яке відхилення окремої рами може впливати на загальну рівномірність різання. Тому після монтажу всі рами потрібно перевірити за шаблоном, пронумерувати і закріпити за відповідними гніздами.

Вимоги до експлуатації бурякорізки

Під час експлуатації необхідно забезпечити стабільну подачу буряків у робочу камеру. Рівень буряків над бурякорізкою повинен бути достатнім для рівномірного завантаження. У базовому матеріалі зазначено, що для нормального різання у відцентровій бурякорізці рівень буряка підтримують на висоті не менше 0,8 м над верхнім краєм ножової рами.

Нестача буряків у бункері може призвести до нестабільного різання і нерівномірного навантаження на привід. Надмірне завантаження може спричинити перевантаження машини, погіршення руху сировини та підвищення ризику заклинювання. Тому бункер бажано обладнувати датчиками верхнього і нижнього рівня, світловою та звуковою сигналізацією, а також автоматизованим керуванням шибером.

Швидкість різання для відцентрових бурякорізок зазвичай регулюється в межах 4–8 м/с. Таке регулювання дає змогу пристосовувати роботу машини до якості буряків, їхньої твердості, вологості, забрудненості та необхідної продуктивності. При збільшенні швидкості різання продуктивність зростає, але надто висока швидкість може призвести до підвищеного зношування ножів і погіршення якості стружки.

Під час роботи оператор повинен контролювати:

рівномірність подачі буряків;

звук роботи машини;

вібрацію корпусу і приводу;

температуру підшипників;

рівень мастила у редукторі;

якість бурякової стружки;

стан ножів і ножових рам;

роботу шибера та захисних пристроїв;

відсутність розсипання стружки під бурякорізкою.

У разі появи різкого металевого звуку, удару або ознак потрапляння каміння чи металевого предмета машину необхідно негайно зупинити. Після зупинки потрібно перекрити подачу буряків, видалити сторонній предмет, оглянути ножі, контрножі, рами і корпус. Продовжувати роботу без огляду не допускається, оскільки пошкоджений ніж може погіршити якість стружки або спричинити аварійну ситуацію.

Обслуговування ножових рам і ножів

Ножові рами є одним із найважливіших вузлів бурякорізки. Від їх стану залежить якість стружки, стабільність різання і продуктивність машини. У модернізованій конструкції встановлюється 16 рам, тому контроль їх стану повинен бути систематичним.

Рами повинні входити у свої гнізда без перекосів і люфтів. Після встановлення вони мають утворювати з внутрішньою поверхнею корпусу єдину циліндричну поверхню. Не допускається використання рам із пошкодженими посадковими поверхнями, деформованими планками, тріщинами або значним зношуванням.

Під час виймання рам не слід застосовувати удари молотком. У вихідному матеріалі зазначено, що витягнуті рами не можна кидати на підлогу; їх потрібно мити, очищати, сушити і подавати на стіл наборщика. Для очищення

ножів не рекомендується використовувати сталеві предмети, оскільки вони можуть пошкодити ріжучі кромки. Для очищення застосовують щітки, дерев’яні або, як виняток, латунні лопатки.

При незначному затупленні допускається підправлення ножа після виймання рами. Якщо ніж має значне зношування, викришування або неправильну геометрію, його потрібно замінити. Для сучасної експлуатації доцільно вести журнал заміни ножів і фіксувати час їх роботи. Це дозволяє планувати обслуговування за фактичним ресурсом, а не лише після появи браку стружки.

Технічне обслуговування під час роботи

Для підтримання працездатності бурякорізки необхідно виконувати щозмінне, періодичне та сезонне обслуговування.

Щозмінне обслуговування включає огляд корпусу, ножових рам, приводу, шибера, кожухів, мастильних точок і транспортерів стружки. Перед запуском перевіряють відсутність сторонніх предметів у робочій зоні. Після закінчення зміни поверхні, які контактують зі стружкою, очищають і промивають.

Періодичне обслуговування включає перевірку зазорів, підтягування кріплень, контроль стану ножів, огляд підшипників, перевірку редуктора, муфт, ущільнень і огороджень. Також потрібно контролювати стан системи продувки ножів, якщо вона передбачена конструкцією.

Сезонне обслуговування виконується після завершення переробного сезону. Машину повністю очищають від виробничих забруднень, розбирають основні вузли, оглядають зношені поверхні, визначають обсяг ремонту і складають перелік деталей, які потрібно відновити або замінити.

Сучасний підхід до технічного обслуговування передбачає використання елементів профілактичної діагностики. Доцільно контролювати вібрацію підшипникових вузлів, температуру корпусів підшипників, струм

електродвигуна, рівень мастила і наявність сторонніх шумів. Такі дані дають змогу виявити несправність до того, як вона призведе до аварії.

Вимоги до ремонту бурякорізки

Ремонт бурякорізки виконують після зупинки обладнання, очищення і розбирання основних вузлів. Спочатку визначають стан корпусу, барабана, завитка, бандажів, ножових рам, контрножів, підшипників, валів, редуктора, муфт і шибера.

Одним із найбільш відповідальних елементів є барабан або корпус бурякорізки. Під час роботи його внутрішня поверхня поступово зношується. У базовому матеріалі зазначено, що зношування внутрішнього діаметра за виробничий період може становити 1–3 мм, а іноді до 5 мм. При розробці понад 4 мм потрібно відновлювати номінальний розмір або замінювати барабан, оскільки подальше збільшення зазору погіршує якість стружки.

Відновлення барабана може виконуватися встановленням накладок на перемичках між гніздами ножових рам, монтажем кілець або розточуванням внутрішньої поверхні з подальшим встановленням ремонтних елементів. Для модернізованої 16-рамної конструкції ці роботи повинні виконуватися особливо точно, оскільки кількість пазів більша, а відстань між ними менша. Будь-яке зміщення або нерівність може вплинути на положення ножових рам і якість стружки.

При ремонті завитка перевіряють стан верхнього і нижнього бандажів, днища, лопатей, маточини і посадкових поверхонь. Зношування бандажів призводить до зміни зазору між завитком і корпусом. Це порушує правильний рух буряків і може спричинити погіршення різання. У базовому матеріалі вказано, що після ремонту биття бандажа завитка не повинно перевищувати 0,3–0,4 мм, а зазор між бандажами і внутрішньою поверхнею барабана повинен бути оптимальним.

Після ремонту завиток обов’язково балансують. Балансування є необхідною умовою для зменшення вібрації та захисту підшипників. Якщо під

час ремонту виконувалося наплавлення, встановлення накладок, заміна бандажів або зварювання, балансування є обов’язковим.

Підшипникові вузли під час ремонту розбирають, промивають, оглядають і за потреби замінюють. Підшипники не можна встановлювати ударами. Їх монтують за допомогою нагрівання або спеціальних пристроїв, щоб не пошкодити доріжки кочення. Ущільнення також потрібно замінювати при втраті еластичності, пошкодженні або пропусканні мастила.

Ремонт ножових рам і притискних елементів

Ножові рами підлягають особливо ретельному контролю. У процесі роботи найбільше зношуються контрольні та притискні планки, оскільки вони контактують із буряком і сприймають абразивну дію залишків ґрунту. У наданому матеріалі зазначено, що після значного напрацювання такі деталі доцільно виготовляти новими, а при виготовленні притискних планок важливо правильно розташовувати отвори під гвинти і виконувати потайні головки.

Після ремонту рами потрібно перевірити за шаблоном, встановити у відповідні гнізда і проконтролювати їх положення. Для 16-рамної конструкції бажано нумерувати кожну раму і відповідне місце її встановлення. Це дозволяє уникнути випадкової перестановки рам, яка може порушити точність взаємного розташування поверхонь.

Притискна планка повинна мати обтічну форму і не створювати додаткового опору руху буряків. Гострі виступи, задирки або нерівності на планках не допускаються. Після ремонту або заміни планок необхідно перевірити, чи не виникає зачіпання буряків або порушення формування стружки.

Сучасні заходи підвищення надійності під час експлуатації

Для підвищення надійності модернізованої бурякорізки доцільно впровадити такі сучасні технічні рішення:

Віброконтроль підшипникових вузлів. Дозволяє виявляти дисбаланс, зношування підшипників, перекіс валів або порушення центрування.

Контроль температури підшипників. Підвищення температури часто свідчить про нестачу мастила, перевантаження або пошкодження підшипника.

Автоматичний контроль рівня буряків у бункері. Дає змогу підтримувати стабільну подачу сировини і запобігати перевантаженню машини.

Частотне регулювання приводу. Дозволяє змінювати швидкість різання залежно від стану буряків і потрібної продуктивності.

Журнал технічного стану ножів. Дає змогу контролювати ресурс ножових рам, планувати заміну ножів і уникати роботи з притупленим інструментом.

Система блокування при відкритих кожухах. Підвищує безпеку персоналу під час обслуговування.

Планово-попереджувальний ремонт. Дозволяє замінювати зношені деталі до виникнення аварійної відмови.

Такі заходи не змінюють принцип роботи бурякорізки, але підвищують її технічний рівень, зменшують кількість простоїв і полегшують роботу обслуговуючого персоналу.

Висновок до розділу

У розділі розглянуто вимоги до монтажу, експлуатації та ремонту модернізованої відцентрової бурякорізки Т2М-СЦ2Б-12. Встановлено, що якість монтажу безпосередньо впливає на стабільність роботи машини, довговічність підшипників, точність руху завитка і якість бурякової стружки.

собливу увагу під час монтажу потрібно приділяти горизонтальності корпусу, балансуванню завитка, точності встановлення ножових рам, контролю зазорів між завитком і корпусом, центруванню приводу та справності шибера. Для модернізованої 16-рамної конструкції ці вимоги є ще важливішими, оскільки більша кількість ножових рам потребує точнішого взаємного розташування робочих елементів.

Під час експлуатації необхідно підтримувати стабільний рівень буряків у бункері, контролювати якість стружки, стан ножів, температуру підшипників, рівень мастила і відсутність сторонніх шумів. У разі потрапляння каміння або металевих предметів машину потрібно негайно зупинити та оглянути.

Ремонт бурякорізки повинен включати перевірку стану корпусу, барабана, завитка, бандажів, ножових рам, контрножів, підшипників, валів і приводу. При значному зношуванні внутрішніх поверхонь необхідно виконувати відновлення розмірів або заміну відповідних деталей. Після ремонту робочий орган обов’язково балансують, а ножові рами перевіряють і встановлюють у свої місця.

Застосування сучасних засобів контролю, таких як датчики вібрації, температури, рівня буряків і частотне регулювання приводу, дозволяє підвищити надійність бурякорізки, зменшити ризик аварійних зупинок і забезпечити стабільну якість стружки протягом усього сезону цукроваріння.

9. ОПИС СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

Система управління модернізованої відцентрової бурякорізки Т2М-СЦ2Б-12 призначена для забезпечення стабільної, безпечної та продуктивної роботи обладнання під час різання цукрових буряків на стружку. Від якості керування залежить рівномірність подачі сировини, сталість швидкості різання, навантаження на привід, якість бурякової стружки та надійність роботи всієї технологічної лінії.

У базовому матеріалі до розділу зазначено, що автоматизація технологічних процесів є важливим засобом підвищення продуктивності праці, зменшення витрат енергії та матеріалів, покращення якості продукції і підвищення надійності роботи обладнання. Для бурякорізки основними параметрами контролю є рівень буряків у бункері та швидкість різання, яка у вихідному завданні подана як регульований параметр.

Модернізована бурякорізка має 16 ножових рам, тому система управління повинна забезпечувати не лише пуск і зупинку машини, а й підтримання оптимального режиму різання. Збільшення кількості ножових рам підвищує продуктивність, але потребує стабільного завантаження робочої камери. Якщо буряк надходить нерівномірно, то навантаження на ножі та привід змінюється, якість стружки погіршується, а в роботі обладнання можуть з’являтися вібрації та перевантаження. Тому керування подачею буряків є одним із головних завдань автоматизації.

Основними елементами системи управління є щит або шафа керування, електродвигун приводу, частотний перетворювач, датчики рівня буряка в бункері, датчик частоти обертання, захисна апаратура, кнопки місцевого керування, аварійна зупинка, світлова та звукова сигналізація. У сучасному варіанті систему доцільно будувати на базі програмованого логічного контролера, який приймає сигнали від датчиків, обробляє їх і формує команди на виконавчі механізми.

Основним регульованим параметром є швидкість різання. Для відцентрових бурякорізок вона зазвичай знаходиться в межах 4–8 м/с. Зміна швидкості може виконуватися за допомогою частотного перетворювача, який регулює частоту обертання електродвигуна. Це сучасніше рішення порівняно з механічним регулюванням, оскільки дозволяє плавно змінювати режим роботи без ударних навантажень на привід. При переробці твердого, підмороженого або волокнистого буряка швидкість можна зменшити, а при стабільній якості сировини — підвищити до оптимального значення.

Другим важливим параметром є рівень буряків у завантажувальному бункері. Для нормальної роботи бурякорізки необхідно підтримувати достатній запас сировини над робочою камерою. Якщо рівень занадто низький, подача стає нестабільною, а буряк нерівномірно взаємодіє з ножовими рамами. Якщо рівень надмірний, можливе перевантаження машини. Тому в бункері доцільно встановлювати датчики верхнього і нижнього рівня. При досягненні нижнього рівня система подає сигнал оператору або збільшує подачу буряків із попереднього транспортера. При досягненні верхнього рівня подача обмежується, щоб не допустити переповнення.

Для контролю стану приводу доцільно використовувати датчик струму електродвигуна. Зростання струму свідчить про збільшення навантаження, можливе забивання ножів, потрапляння стороннього предмета або перевантаження робочої камери. У такому випадку система повинна подати попереджувальний сигнал, а при перевищенні аварійного значення — автоматично зупинити бурякорізку і перекрити подачу буряків шибером.

Важливою частиною системи управління є контроль безпеки. Усі захисні кожухи, люки та огородження повинні мати кінцеві вимикачі або блокування. Якщо кожух відкритий, запуск машини має бути неможливим. Аварійні кнопки зупинки потрібно розмістити біля робочого місця оператора, біля приводу та в зоні обслуговування ножових рам. При натисканні аварійної кнопки електродвигун зупиняється, а подача буряків у машину припиняється.

Сучасна система управління повинна мати зручний інтерфейс для оператора. На панелі керування або екрані оператора доцільно відображати основні параметри: стан приводу, частоту обертання, швидкість різання, рівень буряків у бункері, навантаження електродвигуна, стан шибера, аварійні повідомлення, час роботи машини та попередження про необхідність обслуговування. У базовому файлі також зазначено, що сучасна тенденція полягає у використанні комп’ютерних технологій і безщитових пунктів управління, які полегшують роботу персоналу, пришвидшують обробку інформації та дають змогу зберігати результати роботи.

Для модернізованої бурякорізки доцільно передбачити реєстрацію основних параметрів. Це дозволяє аналізувати роботу обладнання за зміну, виявляти причини зниження якості стружки, контролювати перевантаження і планувати технічне обслуговування. Наприклад, якщо в журналі роботи часто фіксується підвищення струму двигуна, це може свідчити про затуплення ножів або неправильне регулювання рам. Якщо зростає вібрація, потрібно перевірити балансування завитка, стан підшипників або центрування приводу. Таблиця 9.1 — Основні параметри системи управління модернізованої бурякорізки

Контрольований параметр	Місце контролю	Рекомендоване значення	Вид автоматизації	Призначення
Рівень буряків	Завантажувальний бункер	У межах робочого рівня	Контроль, сигналізація	Забезпечення рівномірної подачі
Швидкість різання	Робочий орган	4–8 м/с	Регулювання	Підтримання якості стружки
Частота обертання	Вал приводу	Відповідно до режиму	Контроль	Перевірка стабільності роботи
Струм електродвигуна	Привід	Не вище допустимого	Контроль, захист	Виявлення перевантаження
Температура підшипників	Підшипникові вузли	У межах норми	Контроль	Запобігання аварійному нагріванню

Контрольований параметр	Місце контролю	Рекомендоване значення	Вид автоматизації	Призначення
Вібрація	Корпус, привід	У межах допустимого	Контроль	Виявлення дисбалансу або зношування
Положення шибера	Подача буряків	Відкрито / закрито	Керування	Регулювання або зупинка подачі
Стан кожухів	Захисні огородження	Закрито	Блокування	Безпечна експлуатація

Алгоритм роботи системи управління можна описати так. Перед запуском контролер перевіряє закриття кожухів, справність аварійних кнопок, готовність електродвигуна, наявність буряків у бункері та положення шибера. Якщо всі умови виконані, оператор подає команду на пуск. Двигун запускається плавно через частотний перетворювач, після чого робочий орган виходить на задану швидкість. Далі відкривається шибер і буряк надходить у робочу камеру.

Під час роботи система постійно контролює швидкість, рівень буряків, навантаження двигуна і стан захисних пристроїв. Якщо рівень буряків знижується, подається сигнал про необхідність збільшення подачі. Якщо виникає перевантаження, система спочатку попереджає оператора, а потім, за потреби, зупиняє обладнання. При аварійній зупинці подача буряків перекривається, а повторний пуск дозволяється тільки після усунення причини несправності.

Отже, система управління модернізованої бурякорізки повинна забезпечувати автоматизований контроль основних параметрів, плавне регулювання швидкості різання, захист приводу від перевантаження, безпечну роботу персоналу та накопичення інформації про стан обладнання. Використання сучасних датчиків, частотного перетворювача і програмованого контролера підвищує надійність машини, зменшує вплив людського фактора і сприяє отриманню стабільної за якістю бурякової стружки.

10. ЗАХОДИ ЩОДО ОХОРОНИ ПРАЦІ, ЕКОЛОГІЇ

Охорона праці та екологічна безпека є важливими складовими роботи цукрового заводу, оскільки виробництво пов’язане з використанням великої кількості машин, електроприводів, транспортерів, мийного обладнання, насосів, редукторів і допоміжних систем. Відцентрова бурякорізка Т2М-СЦ2Б-12 належить до обладнання підвищеної небезпеки, оскільки має обертові робочі органи, ножові рами, привід, редуктор, муфти, завантажувальний бункер і систему подачі буряків. Під час роботи машини існує ризик травмування персоналу рухомими частинами, ріжучими елементами, уламками сторонніх предметів, а також ризик ураження електричним струмом, підвищеного шуму, вібрації та забруднення робочої зони.

Метою заходів з охорони праці є створення безпечних умов експлуатації модернізованої бурякорізки, зменшення ймовірності аварій, захист працівників від виробничих небезпек і забезпечення стабільної роботи обладнання. Особливої уваги потребує модернізована конструкція з 16 ножовими рамами, оскільки збільшення кількості ріжучих елементів підвищує продуктивність машини, але водночас потребує більш уважного контролю під час монтажу, регулювання, очищення та ремонту.

Перед допуском до роботи працівники повинні пройти інструктаж з охорони праці, навчання безпечним методам обслуговування бурякорізки, перевірку знань і медичний огляд відповідно до вимог підприємства. До роботи з бурякорізкою допускаються лише особи, які знають її будову, принцип дії, порядок пуску і зупинки, правила заміни ножових рам, порядок дій у разі аварійної ситуації та правила користування засобами індивідуального захисту.

Основними небезпечними факторами під час експлуатації бурякорізки є обертовий завиток, ножові рами, рухомі частини приводу, муфти, редуктор, транспортери подачі буряка і відведення стружки. Небезпеку також

становлять сторонні предмети, які можуть потрапити разом із буряками в робочу камеру: каміння, металеві частини, шматки дерева або інші тверді включення. При контакті з ножами вони можуть пошкодити ріжучі елементи або спричинити ударне навантаження на механізм.

Для запобігання травмуванню всі рухомі частини бурякорізки повинні бути закриті захисними кожухами та огородженнями. Огородження мають бути міцними, надійно закріпленими і зручними для зняття тільки під час ремонту або технічного обслуговування. Робота обладнання зі знятими кожухами не допускається. Бажано передбачити блокування, яке не дозволяє запустити машину при відкритих захисних елементах або відкритому доступі до небезпечної зони.

Перед пуском бурякорізки оператор повинен перевірити відсутність сторонніх предметів у робочій камері, справність шибера, надійність кріплення ножових рам, стан кожухів, рівень мастила в редукторі, справність електродвигуна, муфт і системи керування. Пуск обладнання повинен супроводжуватися світловою або звуковою сигналізацією, щоб персонал мав змогу відійти від небезпечної зони.

Під час роботи бурякорізки забороняється відкривати кожухи, виконувати регулювання ножових рам, очищати ножі руками, видаляти застряглі буряки, торкатися рухомих частин, перевіряти стан приводу без зупинки машини. Усі роботи з очищення, регулювання або ремонту проводяться лише після повної зупинки обладнання, відключення електроживлення та блокування можливості випадкового пуску. На пусковому пристрої необхідно розміщувати попереджувальну табличку про виконання ремонтних робіт.

Особливу небезпеку становлять ножові рами. Вони мають гострі ріжучі елементи, тому при їх знятті, перенесенні, очищенні та встановленні працівники повинні користуватися захисними рукавицями. Ножові рами не можна кидати на підлогу, ставити у нестійкому положенні або переносити без

спеціального пристрою. Очищення ножів металевими предметами небажане, оскільки це може пошкодити ріжучу кромку і створити додаткову небезпеку порізів. Для очищення доцільно використовувати щітки, дерев'яні або пластикові лопатки.

Робоче місце біля бурякорізки повинно бути чистим, сухим і добре освітленим. На підлозі не повинно бути розсипаної стружки, бурякового соку, води, мастила або інструменту. Слизька підлога підвищує ризик падіння працівника, особливо під час обслуговування важких вузлів. Для безпечного доступу до бункера, приводу та механізму заміни рам повинні бути передбачені площадки, сходи, поручні та неслизьке покриття.

Електробезпека є окремим важливим напрямом. Електродвигун бурякорізки, пускова апаратура, шафа керування і кабельні лінії повинні мати справну ізоляцію, захисне заземлення і захист від короткого замикання та перевантаження. Обслуговування електричної частини дозволяється тільки електротехнічному персоналу відповідної кваліфікації. У приміщеннях із підвищеною вологістю потрібно особливо контролювати стан кабелів, герметичність електрошаф і відсутність потрапляння води на електрообладнання.

Під час експлуатації бурякорізки виникають шум і вібрація. Джерелами шуму є електродвигун, редуктор, обертання завитка, рух буряків, робота транспортерів і контакт коренеплодів із ножами. Для зменшення шкідливого впливу шуму необхідно підтримувати справний стан підшипників, муфт і редукторів, своєчасно виконувати балансування завитка, не допускати послаблення кріплень і встановлювати обладнання на жорстку основу. Працівники, які тривалий час перебувають у зоні підвищеного шуму, повинні використовувати засоби захисту органів слуху.

Вібрація може виникати через дисбаланс завитка, зношення підшипників, неправильне центрування валів, пошкодження муфт або нерівномірне завантаження машини. Підвищена вібрація не тільки погіршує умови праці, а

й прискорює руйнування деталей. Тому під час роботи необхідно контролювати рівень вібрації, а при появі нетипового стуку або сильного коливання корпусу машину потрібно зупинити і провести огляд.

Працівники повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту: спецодягом, захисним взуттям із неслизькою підошвою, рукавицями, захисними окулярами, каскою, а за потреби — навушниками або берушами. Спецодяг не повинен мати вільних частин, які можуть потрапити у рухомі механізми. Волосся потрібно прибирати під головний убір.

Пожежна безпека також має значення. У зоні бурякорізки можуть використовуватися мастила, електродвигуни, кабелі та інше обладнання, яке при несправності може стати джерелом займання. Необхідно не допускати накопичення мастила, пилу і легкозаймистих матеріалів біля електрообладнання. На робочій дільниці повинні бути первинні засоби пожежогасіння, а персонал має знати порядок дій у разі пожежі.

Екологічні заходи під час експлуатації бурякорізки спрямовані на зменшення забруднення виробничого середовища, раціональне використання ресурсів і правильне поводження з відходами. Основними видами забруднень у зоні бурякорізки є бурякова стружка, залишки сировини, забруднена вода після миття обладнання, мастильні матеріали, металеві частинки після ремонту, зношені ножі та інші відпрацьовані деталі.

Бурякова стружка є технологічним продуктом і повинна повністю спрямовуватися на подальшу переробку в дифузійний апарат. Розсипання стружки на підлогу потрібно мінімізувати за рахунок правильного нахилу жолобів, герметичності кожухів і справної роботи транспортерів. Залишки буряків і стружки, які не потрапили у технологічний потік, необхідно збирати і передавати у відповідну систему утилізації або повернення до виробничого процесу, якщо це дозволено технологією.

Промивні води після очищення бурякорізки містять органічні домішки, частинки буряків, ґрунт і залишки соку. Таку воду не можна скидати без

очищення. Вона повинна направлятися у виробничу каналізацію з подальшим очищенням на локальних або загальнозаводських очисних спорудах. Це дає змогу зменшити навантаження на довкілля і запобігти забрудненню водойм органічними речовинами.

Мастильні матеріали, відпрацьовані масла і забруднені обтиральні матеріали повинні збиратися окремо. Їх не можна змішувати з побутовими або органічними відходами. Відпрацьоване мастило з редукторів і підшипникових вузлів необхідно передавати на утилізацію або регенерацію спеціалізованим організаціям. Потрапляння мастила у стічні води або ґрунт є неприпустимим.

Зношені ножі, металеві накладки, кріплення, підшипники та інші металеві деталі після ремонту необхідно збирати як металобрухт. Це дозволяє зменшити кількість відходів і частково повернути матеріал у господарський обіг. При виконанні ремонтних робіт важливо не залишати металеві частинки, стружку або уламки в зоні обладнання, оскільки вони можуть потрапити в бурякову масу і пошкодити ножі.

Модернізація бурякорізки також має позитивний екологічний ефект. Завдяки підвищенню якості бурякової стружки покращується робота дифузійного відділення, зменшуються втрати цукру з жомом і стабілізується технологічний процес. Більш ефективна робота обладнання дає змогу зменшити питомі витрати електроенергії на одиницю переробленої сировини. Крім того, зниження кількості аварійних зупинок зменшує непродуктивні витрати ресурсів, води, енергії та допоміжних матеріалів.

Отже, заходи з охорони праці та екології при експлуатації модернізованої відцентрової бурякорізки повинні бути комплексними. Вони мають охоплювати безпечний монтаж, справність огороджень, контроль роботи приводу, правильне обслуговування ножових рам, електробезпеку, захист від шуму і вібрації, використання засобів індивідуального захисту, організоване прибирання робочої зони, очищення стічних вод, правильне поводження з мастилами та металевими відходами. Виконання цих вимог забезпечує

безпечну роботу персоналу, стабільність виробничого процесу і зменшення негативного впливу цукрового виробництва на довкілля.

ВИСНОВКИ

У даному дипломному проєкті розглянуто модернізацію відцентрової бурякорізки Т2М-СЦ2Б-12 з метою підвищення її технічного рівня, продуктивності та якості бурякової стружки. У роботі проаналізовано значення процесу різання цукрових буряків у загальній технологічній схемі виробництва цукру та встановлено, що якість стружки безпосередньо впливає на ефективність дифузійного вилучення сахарози.

У процесі аналізу базової конструкції бурякорізки визначено її основні переваги та недоліки. Головним обмеженням існуючого 12-рамного виконання є недостатня кількість ріжучих зон, що може знижувати рівномірність різання та обмежувати продуктивність обладнання. Для усунення цих недоліків запропоновано модернізацію корпусу з переходом на 16 ножових рам. Таке рішення дозволяє зменшити відстань між рамами, підвищити частоту контакту буряка з ножами та покращити стабільність формування стружки.

У розрахунковій частині підтверджено працездатність запропонованого технічного рішення. Визначено основні параметри продуктивності, швидкості різання, потужності приводу, валів, шпонкових з’єднань і муфт. Обґрунтовано вибір конструкційних матеріалів для основних вузлів бурякорізки з урахуванням міцності, зносостійкості та корозійної стійкості.

Також розглянуто технологію виготовлення окремої деталі — кришки підшипника, вимоги до монтажу, експлуатації, ремонту, охорони праці та екологічної безпеки. Запропонована модернізація є технічно доцільною, оскільки дає змогу підвищити ефективність роботи бурякорізки без повної заміни обладнання. Її впровадження сприятиме збільшенню продуктивності, покращенню якості бурякової стружки, зниженню експлуатаційних витрат і підвищенню надійності роботи цукрового виробництва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Мирончук В. Г., Гулий І. С., Пушанко М. М. та ін. — Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості: підручник. — Вінниця: Нова книга, 2007. — 648 с.
2. Мирончук В. Г., Орлов Л. О., Українець А. І. та ін. — Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості: навчальний посібник. — Вінниця: Нова книга, 2004. — 288 с.
3. Петрова О. І. — Технологія цукрового виробництва: курс лекцій. — Миколаїв: МНАУ, 2020.
4. Технологія цукрового виробництва: методичні вказівки до виконання практичних робіт. — Вінниця: ВНАУ.
5. Смілянський машинобудівний завод. — Бурякорізки відцентрові 12-, 16- та 24-рамні: технічна інформація виробника.
6. Putsch. — Cossette Production with Putsch Slicing Systems TSM Series: technical brochure. — Putsch Group.
7. Putsch. — Equipment and Services for Beet Sugar Processing: manufacturer’s information materials. — Putsch Group.
8. Putsch. — Beet Knives for Sugar Beet Processing: technical information on beet knives and cossette quality.
9. Putsch. — Automatic Knife Reconditioning Machines for Beet Knives: technical brochure. — Putsch Group.
10. Deswarte. — Beet Slicer: technical description of beet slicing equipment for root crop processing.
11. Maguin. — Technologies for Sugar Beet Processing: drum beet slicer, knives, milling cutters and auxiliary equipment.
12. BMA. — Extraction Plant for Beet Sugar Factories: technical information on cossette preparation and extraction process.
13. Rogers G. M. — Cossette Quality and the Impact this has on Factory Operation. — ASSBT Technical Proceedings.

14. ASSBT. — The Ability for Realtime Measurement of Sugarbeet Quality on the Cossette Belt. — American Society of Sugar Beet Technologists.
15. ICUMSA. — Method GS6-3: Polarimetric Sucrose Content of Sugar Beet by the Macerator or Cold Aqueous Digestion Method. — International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis, 2024.
16. FOSS Analytics. — Optimal Recovery with Instant Sugar Beet Analysis: modern methods of Pol, Brix and quality control in sugar beet processing.
17. Nordzucker. — From the Beet to Sugar: technological overview of sugar beet processing. — Nordzucker AG, 2022.
18. Asadi M. — Beet-Sugar Handbook. — Hoboken: John Wiley & Sons, 2007. — 884 p.
19. Van der Poel P. W., Schiweck H., Schwartz T. — Sugar Technology: Beet and Cane Sugar Manufacture. — Berlin: Verlag Dr. Albert Bartens KG, 1998. — 1118 p.