

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

Кафедра Технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування

«До захисту в ЕК»

Директор інституту(декан факультету)

_____ Сергій БЛАЖЕНКО

(підпис)

(ім'я та прізвище)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Микола ЯКИМЧУК

(підпис)

(ім'я та прізвище)

« ___ » _____ 2026 р.

« ___ » _____ 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

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

освітньо-професійної програми Обладнання переробних і харчових виробництв

на тему Модернізація преса глибокого віджиму марки Vabbini-22SP
продуктивністю 2200 т/добу

Виконав: здобувач IV курсу, групи 1

Дяченко Нікіта Федорович

(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) незарядженої допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач _____
(підпис)

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)

« ____ » _____ 2025 року

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

Дяченка Нікити Федоровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Модернізація преса глибокого віджиму марки Vabbini-22SP продуктивністю 2200 т/добу

керівник роботи Бабко Євген Миколайович, доц., канд. тех. наук

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «03» листопада 2025 р. № 899-кс

2. Строк подання здобувачем роботи «01» лютого 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 – 2 аркуші; Складальні одиниці обладнання – 2 аркуші; Технологія машинобудування – 1 аркуш.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання: «04» листопада 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Анотація, зміст; перелік умовних позначень, термінів</i>	04.11.2025р.	
2	<i>Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі</i>	13.11.2025р.	
3	<i>Техніко-економічне, соціальне обґрунтування.</i>	25.11.2025р.	
4	<i>Характеристика вихідної сировини і готового продукту</i>	27.11.2025р.	
5	<i>Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи.</i>	07.12.2025р.	
6	<i>Вибір конструкційних матеріалів</i>	09.12.2025р.	
7	<i>Розрахункова частина</i>	13.12.2025р.	
8	<i>Технологічний маршрут виготовлення деталі</i>	14.12.2025р.	
9	<i>Вимоги щодо монтажу, експлуатації та ремонту.</i>	18.12.2025р.	
10	<i>Опис системи управління</i>	21.12.2025р.	
11	<i>Заходи щодо охорони праці, екології</i>	23.12.2025р.	
12	<i>Висновки</i>	27.12.2025р.	
13	<i>Графічна частина: 5 аркушів формату А1</i>	15.01.2026р.	
14	<i>Список використаних літературних джерел</i>	27.01.2026р.	
	<i>Подача ДП на кафедрі</i>	01.02.2026р.	

Здобувач

_____ (підпис)

Нікіта ДЯЧЕНКО

(власне ім'я і ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Євген БАБКО

(власне ім'я і ПРІЗВИЩЕ)

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота на тему «Модернізація преса глибокого віджиму марки Vabbini 22SP продуктивністю 2200 т/добу» виконана відповідно до виданого завдання та з урахуванням усіх поставлених цілей і завдань.

Основною метою кваліфікаційної роботи є удосконалення процесу пресування свіжого жому шляхом модернізації завантажувальної шахти преса глибокого віджиму. Запропоноване технічне рішення спрямоване на покращення ефективності пресування за рахунок зменшення вмісту вологи в жомі ще до надходження його в зону основного пресування. Для цього передбачено встановлення в завантажувальну шахту спеціального короба з перфорованими стінками, що забезпечує попереднє зневоднення жому та покращує умови подальшої технологічної обробки.

У пояснювальній записці наведено аналітичний огляд сучасного обладнання, яке використовується для пресування жому на цукрових заводах, детально розглянуто конструкцію, устрій і принцип роботи преса глибокого віджиму. Також виконано необхідні інженерні розрахунки, що підтверджують працездатність, надійність та доцільність запропонованих конструктивних змін. Окрему увагу приділено розділам з охорони праці, екологічної безпеки, а також питанням монтажу, технічного обслуговування, ремонту та експлуатації модернізованого обладнання.

Кваліфікаційна робота включає пояснювальну записку, викладену на аркушах формату А4 з дотриманням встановлених вимог до оформлення. Графічна частина роботи представлена кресленнями та схемами, виконаними на листах формату А1, які наочно відображають конструктивні особливості преса та запропоновані елементи його модернізації.

Ключові слова: пресування, жом, жомопресова вода.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Байко Е.М.	<i>Вид документа</i> <i>Пояснювальна записка</i>		<i>Статус документа</i>	
<i>Власник документа</i> НУХТ	<i>Розробник документа</i> Дяченко Н.Ф.	<i>Назва, додаткова назва</i> АНОТАЦІЯ	23-1509.KP.01.000 ПЗ		
	<i>Документ затверджено</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA

SUMMARY

The qualification work on the topic "Modernization of the Babbini 22SP deep-press press with a capacity of 2200 t/day" was carried out in accordance with the issued task and taking into account all the set goals and objectives.

The main goal of the qualification work is to improve the process of pressing fresh pulp by modernizing the loading shaft of the deep-press press. The proposed technical solution is aimed at improving the efficiency of pressing by reducing the moisture content in the pulp before it enters the main pressing zone. For this purpose, a special box with perforated walls is installed in the loading shaft, which provides preliminary dehydration of the pulp and improves the conditions for further technological processing.

The explanatory note provides an analytical review of modern equipment used for pressing pulp at sugar factories, and the design, structure and principle of operation of the deep-press press are considered in detail. The necessary engineering calculations were also performed, confirming the operability, reliability and feasibility of the proposed design changes. Special attention was paid to the sections on labor protection, environmental safety, as well as issues of installation, maintenance, repair and operation of the modernized equipment.

The qualification work includes an explanatory note, laid out on A4 sheets in compliance with the established requirements for design. The graphic part of the work is presented by drawings and diagrams, made on A1 sheets, which clearly reflect the design features of the press and the proposed elements of its modernization.

Key words: pressing, pulp, pulp press water

ЗМІСТ

	стор.
ВСТУП.....	6
1. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ПОСТАВЛЕНОЇ ЗАДАЧІ.....	8
2. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ТА СОЦІАЛЬНЕ ОБІРУНТУВАННЯ.....	20
3. ХАРАКТЕРИСТИКА ВХІДНОГО МАТЕРІАЛУ І ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ.....	22
4. ОПИС ЗАПРОПОНОВАНОГО ТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ, ПРИНЦИП РОБОТИ ОБЛАДНАННЯ.....	24
5. ВИБІР КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ.....	33
6. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА.....	37
7. РОЗРАХУНОК ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ОКРЕМОЇ ДЕТАЛІ.....	54
8. ВИМОГИ ЩОДО МОНТАЖУ І ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ.....	72
9. ОПИС СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ.....	79
10. ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	83
ВИСНОВКИ.....	90
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	91
СПЕЦИФІКАЦІЯ.....	93

ВСТУП

Вилучення сахарози з бурякової стружки є одним з найважливіших етапів цукробурякового виробництва, від ефективності якого залежить стабільна та ритмічна робота всіх наступних технологічних ділянок підприємства, а також показники якості й виходу готового цукру. Ключовим завданням у процесі виробництва цукру є забезпечення максимально ефективної роботи дифузійного відділення, а також своєчасне виявлення, аналіз і усунення технологічних порушень, що можуть виникати на цій стадії виробництва.

Сучасні технології екстрагування сахарози з бурякової стружки ґрунтуються на застосуванні протиточного методу обробки сировини спеціально підготовленою водою — екстрагентом. Як екстрагент зазвичай використовується барометрична вода в поєднанні з аміачними конденсатами. Крім того, технологічною схемою передбачено повернення очищеної жомопресової води як складової частини живильної води. Процес дифузії здійснюється при температурі 70–72 °С, що є необхідним для денатурації білкових сполук та руйнування протоплазми клітин бурякової тканини, завдяки чому забезпечується вивільнення до 98 % сахарози зі стружки в екстрагент.

Водночас суттєвим недоліком дифузійного способу вилучення сахарози є значні витрати води, які істотно перевищують масу отриманого бурякового соку. Це призводить до збільшення об'ємів дифузійного соку, що підлягає відкачуванню, і, як наслідок, до зростання енергетичних витрат на подальше випарювання надлишкової води з соку. У разі зменшення кількості води в процесі дифузії зростають втрати сахарози, що залишається в буряковому жомі.

Перспективним і раціональним напрямом підвищення якості дифузійного соку та мінімізації втрат сахарози у знецукрованій стружці є впровадження дифузійно-пресового способу. Дана технологія передбачає

вилучення основної частини сахарози, до 88 %, протиточним дифузійним методом за умови мінімального відбору дифузійного соку на рівні 105–110 % і забезпечення його чистоти не нижче чистоти клітинного соку. За таких умов відбору дифузійного соку залишковий вміст цукру в жомі становить 2–2,5 %, що значно перевищує нормативне значення 0,3 %. Подальше глибоке пресування знецукрованої стружки до вмісту сухих речовин 24–25 % дозволяє забезпечити нормативні втрати сахарози у віджатому жомі, які не перевищують 0,3 % від маси перероблених буряків.

Одержання в межах 24-25% сухих речовин жому можливе пресах глибокого віджиму «Babbini» або «Stord».

Але найсучасніші методи вилучення сахарози з буряку не забезпечують високу якість напівпродуктів. Тому стоїть задача інтенсифікувати процес вилучення цукру з буряка для підвищення результативності бурякоцукрового виробництва.

1. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ПОСТАВЛЕНОЇ ЗАДАЧ

1.1. Чинники, що впливають на дифузійний процес

Від якості дифузійного соку, що отримується, залежить ефективна робота усіх технологічних відділень виробництва (очищення, згущення, кристалізацію) а також вихід та якість готової продукції. Тому процесу екстрагування сахарози приділяють особливу увагу.

Якість дифузійного соку формується під впливом сукупності різноманітних факторів, серед яких вирішальну роль відіграють властивості сировини, що надходить на переробку.

1. Якість та хімічний склад цукрових буряків є основоположним чинником у забезпеченні отримання дифузійного соку з високими показниками якості. Хімічний склад буряків значною мірою залежить від кліматичних умов вирощування, а також від дотримання або порушення вимог агротехніки. Так, буряки, вирощені в умовах посушливих років і за надмірного внесення азотних добрив, характеризуються підвищеним вмістом органічних нецукрів, зокрема амінного азоту. Наявність значної кількості органічних нецукрів негативно впливає на чистоту дифузійного соку, знижуючи його технологічну цінність.

Для буряків, вирощених у роки з підвищеною кількістю опадів, типовим є збільшений вміст розчинної золи. Висока зольність коренеплодів може бути зумовлена також застосуванням великих доз мінеральних добрив, особливо при їх внесенні у весняний період, а також за умов недостатньої густоти посівів. Напівпродукти, отримані під час переробки таких буряків, зазвичай мають знижену чистоту, що негативно позначається на подальших стадіях технологічного процесу.

Погіршення якості дифузійного соку спостерігається і під час переробки зіпсованих буряків, зокрема підморожених, загнилих або уражених мікробіологічними процесами. Такі буряки відрізняються підвищеним

вмістом редукуючих речовин, а також значною кількістю високомолекулярних сполук, зокрема декстрану та пектинових речовин, які під час екстрагування переходять у дифузійний сік. Зазначені компоненти не лише знижують якість дифузійного соку, але й суттєво ускладнюють процеси відокремлення фільтраційного осаду та погіршують умови фільтрування.

У разі переробки псованих буряків процес знецукрення стружки доцільно проводити за зниженої температури, підтримуючи її на рівні близько 65 °С у середній зоні дифузійного апарата. При цьому тривалість процесу знесахарювання повинна бути максимально скороченою. Для забезпечення належної транспортної здатності стружки рекомендується використовувати стружку збільшеної товщини, що сприяє стабільнішій роботі дифузійного обладнання.

2. Якість та геометричні параметри бурякової стружки, що отримується в процесі різання, мають суттєвий вплив на ефективність подальшого знецукрення, величину залишкового вмісту цукру в жомі, а також на показники якості дифузійного соку. Дані характеристики значною мірою визначаються властивостями буряків, що надходять на переробку, і пов'язані з кількістю клітин, які зазнають механічних ушкоджень під час різання коренеплодів. Чим більша кількість пошкоджених клітин, тим інтенсивніше у сік переходять нецукрові компоненти, що негативно відбивається на його чистоті.

Найбільш сприятливою для процесу дифузії вважається бурякова стружка, яка має правильну геометричну форму та відповідає встановленим технологічним вимогам, а саме:

- квадратну або ромбоподібну форму поперечного перерізу;
- довжину, за якої 100 г стружки становить 10–15 м;
- шведський фактор, що характеризується співвідношенням маси стружки довжиною понад 5 см до маси часток довжиною менше 1 см, не нижчий за 8;

- вміст шлюбу (нерозрізаної та надмірно тонкої стружки завдовжки менше 0,5 см) не більше 3 % від загальної маси.

3. Присутність зеленої маси у буряках, які надходять на переробку, негативно впливає на якість дифузійного соку, причому ступінь цього впливу прямо пропорційний її кількості. Встановлено, що збільшення вмісту зеленої маси в буряках на 1 % зумовлює зниження чистоти дифузійного соку приблизно на 1 %, що погіршує його технологічні характеристики та ускладнює подальшу переробку.

4. Температурний режим процесу екстрагування є одним із визначальних чинників формування якісних показників дифузійного соку. Для досягнення нормативних технологічних параметрів необхідно нагріти бурякову стружку до температури денатурації білків, яка становить 65–67 °С, та підтримувати температуру активної екстракції в межах 72–75 °С. Підвищення температури понад оптимальні значення призводить до інтенсифікації гідролізу пектинових речовин і їх переходу в сік, що негативно позначається на його якості. Для забезпечення стабільного перебігу процесу екстрагування важливим є швидке нагрівання стружки з подальшим витриманням її при оптимальній температурі.

У разі переробки зіпсованих буряків під час екстрагування доцільно підтримувати якомога нижчу температуру процесу, на рівні близько 62–65 °С. Це дозволяє зменшити перехід високомолекулярних сполук у дифузійний сік та запобігти різкому погіршенню його якісних показників.

5. Якість живильної води істотно впливає на формування показників дифузійного соку. Одним із найважливіших параметрів води, що використовується в дифузійних апаратах, є показник рН, оптимальне значення якого становить близько 5,5. За такого рівня кислотності кількість пектинових речовин, що переходять у дифузійний сік, майже вдвічі менша порівняно з умовами, коли рН дорівнює 6,0. Для процесу знецукрення бурякової стружки застосовується підкислена, очищена гаряча вода, яка не містить колоїдних

домішок та сполук, що не видаляються під час очищення соку вапном. Негативний вплив на перебіг дифузійного процесу має підвищена твердість води. Категорично не допускається використання лужної води, зокрема аміачних конденсатів без попереднього підкислення, оскільки в лужному середовищі зростає розчинність пектинових речовин буряка. Це призводить до погіршення умов відстоювання дифузійного соку та збільшення кількості фільтраційного осаду.

6. Тривалість активної стадії екстрагування повинна становити приблизно 60 хвилин. За більш тривалого перебігу процесу вихід сахарози з бурякової стружки дійсно підвищується, проте тривала термічна дія спричиняє розм'якшення клітинних стінок, унаслідок чого пектинові речовини інтенсивніше переходять у сік. Подальше подовження процесу знецукрення є недоцільним також через те, що в хвостовій зоні дифузійного апарата концентрація сахарози у стружці знижується до 1,5–2,0 %, а температура падає до 60–65 °С. За таких умов різко зростає витрата води на екстрагування, а також збільшуються невраховані втрати сахарози, зумовлені активним розвитком мікроорганізмів.

7. Підтримуване значення рН середовища є важливим фактором стабільності дифузійного процесу. Суміш соку та стружки в дифузійному апараті характеризується значною буферною здатністю, тому її рН лише незначною мірою залежить від кислотності живильної води. У дифузійному апараті самовільно встановлюється рН у межах 5,5–6,2, що відповідає значенню рН клітинного соку стиглих і здорових буряків. На накопичення пектинових та редукуючих речовин у хвостовій частині апарата істотно впливає саме рН живильної води, оскільки гідроліз протопектину та сахарози каталізується іонами H^+ і OH^- . Мінімальне утворення гідратопектину спостерігається при рН 5,5–6,5, а редукуючих речовин — за умов рН 6,5–7,5. Оптимальним для живильної води вважається діапазон рН 5,5–6,5, за якого перехід пектинових і редукуючих речовин у дифузійний сік є незначним.

8. Відбір дифузійного соку (його відкачування) визначає ступінь знецукрення бурякової стружки та безпосередньо впливає на величину залишкових втрат сахарози в жомі. З економічної точки зору оптимальним вважається рівень відбору дифузійного соку в межах 110–115 % від маси перероблюваних буряків, за якого вміст сахарози у віджатому жомі не перевищує нормативного значення 0,3 %. Кількість дифузійного соку, що підлягає відбору, розраховують на 100 кг буряків з використанням матеріального балансу за сахарозою, що дозволяє обґрунтувати раціональний режим роботи дифузійного апарата.

9. Інфікованість сокостружкової суміші є одним із факторів, що суттєво погіршує якісні показники дифузійного соку. Наявність мікроорганізмів створює сприятливі умови для інтенсивного розкладання сахарози, що негативно позначається на подальших етапах переробки. Обробка такого дифузійного соку супроводжується значними технологічними труднощами: утворений осад погано піддається фільтруванню, очищений сік характеризується підвищеною кольоровістю та збільшеним вмістом солей кальцію, а отриманий цукор-пісок має більшу каламутність і інтенсивніше забарвлення.

Для стримування розвитку мікрофлори необхідно застосовувати дезінфікуючі засоби як для обробки цукрових буряків, так і для санітарної обробки дифузійних апаратів. За умови дотримання оптимальних параметрів технологічного режиму невраховані втрати сахарози не перевищують 0,15 % від маси перероблюваних буряків. Порушення температурного режиму призводить до зростання цих втрат до 0,3–0,4 %. Підтримання оптимальної температури в дифузійному апараті створює умови, наближені до стерильних, оскільки при температурі 72–75 °С життєдіяльність аеробних мікроорганізмів практично припиняється.

З метою пригнічення розвитку мікрофлори в дифузійний апарат у точці, розташованій приблизно на одній третині активної довжини від місця подачі свіжої води, вводять антисептичні препарати. Періодичність їх подачі та дозування визначають експериментальним шляхом з урахуванням конкретних виробничих умов і ступеня мікробіологічного забруднення.

10. Повернення жомопресової води є фактором, який може негативно впливати на якість дифузійного соку, оскільки її чистота, як правило, нижча за чистоту клітинного та дифузійного соків. Разом з тим рециркуляція жомопресової води сприяє зниженню втрат сахарози у бурякопереробному відділенні, скороченню загального споживання води на заводі, зменшенню об'ємів стічних вод і, як наслідок, покращенню екологічної ситуації в зоні розташування підприємства.

11. Зміст мезги в дифузійному соку є негативним фактором і має бути мінімальним. За даними при вмісті мезги 10 г/дм³ дифузійний сік чистота очищеного соку знижується на 0,7-1,3%, а ефект очищення зменшується до 23-25%.

Встановлено, що залишковий вміст мезги у дифузійному соку після її видалення, не повинен перевищувати 20 мг на літр соку, що підвищує його чистоту на 0,2...0,5 % та знижує кольоровість соку на 20%.

1.2.Спосіб дифузійно-пресового вилучення сахарози з бурякової стружки

Відповідно до чинної технологічної схеми, буряковий сік отримують у процесі дифузії шляхом екстрагування бурякової стружки водою. Процес вилучення соку зі стружки цукрових буряків є одним із ключових етапів у технології виробництва цукру, оскільки саме на цій стадії формуються втрати сахарози з жомом, визначається якість дифузійного соку та, в кінцевому підсумку, забезпечується вихід і якість готової продукції, а також загальна ефективність функціонування підприємства. Разом з тим застосовуваний на

сьогодні дифузійний метод характеризується значним споживанням води: з кожних 100 кг бурякової стружки з дифузійного апарата відбирається близько 120 кг бурякового соку з масовою часткою цукру на рівні 15 %.

Окрім цього, для видалення надлишкової води з отриманого розчину за такої технології потрібні значні витрати теплової енергії. За нормативних параметрів ведення технологічного процесу на випарній установці необхідно випаровувати кількість води, що становить приблизно 100 % від маси перероблених буряків. Теоретично для випаровування 1 кг води витрачається близько 1 кг пари. Таким чином, на цукровому заводі з добовою продуктивністю 6 тис. т буряків виникає потреба у випаровуванні орієнтовно 6 тис. т води на добу.

Подальший розвиток цукрової галузі пов'язується зі зростанням виробничих потужностей підприємств до 9–12 тис. т буряків на добу. Наразі на заводах із продуктивністю переробки 3 тис. т буряків на добу застосовуються дифузійні апарати габаритами приблизно 4×22 м, на підприємствах із потужністю 6 тис. т/добу — апарати розміром 7×40 м, а на заводах із продуктивністю 9 тис. т/добу і більше використовуються дифузійні апарати ще більших габаритів. У зв'язку з цим одним з актуальних завдань є створення більш компактного обладнання з меншою метало- та енергоємністю.

За умови застосування методу пресування для вилучення соку з цукрових буряків, які містять у середньому близько 73 % води та 17,5 % сахарози, рідку фазу можна відокремити безпосередньо за допомогою преса. Твердий залишок у вигляді віджатого осаду при цьому може бути направлений на доекстрагування в дифузійний апарат значно менших розмірів порівняно з традиційними дифузійними установками.

Дифузійно-пресовий спосіб вилучення сахарози з бурякової стружки передбачає зменшення залишкового вмісту цукру в знецукрованій стружці до рівня 2,0–2,5 % від її маси шляхом зниження відбору дифузійного соку до 105–

110 % від маси стружки. Це створює можливість для подальшого додаткового вилучення сахарози за рахунок глибокого пресування знецукрованої бурякової стружки до досягнення залишкового вмісту сахарози на рівні 1,0–1,5 %.

Відомим є дифузійний метод вилучення сахарози, що міститься в буряковому соку, за яким коренеплоди цукрових буряків подрібнюють на стружку та піддають подальшій протиточній обробці гарячою водою. У результаті такої обробки практично вся сахароза, а також певна частина розчинених нецукрових компонентів клітинного соку переходять у водне середовище, тобто дифундують у екстрагент. При цьому концентрація сахарози та нецукрів у буряковій стружці поступово зменшується, тоді як у воді вона відповідно зростає. Процес дифузії розчиненої сахарози та нецукрових речовин із клітинного соку відбувається під дією градієнта концентрацій, який підтримується завдяки організації протитечії протягом усього часу проведення процесу.

Дифузійне вилучення сахарози реалізується в апаратах безперервної дії різних конструктивних типів, зокрема похилих, колонних та ротаційних. У результаті дифузійного знецукровування бурякової стружки отримують дифузійний сік, чистота якого, як правило, перевищує чистоту бурякового (клітинного) соку, а також свіжий жом, тобто знецукровану бурякову стружку з залишковим вмістом сахарози, що не перевищує встановлених нормативних значень.

Найбільш близьким за технічною суттю рішенням є дифузійний спосіб вилучення сахарози з бурякової стружки, який передбачає її протиточне знецукровування екстрагентом, до складу якого, окрім очищеної природної води, входить жомопресова вода. Остання утворюється внаслідок пресування бурякової стружки, знецукрованої до нормативного рівня втрат сахарози, що сприяє підвищенню чистоти одержуваного дифузійного соку.

Співвідношення між чистою водою та жомопресовою водою в складі екстрагенту змінюється залежно від ступеня пресування знецукрованої бурякової стружки. Глибина пресування, яка характеризується вмістом сухих речовин у стружці після віджимання, визначається типом жомових пресів, що експлуатуються на підприємстві (наприклад, «GH-2», «Babbini», «Stord» та ін.). При цьому кількість жомопресової води, що повертається у складі екстрагенту, може змінюватися в широких межах і становити від 30 до 70 % від маси перероблюваної сировини, тобто бурякової стружки.

До основних недоліків дифузійного способу вилучення сахарози з бурякової стружки, незалежно від того, здійснюється процес із поверненням жомопресової води чи з використанням виключно чистої (у тому числі природної) води, слід віднести необхідність значних витрат екстрагента. Для досягнення нормативної повноти вилучення сахарози та забезпечення регламентованих втрат цукру у свіжому жомі витрата води суттєво перевищує масу клітинного соку, що міститься у буряковій стружці. Це, у свою чергу, зумовлює підвищення відбору дифузійного соку, тобто збільшення його відкачування, що неминуче призводить до зниження чистоти соку. Чим вищий ступінь знецукрення стружки та більший об'єм відібраного дифузійного соку, тим інтенсивніше в нього переходять нецукрові речовини клітинного соку та клітинних тканин бурякової стружки.

На завершальній стадії дифузійного процесу інтенсивність переходу нецукрів у сік значно зростає, що проявляється у зниженні його чистоти, яка в окремих випадках може бути істотно нижчою за чистоту клітинного соку бурякової стружки. Підвищений вміст нецукрових компонентів у дифузійному соку негативно впливає на перебіг усіх наступних технологічних операцій, погіршуючи якість очищеного соку та збільшуючи витрати виробничих матеріалів, необхідних для вапняно-вуглекислотного очищення, а також витрати палива на подальше згущення соку.

Досягнення позитивного технічного результату забезпечується застосуванням дифузійно-пресового способу вилучення сахарози з бурякової стружки. Даний метод передбачає протиточне дифузійне вилучення сахарози з подальшим пресуванням знецукрованої бурякової стружки та поверненням води, отриманої в процесі пресування, на стадію дифузії. При цьому процес екстрагування сахарози протиточною дифузією обмежується таким режимом, за якого залишковий вміст сахарози у знецукреній стружці становить 2,0–2,5 % від її маси. Це досягається шляхом зменшення відбору дифузійного соку до 105–110 % від маси бурякової стружки, що створює умови для подальшого додаткового вилучення сахарози з безцукрової стружки методом глибокого пресування.

У результаті пресування знецукреної бурякової стружки досягається вміст сухих речовин на рівні 22–26 %, а залишковий вміст сахарози у пресованому жомі знижується до 1,0–1,5 %. Реалізація зазначеного способу здійснюється таким чином (рис. 1.1): бурякова стружка, отримана внаслідок різання коренеплодів цукрових буряків, подається у «головну» частину дифузійного апарата (поз. 1) і за допомогою транспортуючих пристроїв переміщується назустріч потоку екстрагента, який являє собою суміш жомопресової та конденсатної води і подається у «хвостову» частину дифузійного апарата.

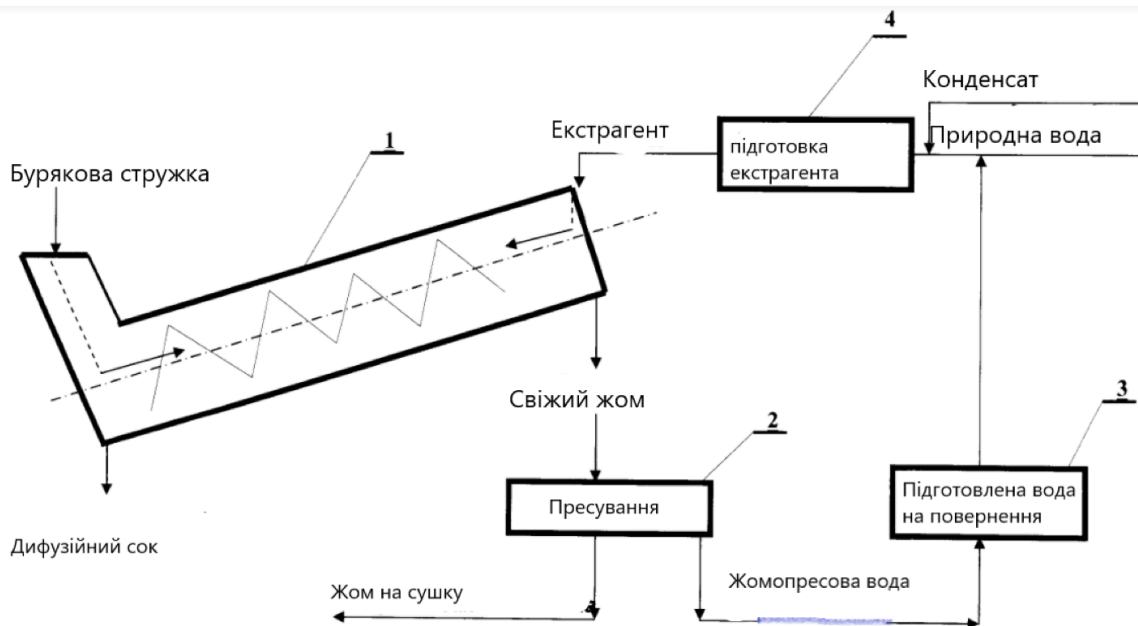


Рис.1.1. Схема дифузійно-пресового вилучення сахарози з бурякової стружки

Перед подачею в дифузійний апарат екстрагент піддається попередньому нагріванню до заданої температури та обробляється сірчистим газом для встановлення необхідного значення рН (поз. 4). У процесі протиточного руху бурякової стружки та екстрагента дифузійне вилучення завершують на стадії отримання екстракту з чистотою, що не поступається чистоті клітинного соку, коли залишковий вміст сахарози у знецукрованій стружці (свіжому буряковому жому) складає 2,0–2,5 % від її маси. Дифузійний сік, який відбирають із апарата, має чистоту, що перевищує чистоту клітинного соку на 1,0–1,5 % (абсолютних), при цьому забезпечується ефект очищення за рахунок менш інтенсивного переходу нецукрів із клітин тканини бурякової стружки, що становить щонайменше 10 %.

Свіжий буряковий жом, що вивантажується з апарата, направляється на пресування (поз. 2) для часткового механічного зневоднення, де він досягає вмісту сухих речовин 22–26 % при залишковому вмісті сахарози 1,0–1,5 % від маси жому, що відповідає 0,3–0,35 % у перерахунку на масу бурякової стружки. Жомопресована вода, отримана на цьому етапі, спеціально обробляється (поз. 3) перед поверненням у дифузійний апарат.

Запропонований спосіб вилучення сахарози з бурякової стружки складається з декількох етапів:

1. Протиточне дифузійне вилучення 87–88 % сахарози зі стружки, при якому на завершальній стадії отримується дифузійний сік з чистотою, не нижчою за чистоту клітинного соку, при відборі 105–110 % від маси бурякової стружки. Чистота дифузійного соку при цьому перевищує чистоту клітинного соку щонайменше на 10 % (ефект очищення – це частка нецукрів клітинного соку, що не перейшла в дифузійний сік, відносно маси нецукрів у клітинному соку, виражена у відсотках). Бурякова стружка знецукрюється до такої межі, при якій отриманий екстракт на останній стадії має чистоту не нижче чистоти клітинного соку.

2. Доотримання залишкової цукрози із знецукрованої стружки здійснюється шляхом пресування свіжого бурякового жому до концентрації сухих речовин у пресованому жомі 22–26 %, при залишковому вмісті сахарози, що не перевищує 0,3 % у перерахунку на масу бурякової стружки.

Встановлено, що перевищення рівня вилучення сахарози дифузиею понад 87–88 % призводить до зниження чистоти дифузійного соку нижче чистоти клітинного соку бурякової стружки.

Метод дифузійно-пресового вилучення сахарози з бурякової стружки передбачає протиточне екстрагування цукру зі стружки з подальшим пресуванням безцукрової стружки та поверненням води, отриманої після пресування, у дифузійний апарат. Особливістю цього способу є те, що вилучення сахарози протиточною дифузиею обмежується залишковим вмістом цукру в безцукровій стружці на рівні 2,0–2,5 % від її маси. Це досягається шляхом зменшення обсягу відбору дифузійного соку до 105–110 % від маси бурякової стружки, що, у свою чергу, дозволяє додатково отримати сахарозу з безцукрової стружки за допомогою її пресування до вмісту сухих речовин 22–26 % та залишкового вмісту сахарози в пресованій знецукрованій стружці 1,0–1,5 %.

2. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ТА СОЦІАЛЬНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

Цукрова промисловість є однією з найважливіших галузей харчової промисловості, що забезпечує населення соціально значущим продуктом харчування. Ефективність переробки цукрових буряків багато в чому залежить від роботи пресового обладнання, призначеного для віджимання жому та відділення соку. У зв'язку з фізичним та моральним зносом існуючих пресів виникає необхідність їх удосконалення з метою підвищення продуктивності та зниження експлуатаційних витрат.

Проект удосконалення пресу глибокого віджиму передбачає модернізацію його конструктивних елементів, впровадження більш ефективної системи віджиму, а також використання сучасних матеріалів із підвищеною зносостійкістю. Це дозволить збільшити рівень вилучення сахарози з жому, скоротити втрати сировини та знизити питомі енерговитрати на одиницю продукції.

З технічної точки зору модернізація преса забезпечить підвищення надійності обладнання, зниження простоїв, пов'язаних із ремонтом та обслуговуванням, а також покращення стабільності технологічного процесу. Збільшення продуктивності преса дозволить переробляти більший обсяг сировини без розширення виробничих площ, що особливо важливо за умов сезонної роботи цукрових заводів.

Економічна ефективність проекту виражається у зниженні собівартості цукру за рахунок зменшення витрат сахарози, скорочення витрат на електроенергію та ремонт обладнання. Додатковий економічний ефект досягається рахунок підвищення виходу побічної продукції — жому, який можна використовувати як корм для тварин чи реалізований набік. У результаті термін окупності витрат на вдосконалення преси є відносно коротким, що робить проект економічно доцільним.

Соціальне значення проекту полягає у покращенні умов праці персоналу за рахунок підвищення рівня автоматизації та зниження ручної праці. Модернізоване обладнання має більш високий рівень промислової безпеки, що знижує ризик травматизму та професійних захворювань. Крім того, підвищення ефективності роботи заводу сприяє його стійкому функціонуванню, збереженню робочих місць та стабільності соціально-економічної ситуації у регіоні.

Таким чином, удосконалення преса на цукровому заводі є технічно обґрунтованим, економічно вигідним та соціально значущим заходом, спрямованим на підвищення конкурентоспроможності підприємства та ефективності цукрового виробництва загалом.

3. ХАРАКТЕРИСТИКА ВХІДНОГО МАТЕРІАЛУ І ГОТОВОЇ ПРОДУКЦІЇ

Склад сухих речовин бурякового жому представлений наступними компонентами: целюлоза – 22–25 %, геміцелюлоза – 21–23 %, азотисті речовини – 1,8–2,5 %, зола – 0,8–1,3 %, лігнін – 14–17 %. Ці характеристики жому як цінної сировини визначають його основне призначення – використання у годівлі сільськогосподарських тварин. За поживністю жом займає середнє положення між традиційними кормами, такими як овес і лугове сіно, при цьому він містить у 1,5 раза більше легкозасвоюваних безазотистих сполук. За своєю будовою жом являє собою складну колоїдно-капілярно-пористу масу. Найбільш доцільним методом його консервування є сушіння.

Під час сушіння відбувається коагуляція колоїдних зв'язків, деформація клітинних оболонок і зменшення початкового об'єму сировини. Кінцева вологість висушеного жому зазвичай становить 12–14 %. Якщо вологість опускається нижче 10 %, жом стає ламким, легко кришиться і перетворюється на порошок під час сушіння або транспортування, що спричиняє значні втрати сировини. Пересушений жом також погано піддається грануляції. При вологості понад 14 % можливий розвиток мікроорганізмів під час зберігання, що негативно впливає на якість жому і продуктів із нього, приводячи до псування.

Висушений жом утворює сипучу масу часток неправильної, подовженої форми, зумовленої конфігурацією бурякової стружки. Розмір часток сушеного жому варіює від 20 до 70 мм, причому найдрібніші частки схильні до злипання. За дисперсністю його відносять до грубодисперсних порошків, у яких площа контакту між частками незначна, що зменшує їх взаємодію. Ці властивості визначають жом як колоїдне капілярно-пористе тіло, що містить абсорбційно зв'язану вологу і здатне поглинати або віддавати її залежно від відносної

вологості повітря до досягнення рівноваги. Кількість сушеного жому становить приблизно 5 % від маси буряка.

Дослідження показали, що хімічний склад бурякового жому та кукурудзяних стержнів дозволяє їх використання для виробництва волокнистих напівфабрикатів (ВНФ), з яких можна отримувати різні види паперу, зокрема пакувальний папір для текстильних матеріалів або обгортковий папір.

Таблиця 3.1. Характеристики сировини

Назва	Од. виміру	Величина
Цукровміст буряка	%	14,0
Втрати цукрози в жомі, до	%	0,3
Довжина 100 г навіски стружки	м	10...12
Кількість відкачування дифузійного соку до маси буряків	%	120
Температура соку, t_0	°C	74
Вміст СР у віджатому жомі	%	18
Температура жому на виході з апарата, $t_{ж}$	°C	65
Температура води жомопресової, $t_{жп}$	°C	72...74
Температура води аміачної	°C	65

4. ОПИС ЗАПРОПОНОВАНОГО ТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ, ПРИНЦИП РОБОТИ ОБЛАДНАННЯ

Результативність роботи бурякопереробного відділення цукрового заводу значною мірою визначається застосовуваною технологією отримання дифузійного соку та ефективністю його подальшого очищення. Нинішній рівень розвитку техніки і технологічних процесів у вітчизняному цукровому виробництві не забезпечує повної та раціональної екстракції сахарози з цукрових буряків, високої ефективності вапняно-вуглекислотного очищення соку, а також комплексного використання побічних продуктів переробки, зокрема жому та патоки. Унаслідок цього знижується ресурсна й енергетична ефективність виробництва та зростають питомі витрати.

Подолання зазначених недоліків можливе шляхом удосконалення діючих технологічних схем і впровадження новітніх інноваційних рішень у процес переробки цукрових буряків. Сучасні концепції екстрагування сахарози передбачають застосування більш досконалих методів обробки вторинних продуктів, зокрема використання глибокого пресування жому з метою підвищення повноти вилучення цукру та загальної ефективності технологічного процесу.

Інноваційний підхід до екстрагування сахарози включає глибоке пресування жому (рис.4.1).

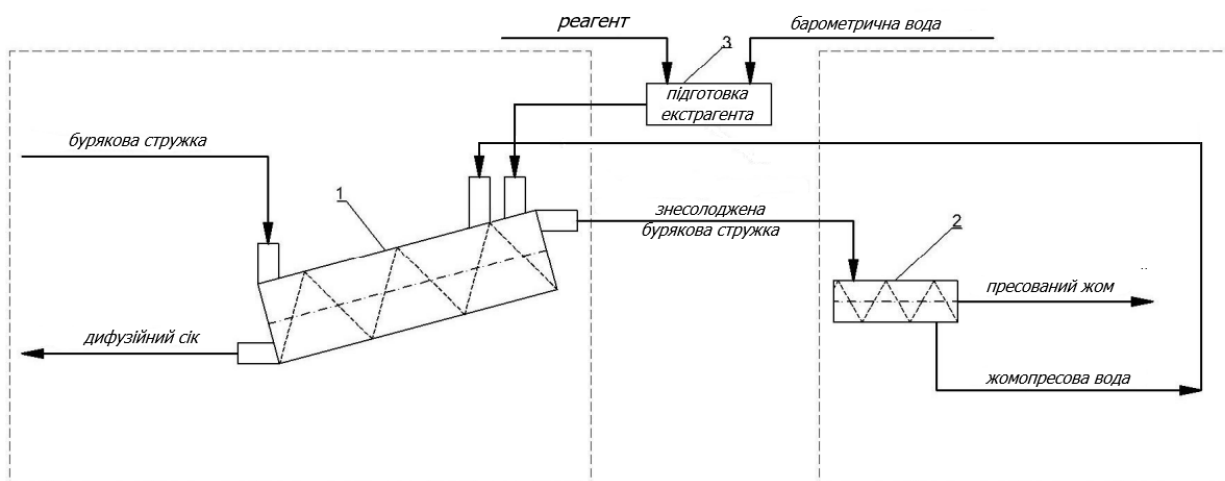


Рис. 4.1. Схема дифузійно-пресової технології екстрагування сахарози з бурякової стружки:

1 – дифузійна установка; 2 – прес; 3 – екстрагент

Проведений аналіз науково-технічних і літературних джерел свідчить, що на ефективність процесу пресування свіжого бурякового жому визначальний вплив мають такі чинники, як початкова масова частка вологи в жомі, величина прикладеного тиску під час пресування, тривалість перебування матеріалу під дією цього тиску, а також температурний стан пресованої сировини.

В основу запропонованої модернізації покладено завдання поліпшення структурно-механічних характеристик свіжого жому, що у підсумку забезпечує збереження цілісності його структури в процесі пресування, зменшує інтенсивність переходу нецукрів у жомопресову воду та сприяє отриманню екстрагенту, дифузійного і очищеного соків високої якості. Реалізація такого підходу в кінцевому результаті дозволяє досягти зниження енерговитрат на технологічні потреби виробництва.

Поставлена мета досягається шляхом застосування способу дифузійно-пресового вилучення сахарози з бурякової стружки в апаратах похилого та колонного типу, який передбачає екстрагування сахарози із стружки методом

протитечійної дифузії з подальшим пресуванням частково знецукреної бурякової стружки та поверненням отриманої жомопресової води у дифузійний процес (рис. 4.2).

Відповідно до запропонованого технічного рішення модернізація полягає у створенні спеціального пристрою, призначеного для підвищення ступеня зневоднення свіжого жому у вертикальній завантажувальній шахті двошнекового горизонтального преса глибокого віджиму з подальшим поверненням жомопресової води до дифузійного апарату (рис. 4.3, рис. 4.4).

Додаткове попереднє зневоднення бурякової стружки сприяє збільшенню вмісту сухих речовин у ній, що позитивно позначається на ефективності самого процесу пресування. У результаті максимально зневоднений пресований жом після преса направляється на стадію сушіння, де він обробляється тепловим агентом і висушується з мінімальними питомими витратами енергії.

Технічний ефект від впровадження запропонованого способу полягає у покращенні структурно-механічних властивостей бурякової стружки, зниженні втрат сахарози з жомом, скороченні тривалості процесів екстрагування та пресування, підвищенні ступеня зневоднення відпрацьованої стружки та забезпеченні отримання дифузійного соку з високими якісними показниками.

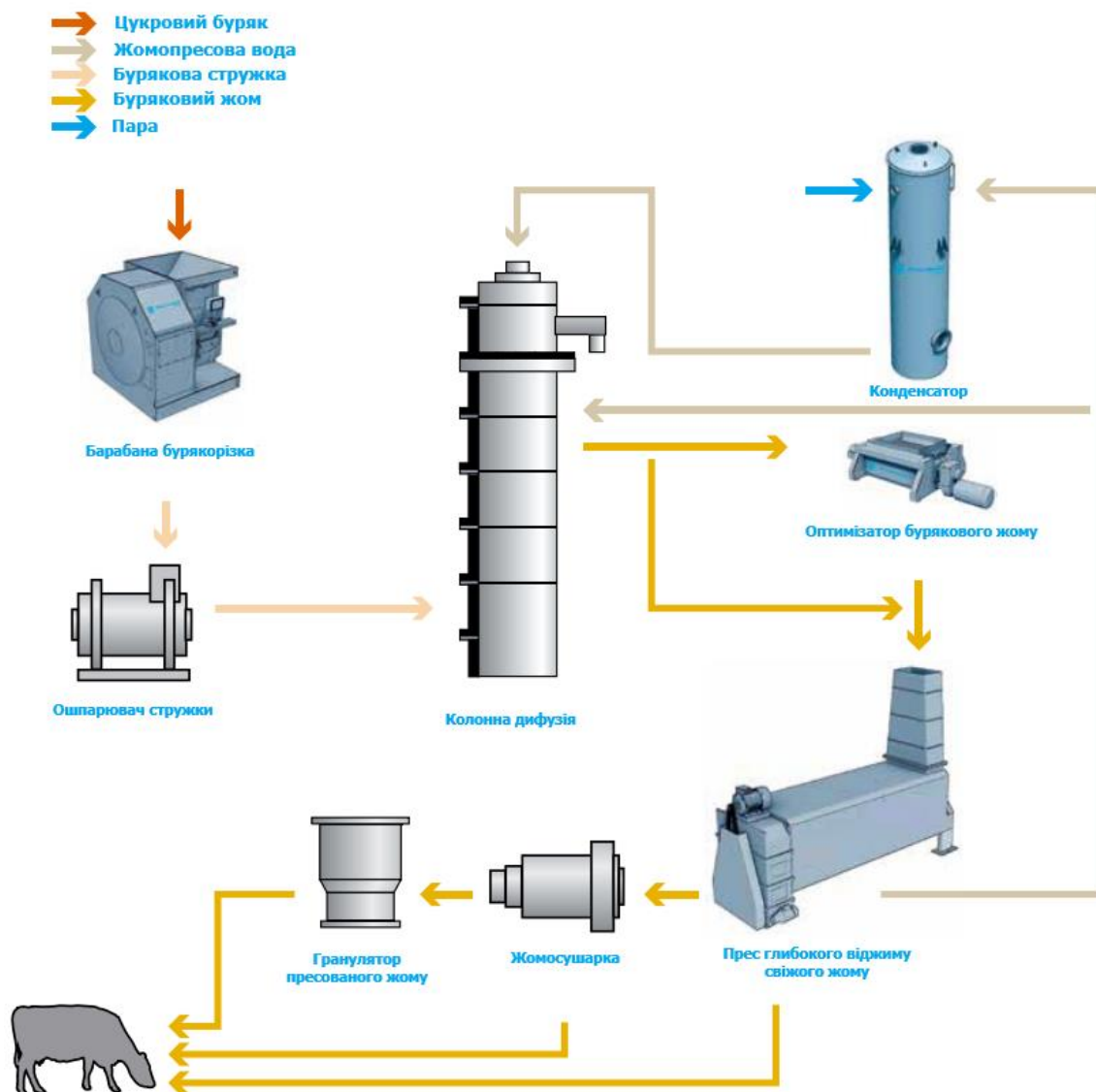


Рис. 4.2. Дифузійно-пресова технологія вилучення сахарози із бурякової стружки в апаратах колонного типу

Енергоефективність методу заключається в зниженні відкачки дифузійного соку та енерговитрат на сушіння жому за рахунок зменшення використання водних ресурсів і збільшення ступеня віджимання жому на етапі пресування. Внаслідок цього збільшується кількість та якість жомопресової води, поліпшується екологічна ситуація навколо цукрового заводу.

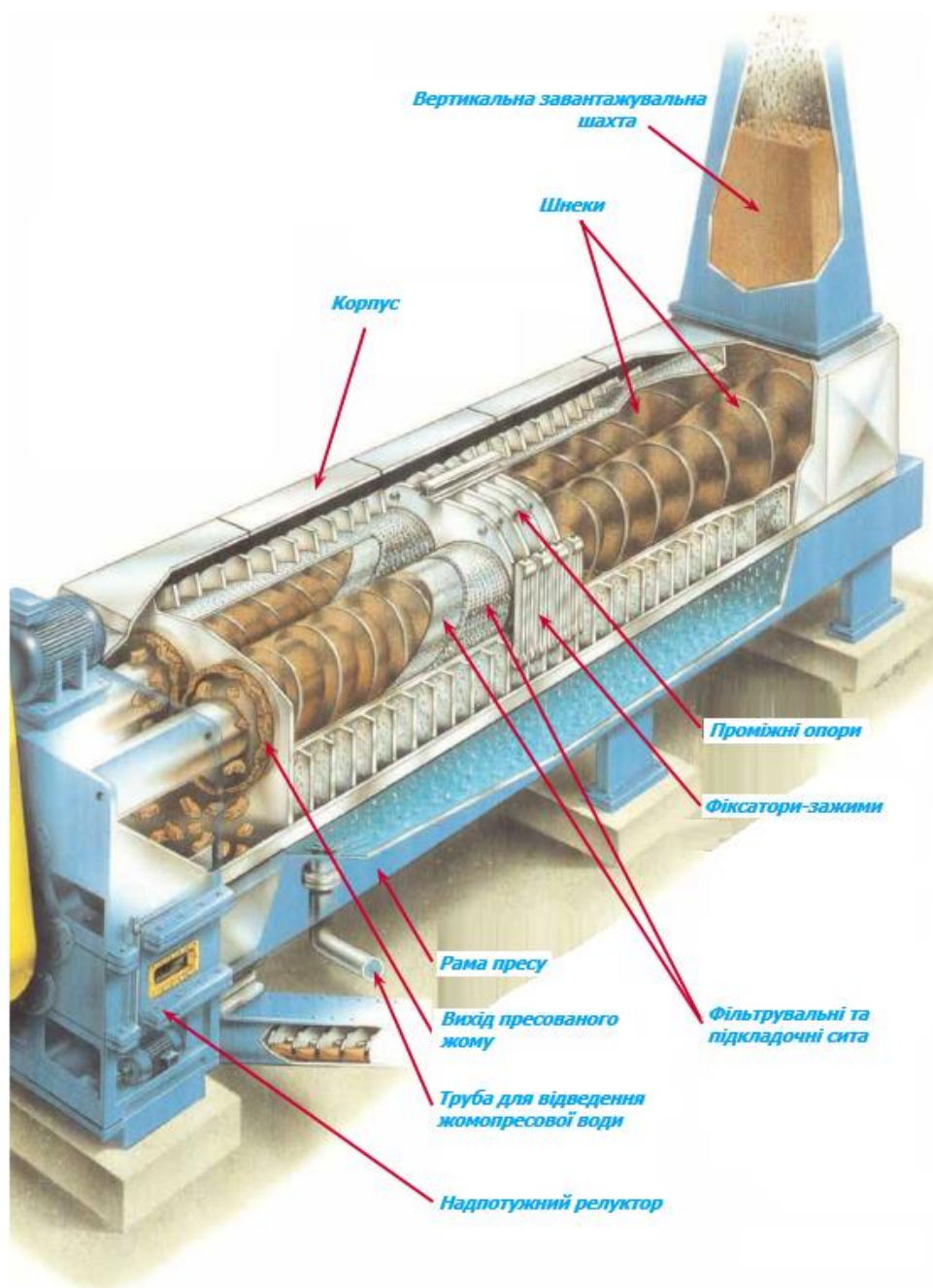


Рис. 4.3. Прес глибокого віджиму



Рис. 4.4. Завантажувальна шахта преса глибокого віджиму свіжого жому: зовнішній (А) та внутрішній (Б) вигляд системи додаткового відділення дифузійного соку з свіжого жому (1 – завантажувальна шахта; 2 – короб для відведення дифузійного соку; 3 – труба відведення дифузійного соку; 4 – перфорований короб)

У цукровій галузі широко використовують преси, призначені для віджимання сирого бурякового жому, його подальшого пресування, формування брикетів із висушеного жому, а також для виготовлення брусків рафінадного цукру.

Сирий жом, що вивантажується з дифузійних апаратів, характеризується дуже високим вмістом вологи – близько 73...94%, що значно ускладнює його транспортування та зберігання. Найбільша ефективність процесу пресування досягається за умови поєднання його з поверненням жомпресових вод у дифузійні апарати. Такий підхід дозволяє зменшити втрати цукру разом із водою, яка відводиться з дифузійних установок, а також істотно скоротити витрати свіжої води, необхідної для процесу дифузії.

Жом, який планується використовувати для безпосереднього та швидкого згодовування тваринам, зазвичай віджимають до вмісту сухих речовин на рівні 9...10%. У разі подальшого направлення жому в сушильне відділення його пресують до концентрації сухих речовин 15...20%.

Суха маса жому має невелику насипну щільність – у межах 150...250 кг/м³, що зумовлює потребу у складських приміщеннях значного об'єму для його зберігання. Під час транспортування такого продукту вантажопідйомність транспортних засобів використовується нерационально. Окрім цього, зберігання сухого жому насипом є проблематичним через його високу гігроскопічність. Зволожений жом, який зберігається товстим шаром, схильний до самозігрівання, що може призводити до його псування.

Підвищення щільності сухого жому, зменшення його здатності поглинати вологу та покращення умов транспортування досягається шляхом додаткового пресування. У результаті пресування жом формують у вигляді брикетів циліндричної або прямокутної форми висотою 20...40 мм. Діаметр циліндричних брикетів зазвичай становить 11...20 мм, а щільність спресованого жому досягає приблизно 750 кг/м³.

З метою зниження витрат палива, необхідного для сушіння жому, намагаються максимально збільшити ступінь віджимання вологи з нього. Проте експлуатаційна практика показує, що існує граничне значення тиску, після якого подальше збільшення зусилля не приводить до зростання кількості видаленої води. Більше того, надмірний ступінь віджиму на шнекових пресах

супроводжується підвищеними втратами сухих речовин разом із жомопресою водою, зниженням продуктивності пресового обладнання та зростанням питомих витрат енергії на процес пресування.

Отже, раціональний режим роботи пресів для віджимання сирого жому повинен визначатися з урахуванням максимальної ефективності сумісного функціонування пресового та сушильного відділень цукрового заводу.

Горизонтальний двошнековий прес типу «Babbini-22SP» (рис. 4.5) включає такі основні елементи: завантажувальний бункер 1, робочі шнеки 2, кришки 3, зубчасті передачі 4 і 5, масляний насос 6, редуктор 7, гідромуфту 8, електродвигун 9, ребра жорсткості 10, каркаси фільтрувальних сит 12 і 15, а також стяжні болти 13.

У горизонтальному корпусі преса паралельно розміщено два шнеки 2, а верхня частина корпусу закривається кришками 3. Як у корпусі, так і в кришках шнеків встановлені фільтрувальні сита 12 і 15, виготовлені з нержавіючої сталі. Отвори сит мають конічну форму з розмірами 3,9/5 мм, що забезпечує ефективне відведення жомопресової води.

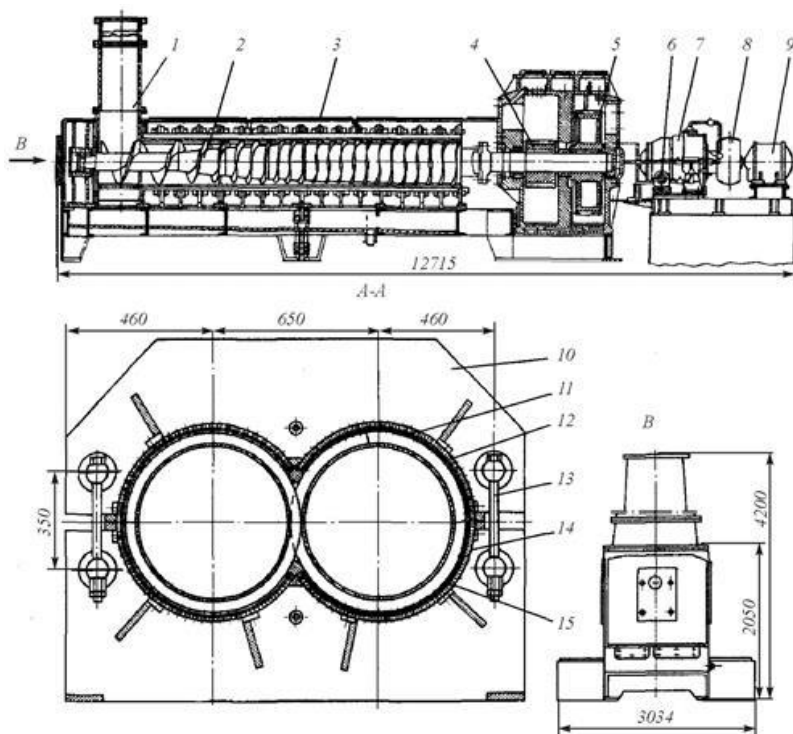


Рис. 4.5. Горизонтальний двошнековий прес «Babbini-22SP»

Конструктивне виконання шнеків забезпечує поетапне зневоднення жому: на початковій ділянці відбувається інтенсивне видалення основної частини вологи, що супроводжується істотним зменшенням об'єму матеріалу, а на наступних етапах транспортування жому тиск підвищується вже незначною мірою. При цьому співвідношення об'ємів початкової та кінцевої міжвиткових порожнин шнека становить приблизно 7:1.

Швидкість обертання шнеків регулюється за допомогою гідромфти 8 у діапазоні від 1,45 до 3,00 об/хв. Зміна частоти обертання безпосередньо впливає на основні експлуатаційні показники преса, зокрема на його продуктивність, масову частку сухих речовин у віджатому жомі, а також на питомі витрати електроенергії.

Ефективність роботи пресового обладнання значною мірою визначається рівномірністю подачі жому в зону пресування. За умов недостатнього або нерівномірного завантаження преса відбувається зниження якості віджиму, що проявляється у зменшенні вмісту сухих речовин у відпресованому жомі до значень нижчих за 22%.

5. ВИБІР КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Вимоги до харчового обладнання

Обладнання, що використовується у харчовій промисловості, повинно забезпечувати стабільно високу якість готової продукції та не втрачати продуктивності протягом усього терміну експлуатації. При цьому енергоємність і металоємність конструкцій мають бути якомога меншими, а ремонтпридатність – максимальною. Машини та апарати проєктуються з урахуванням вимог ергономіки та екологічної безпеки. Конструктивне виконання не повинно бути надмірно ускладненим, оскільки це може негативно впливати на надійність роботи, а процеси обслуговування та експлуатації мають бути безпечними для обслуговуючого персоналу.

Гігієнічні вимоги

Незважаючи на різноманіття технологічних процесів харчового виробництва, їх об'єднує спільна особливість – на виході отримуються продукти, призначені для споживання людиною, часто без подальшої термічної або іншої обробки. З огляду на це, обладнання для харчової галузі повинно суворо відповідати чинним санітарно-гігієнічним нормам. Необхідно забезпечувати високий рівень чистоти, регулярне проведення профілактичних заходів, запобігання розвитку мікрофлори та надійний захист здоров'я споживачів.

У зв'язку з цим, елементи та вузли обладнання повинні:

- забезпечувати збереження біологічної цінності сировини та не погіршувати її смакові й органолептичні властивості;
- не створювати сприятливого середовища для розвитку мікроорганізмів і не містити компонентів, здатних переходити у готову продукцію;
- мати гладкі, відполіровані внутрішні поверхні без мікропор, щілин і важкодоступних зон, легко очищатися, митися та піддаватися дезінфекції;
- бути хімічно стійкими до дії кислот і лугів, що застосовуються під час

мийки та санітарної обробки;

- у процесі експлуатації надійно захищати сировину від забруднень, які можуть надходити з навколишнього середовища.

Конструктивні вимоги

Харчове обладнання має конструюватися таким чином, щоб персонал мав зручний і безперешкодний доступ до всіх вузлів для виконання санітарної обробки, технічного обслуговування та ремонтних робіт. У готову продукцію не допускається потрапляння металевого пилу, що утворюється внаслідок зносу деталей, мастильних матеріалів або сторонніх предметів. Для цього всі з'єднання та кріплення складальних одиниць повинні відзначатися високою надійністю. На поверхнях деталей, які контактують із сировиною або напівфабрикатами, не допускається утворення корозії.

Технологічні вимоги

Машини та технологічні агрегати повинні забезпечувати своєчасну обробку сировини відповідно до встановлених технологічних регламентів. Не допускається такий вплив на продукт, за якого зміна його фізико-хімічних або структурних показників перевищує нормативно допустимі значення.

Важливу роль відіграє узгодженість окремих машин із загальним рівнем автоматизації та модульної побудови обладнання виробничого цеху. Агрегати мають добиратися таким чином, щоб їхні технічні та експлуатаційні характеристики були взаємоузгодженими. За таких умов забезпечується мінімізація витрат енергоносіїв і сировини, а ефективність праці обслуговуючого персоналу досягає максимально можливого рівня.

Матеріали, що застосовуються

Обладнання харчової промисловості експлуатується в специфічних умовах, оскільки робоче середовище часто є корозійно-активним. У процесі роботи регулярно використовуються мийні та дезінфекційні розчини, спостерігаються підвищені температури та значні перепади тиску. З огляду на це всі елементи обладнання повинні витримувати фізичні, хімічні та термічні

впливи в межах, передбачених умовами експлуатації, одночасно відповідаючи санітарно-гігієнічним вимогам. Саме тому до вибору матеріалів для виготовлення агрегатів висуваються підвищені та спеціалізовані вимоги.

Органи охорони здоров'я, що здійснюють комплексну експертизу матеріалів харчового устаткування, контролюють дотримання низки обов'язкових умов. Зокрема, матеріал повинен відповідати технологічному призначенню та забезпечувати виконання конкретної операції з обробки продукту. Він має бути хімічно нейтральним по відношенню до сировини, так само як і продукт не повинен негативно впливати на матеріал. Крім того, матеріал зобов'язаний бути безпечним для здоров'я людини.

Внутрішні поверхні сушильної установки перебувають у постійному контакті з вологою кукурудзяною мезгою, що обумовлює підвищені вимоги до їх зносо- та корозійної стійкості. Зносостійкість сталей у вологому твердому середовищі при навантаженнях до 80 кгс/мм² може бути підвищена шляхом гартування з високим відпуском, а при більших навантаженнях – гартуванням із низьким відпуском. Підвищення зносостійкості чавунів досягається шляхом збільшення твердості за рахунок зміцнювальної термічної обробки. Одним із найбільш ефективних способів підвищення зносостійкості є цементация сталей із подальшим гартуванням та низьким відпуском.

За таких умов експлуатації найбільш зносостійкою та економічно доцільною парою тертя вважається поєднання «сталь – чавун». Найінтенсивніший знос деталей спостерігається в зонах з максимальною відносною швидкістю руху робочого середовища, особливо в ділянках вихрових або кавітаційних явищ. До елементів, які найбільше піддаються такому впливу, належать лопаті апарата.

Отже, при виборі конструкційних матеріалів були використані матеріали, дозволені до застосування органами Держсаннагляду МОЗ України, які забезпечують необхідну довговічність обладнання та економічну доцільність його експлуатації. Поділ металів за рівнем стійкості на дві групи

не пов'язаний безпосередньо з їх механічними характеристиками, а лише свідчить про те, що зносостійкість у робочому середовищі переважно визначається антикорозійними властивостями, тоді як показники міцності мають другорядне значення.

Матеріали корпусу апарата, який контактує із продуктом – корозієстійка високолегована сталь 12X18H10T – ДСТУ 12358:2004. Переваги цієї сталі в тому, що вона стійка в агресивних середовищах при контактуванні з продуктами (лужному, кислотному) та її дозволено використовувати в харчовій промисловості.

Всі прокладки виготовлені з пароніту ПОН 2 – ДСТУ ГОСТ 30765:2003. Болти, гайки, шайби будуть стандартні з сталі 35 – ДСТУ 2651-94.

Таблиця. 5.1. Перелік матеріалів, що використані в апараті та дозволені Держнаглядом

Матеріал, марка	Стандарт
Сталь вуглецева звичайної якості марок: Ст 3, ВСт3кп, ВСт3сп	ДСТУ 2651-94 ДСТУ 2651-94 ДСТУ 2651-94
Сталь вуглецева якісна конструкційна: 35, 45	ДСТУ 7809:2015
Сталі високолеговані та корозійностійкі: 12X18H10T	ДСТУ 12358:2004

6. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

Технологічні розрахунки.

Розрахунок маси віджатого жому

Пресований жом містить: буряковий жом (5 кг) і близько 0,5 кг цукру та нецукрі, тобто. всього близько 5,5 кг сухої речовини на 100 кг переробленого буряка. Маса жому при вмісті сухої речовини 16% відповідно становить:

$$m_{жс} = (5,5 \cdot 100) / 16 = 34 \text{ кг.}$$

Маса соку становить у віджатому жомі:

$$m_c = 34 - 5 = 29 \text{ кг.}$$

Маса жомопресової води:

$$m_{жсп} = 80 - 34 = 46 \text{ кг.}$$

Кількість води що потребує дифузія знайдемо з матеріального балансу апарата (рис. 6.1.), складеного на 100 кг перероблюваної стружки.

$$G_H + W_H = W_K + G_K$$

$$100 + (x + 46) = 120 + 80$$

$$x = 120 + 80 - 100 - 46 = 54 \text{ кг}$$

де G_H – маса стружки, кг;

W_H – маса води, (аміачна і жомопресова).

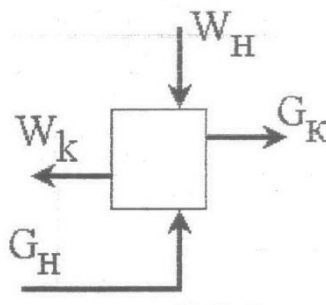


Рис. 6.1. Кількість води, що потребує дифузія

W_k – маса відкачуваного соку;

G_k – маса жому, що вивантажується з апарату.

Таким чином, для жомової води в кількості 46кг на 100 кг стружки необхідно 54кг аміачної води.

Загальний тепловий розрахунок апарату

Для визначення кількості теплоти процесу дифузії додають тепловий баланс апарату на 100 кг тріски.

Надходження тепла:

1) бурякова стружка: 100 кг температурою 10°C та теплоємністю $3,771 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг}$

$$k \cdot Q_{стр} = 100 \cdot 10 \cdot 3,771 \cdot 10^3 = 3,78 \cdot 10^6 \text{ Дж},$$

2) вода жомопресова: 46 кг температурою 75°C та теплоємністю $4,19 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг}$

$$k \cdot Q_{жв} = 46 \cdot 75 \cdot 4,19 \cdot 10^3 = 14,26 \cdot 10^6 \text{ Дж},$$

3) вода аміачна: 55 кг температурою 65°C та теплоємністю $4,19 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг}$

$$k \cdot Q_{ам.в} = 55 \cdot 65 \cdot 4,19 \cdot 10^3 = 14,74 \cdot 10^6 \text{ Дж}.$$

Витрати тепла:

1) сік дифузійний: 120 кг температурою 75°C та теплоємністю $3,771 \cdot 10^3 \text{ Дж/кг}$

$$k \cdot Q_c = 120 \cdot 75 \cdot 3,771 \cdot 10^3 = 33,49 \cdot 10^6 \text{ Дж},$$

2) жом: 80 кг температурою 64°C та теплоємністю $4,19 \cdot 10^6 \text{ Дж/кг}$:

$$k \cdot Q_{ж} = 80 \cdot 65 \cdot 4,19 \cdot 10^3 = 21,79 \cdot 10^6 \text{ Дж}.$$

Баланс:

$$\underline{Q_{стр}} + \underline{Q_{жв}} + \underline{Q_{ам.в}} + x = \underline{Q_c} + \underline{Q_{ж}} \quad ||$$

$$x = \underline{3,78 \cdot 10^6} + \underline{14,26 \cdot 10^6} + \underline{14,71 \cdot 10^6} - \underline{33,49 \cdot 10^6} - \underline{21,79 \cdot 10^6} = \underline{22,53 \cdot 10^6} \text{ (Дж)} \quad ||$$

■

Розрахунок потужності апарата.

Корисний об'єм апарата:

$$V = 0,785 \cdot (D^2 - d^2) \cdot H = 0,785 \cdot (6,125^2 - 2,6^2) \cdot 14,5 = 350,076 (м^3).$$

D – зовнішній діаметр апарата, м;

d – зовнішній діаметр трубовала, м

H – висота апарату, м

Потужність апарата:

$$Q = \frac{24 \cdot 60 \cdot V \cdot q}{1000 \cdot \tau} = \frac{60 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 350,076 \cdot 600}{1000 \cdot 4600} = 3945 (т / добу)$$

де $q = 500 \dots 750$ кг/м³, – маса стружки одиниці об'єму апарата (корисного);

$\tau = 4000 \dots 4900$ с, - термін дифундування.

Вважаємо, що вихідна потужність за даними становить $Q = 3500$ т/добу з переробки буряка.

Розрахунок окремих частин апарата

Напруження розтягу в стінці першої царги від тиску стовпа

сокостружкової суміші:

$$\sigma = \frac{d + (\delta - c)}{2(\delta - c) \cdot \varphi} \cdot P \leq [\sigma];$$

$d = 5,507$ м – внутрішній діаметр царги;

$\delta = 0,0165$ м – товщина основного шару стінки царги;

$c = 0,00008$ м – мінусовий граничний відхил товщини стінки;

$P = 1,34 \cdot 10^5$ Па – тиск стовпа сокостружкової суміші;

$\varphi = 0,7$ – коефіцієнт міцності зварного шва;

$[\sigma] = 1340 \cdot 10^5$ Па – допустиме напруження.

$$\sigma = \frac{5,507 + (0,0165 - 0,00008)}{2 \cdot (0,0165 - 0,00008) \cdot 0,7} \cdot 1,34 \cdot 10^5 = 326 \cdot 10^5 < 1340 \cdot 10^5 \text{ Па.}$$

Напруження стиску стінки I царги:

$$\sigma_1 = \sqrt{\sigma_2^2 + 4\tau^2} \leq [\sigma];$$

Напруження від дії мас:

$$\sigma_2 = \frac{10Q}{0,785(d_1^2 - d^2)};$$

$Q = 77000$ кг – максимальна маса частин, розташованих над I царгою;

$d_1 = 5,54$ – зовнішній діаметр царги;

$$\sigma_2 = \frac{10 \cdot 77000}{0,785(5,54^2 - 5,507^2)} = 32,6 \cdot 10^5 \text{ Па.}$$

Напруження від дії крутного моменту:

$$\tau = \frac{M}{0,2 \cdot d_1^3(1 - \alpha^4)};$$

$M = 707000$ Н · м – МАХ крутний момент на трубовалі;

$\alpha = 0,994$ – коефіцієнт, який залежить від відношення зовнішнього і внутрішнього діаметрів царги.

$$\tau = \frac{707000}{0,2 \cdot 5,54^3(1 - 0,994^4)} = 8,75 \cdot 10^5 \text{ Па.}$$

Підставивши значення у формулу, отримаємо:

$$\sigma_1 = \sqrt{(32,6 \cdot 10^5)^2 + 4(8,75 \cdot 10^5)^2} = 38 \cdot 10^5 \text{ Па} < 1340 \cdot 10^5 \text{ Па.}$$

Отвір лазу в I царзі потребує укріплення при умові:

$$d_{\text{пр}} = 2 \left(\frac{1}{\varphi_0} - 1 \right) \cdot \sqrt{(d + \delta) \cdot (\delta - c)} \leq d_p;$$

$d_p = 1,56$ м – розрахунковий діаметр отвору;

Безрозмірний коефіцієнт φ_0 визначається:

$$\varphi_0 = \frac{d + (\delta - c)}{2(\delta - c)[\sigma]} \cdot P;$$

$$\varphi_0 = \frac{5,507 + (0,0165 - 0,00008)}{2(0,0165 - 0,00008)} \cdot 1340 \cdot 10^5 = 0,169.$$

Підставивши дані у формулу, отримаємо:

$$d_{\text{пр}} = 2 \left(\frac{1}{0,169} - 1 \right) \cdot \sqrt{(5,507 + 0,0165) \cdot (0,0165 - 0,00008)} = 2,9 \text{ м} > 1,56 \text{ м.}$$

Таким чином, укріплювати отвір лазу не потрібно.

Максимальне навантаження на болти у фланцевому з'єднанні царг від тиску стовпа сокостружкової суміші:

$$F = 0.96KPd_n^2 + 3bgd_n;$$

$K = 1$ – безрозмірний коефіцієнт;

$$b = 3.16\sqrt{b_1};$$

$b_1 = 12$ мм – діаметр прокладки;

$$b = 3.16\sqrt{12} = 10,96 \text{ мм} = 0,01096 \text{ м.}$$

Питоме навантаження ущільнення:

$$g = (1,7 \cdot 10^{-6}P + 1,5) \cdot 10^6;$$

$$g = (1,7 \cdot 10^{-6} \cdot 1.34 \cdot 10^5 + 1,5) \cdot 10^6 = 17.3 \cdot 10^5 \text{ Па.}$$

Підставивши значення у формулу, отримаємо:

$$F = 0.96 \cdot 1 \cdot 1.34 \cdot 10^5 \cdot 5,59^2 + 3 \cdot 0,01096 \cdot 17.3 \cdot 10^5 \cdot 5,59 = 43,3 \cdot 10^5 \text{ Н.}$$

Колове зусилля на болти в фланцевому з'єднанні г від дії крутного моменту:

$$F_1 = \frac{2M}{d_6};$$

$d_6 = 5,65$ м – діаметр розташування болтів.

$$F_1 = \frac{2 \cdot 707000}{5,56} = 2,5 \cdot 10^5 \text{ Н.}$$

Умова міцності та герметичності болтового з'єднання І-ї царги з ситовим поясом:

$$\sigma_6 = \frac{F}{0,785zd_2^2} + \frac{F_1}{0,785zd_2^2f} \leq [\sigma_6];$$

$z = 108$ – кількість болтів у фланцевому з'єднанні;

$d_2 = 0.0262$ м – внутрішній діаметр болта;

$f = 0,2$ – коефіцієнт тертя для чисто оброблених поверхонь;

$[\sigma_6] = 1250 \cdot 10^5$ Па – допустиме напруження.

$$\sigma_6 = \frac{43,3 \cdot 10^5}{0,785 \cdot 108 \cdot 0,0262^2} + \frac{2,5 \cdot 10^5}{0,785 \cdot 108 \cdot 0,0262^2 \cdot 0,2} = 960 \cdot 10^5 \text{ Па} < 1250 \cdot 10^5 \text{ Па.}$$

Продуктивність шнека вивантаження жому:

$$A = 144 \frac{0,785(d_{\text{ш}}^2 - d_{\text{в}}^2)S\gamma\varphi_3 n}{Q_{\text{ж}}};$$

$d_{\text{ш}} = 0,9 \text{ м}$ – діаметр шнека;

$d_{\text{в}} = 0,194 \text{ м}$ – діаметр вала під шнек;

$S = 0,5 \text{ м}$ – крок витків шнека;

$\gamma = 600 \text{ кг/м}^3$ – густина жому який транспортується;

$\varphi_3 = 0,12$ – коефіцієнт заповненості шнека;

$n = 40 \text{ об/хв}$ – частота обертання шнека;

$Q_{\text{ж}} = 80\%$ – вихід жому до маси буряка.

$$A = 144 \frac{0,785 \cdot (0,9^2 - 0,194^2) \cdot 0,5 \cdot 600 \cdot 0,12 \cdot 40}{80} = 1580 \text{ Т/доб.}$$

В апараті два шнека.

Потужність, яка витрачається електродвигуном шнека:

$$P = \frac{A_{\text{ж}}\omega L}{367\eta_p\eta_n};$$

$\omega = 3$ – коефіцієнт, який залежить від матеріалу;

$L = 3,5 \text{ м}$ – довжина шнека;

$\eta_p = 0,93$ – ККД мотор-редуктора;

$\eta_n = 0,995$ – ККД муфти.

Величина транспортуючого жому:

$$A_{\text{ж}} = \frac{\Pi \cdot Q_{\text{ж}}}{24 \cdot 100 \cdot K_1};$$

$\Pi = 3500 \text{ Т/доб}$ – технічна продуктивність апарата;

$K_1 = 2$ – кількість шнеків для вивантаження жому із апараті.

$$A_{\text{ж}} = \frac{3000 \cdot 80}{24 \cdot 100 \cdot 2} = 58 \text{ Т/год.}$$

Підставивши значення у формулу, отримаємо:

$$P = \frac{58 \cdot 3 \cdot 3,5}{367 \cdot 0,93 \cdot 0,996} = 1,74 \text{ кВт.}$$

Приймаємо мотор-редуктор МРА-У-3/40 з електродвигуном 3 кВт.

Розрахунок корпусу апарата

Вихідні дані:

Діаметр циліндричної частини $D = 6\text{ м}$

Висота рідини $H_b = 14,5\text{ м}$;

Висота циліндра $H = 15,927\text{ м}$;

Розміри зовнішнього корпусу:

Висота $h = 0,905\text{ м}$;

Діаметр 1 $D_k = 6,0\text{ м}$;

Діаметр 2 $d_k = 4,215\text{ м}$

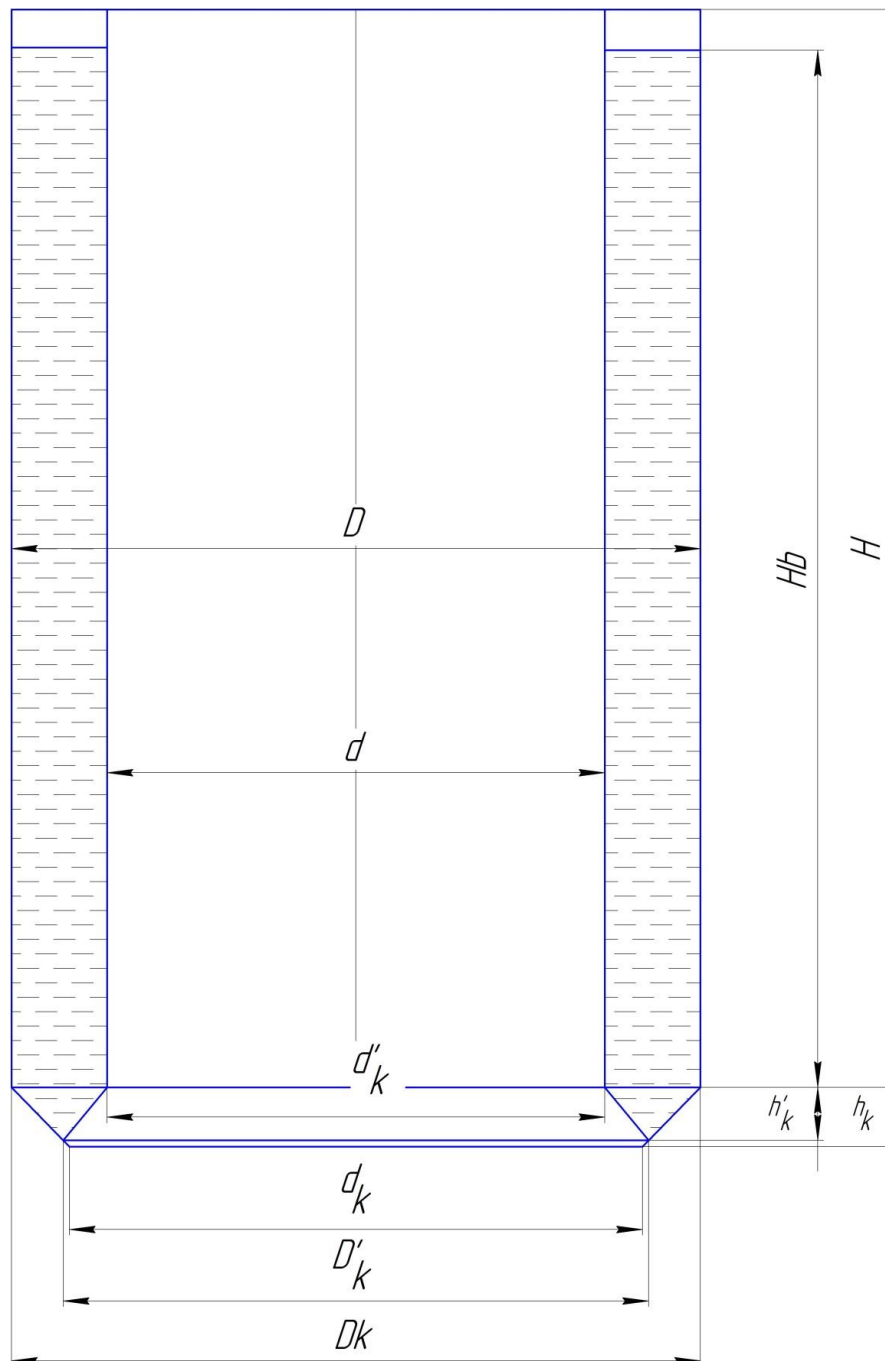


Рис. 6.2 – Розрахункова схема корпусу апарата

Розміри внутрішнього конуса:

Висота $h = 0,85\text{м}$;

Великий діаметр $D_k = 4,3\text{ м}$;

Малий діаметр $d_k = 2,598\text{м}$;

Кут при вершині конуса $\alpha = 45^\circ$;

Густина рідини $\rho = 1040 \text{ кг/м}^3$.

Для розрахунку товщини корпусу необхідно вивчити напружений стан у всіх точках конструкції, щоб вибрати їх найбільш небезпечні. Для цього будуються графіки дотичних та меридіональних напруг. Розрахунок ґрунтується на миттєвій теорії, що розбиває тіло на частини.

Циліндр

Вага рідини в циліндричному корпусі:

Вага рідини в циліндричному корпусі:

$$G_y = 0,785 \cdot (D^2 - d^2) \cdot H_B \cdot \rho \cdot g = 0,785 \cdot (6^2 - 2,6^2) \cdot 14,5 \cdot 1040 \cdot 9,8 = 3,4 \cdot 10^6 (H)$$

де V_1 - об'єм зовнішнього конуса, м^3 ;

V_2 - об'єм внутрішнього конуса, м^3 .

Об'єм зовнішнього конуса

$$V_1 = (D_k^2 + d_k^2 + D_k \cdot d_k) \cdot \frac{\pi \cdot h_k}{12} = (6^2 + 4,215^2 + 6 \cdot 4,215) \cdot \frac{3,14 \cdot 0,905}{12} = 17,71 (\text{м}^3)$$

Об'єм внутрішнього конуса:

$$V_2 = (4,3^2 - 2,598^2 + 4,3 \cdot 2,598) \cdot 3,14 \cdot 0,85 = 8,1 (\text{м}^3)$$

Маса ситового поясу:

$$G_c = V_c \cdot \rho \cdot g = 9,61 \cdot 1040 \cdot 9,8 = 9,79 \cdot 10^4 (H)$$

Вага рідини:

$$G = G_y + G_c = 3,4 \cdot 10^6 + 9,79 \cdot 10^4 = 3,5 \cdot 10^6 (H)$$

Рівняння рівноваги циліндричної частини корпусу:

$$\sigma_M \cdot \pi \cdot D \cdot S \cdot G = 0$$

$$\sigma_M = \frac{G}{\pi \cdot D \cdot S} = \frac{3,5 \cdot 10^6}{3,14 \cdot 6 \cdot S} = \frac{185,8 \cdot 10^6}{S} = const$$

Тобто, меридіальне напруження тотожне по всій циліндричній частині.

Рівняння рівноваги елемента:

$$\frac{\sigma_M}{\infty} + \frac{\sigma_k}{3} = \frac{(14,5 - x) \cdot g \cdot \rho}{S}$$

Звідки:

$$\sigma_k = 3 \cdot \frac{(14,5 - x) \cdot 9,8 \cdot 1040}{S} = \frac{30,58 \cdot 10^3 \cdot (14,5 - x)}{S}$$

В цьому рівнянні $\sigma_k = f(x)$ при $0 \leq x \leq 14,5$

$$\text{При } x=0 \quad \sigma_k = \frac{443,41 \cdot 10^3}{S}$$

$$\text{При } x=12 \quad \sigma_k = 0$$

Розрахунок трубовала

Крутний момент, який передається з'єднанням болтами між собою секцій трубовала:

$$M_k = \frac{d}{2} n_1 \cdot 0,785 d_1^2 [\tau] + \frac{d}{2} n_2 \cdot 0,785 d_2^2 [\sigma] f \geq M;$$

$d = 2,275$ м – діаметр кола розташування болтів;

$n_1 = 16$ – кількість болтів, поставлених без зазора;

$d_1 = 0,032$ м – діаметр спеціального болта в місці зрізу;

$[\tau] = 1200 \cdot 10^5$ Па – допустиме напруження зрізу;

$n_2 = 32$ – кількість болтів, поставлених з зазором;

$d_2 = 0,0207$ м – внутрішній діаметр болтів з зазором;

$[\sigma] = 1000 \cdot 10^5$ Па – допустиме напруження на розрив при затягуванні

болтів, поставлених з зазором;

$f = 0,1$ – коефіцієнт тертя в стику з'єднання;

$M = 707000$ Н · м – максимальний крутний момент, що передається приводом апарата на трубовал.

$$M_k = \frac{2,275}{2} \cdot 16 \cdot 0,785 \cdot 0,032^2 \cdot 1200 \cdot 10^5 + \frac{2,275}{2} \cdot 32 \cdot 0,785 \cdot 0,0207^2 \cdot 1000 \cdot 10^5 \cdot 0,1$$

$$= 18,7 \cdot 10^5 \text{ Н} \cdot \text{м} > 7,07 \cdot 10^5 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Згинальний момент в лопаті:

$$M_{зг} = \sigma \cdot W = 103000 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$\sigma = 320 \cdot 10^5$ Па – максимальне напруження в лопаті;

$W = 3231 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ – момент опору.

Напруження зварного шва для приварки лопаті до пластини:

$$\tau_{\text{ш}} = \frac{M_{\text{зг}}}{0,7 \cdot W_{\text{ш}}} \leq [\tau_{\text{ш}}];$$

$W_{\text{ш}} = 3590 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$ – момент опору зварного шва;

$[\tau_{\text{ш}}] = 750 \cdot 10^5 \text{ Па}$ – допустиме напруження на зріз шва.

$$\tau_{\text{ш}} = \frac{103000}{0,7 \cdot 3590 \cdot 10^{-6}} = 410 \cdot 10^5 \text{ Па} < 750 \cdot 10^5 \text{ Па}.$$

Напруження зварного шва привареної лопаті до трубовалу набагато менші, так як периметр зварного шва та його катет збільшені.

Розрахунок ситового поясу

Застосовуючи метод перерізу отримуємо елемент і зону, яка показана на рис. 6.3.

Вплив валу на елемент не враховується. Таким чином, завдання зводиться до того, що потрібно розрахувати конічний днище з усіченим конусом. Вплив валу на фактичну напругу зведеться зменшення робочих напруг проти розрахунковим, тобто. розрахунок дасть певний запас.

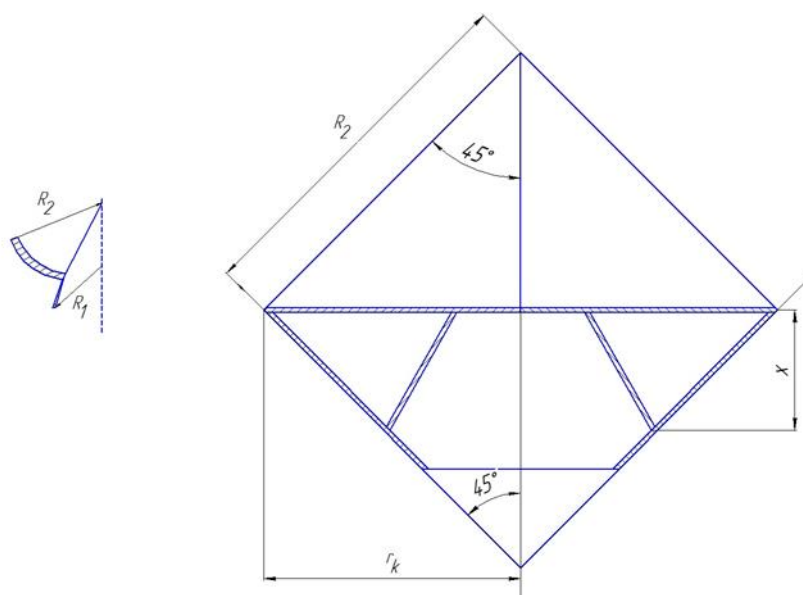


Рис. 6.3 – Схема для розрахунку ситового поясу

Радіус широтного кола залежить від висоти рідини $r_x = x + 2,15$, тоді:

$$R_x = \frac{r_k}{\cos 45^\circ} = 1,41 \cdot (x + 2,15).$$

З умови рівноваги елемента:

$$\frac{\sigma}{\infty} = \frac{\sigma_k}{1,41 \cdot (x + 2,15)} = \frac{(12,9 - x) \cdot \rho \cdot g}{S}$$

Звідси:

$$\sigma_k = \frac{1,43 \cdot 10^3 \cdot (x + 2,15) \cdot (12,9 - (x + 2,15))}{S}$$

З виразу видно, що тангенційне напруження визначається по параболічному закону:

$$\text{при } x = 0 \quad \sigma_k = 0;$$

$$\text{при } x = 0,4 \quad \sigma_k = 377,41 \cdot 10^3 / S;$$

$$\text{при } x = 0,85 \quad \sigma_k = \frac{424,471 \cdot 10^3}{S}$$

Для визначення меридіального напруження використовуємо умову рівноваги частини конуса:

$$\sigma_M = 2 \cdot \pi \cdot S \cdot \cos 45^\circ - (12,9 - x) \cdot \rho \cdot g \cdot \pi \cdot x^2 - G_1,$$

Об'єм зовнішнього конуса:

$$V_1 = \frac{1}{3} (R_k^2 + (2,15 + x)^2 + R_k (2,15 + x)) \pi (2,15 + x),$$

$$V_2 = \frac{1}{3} (R_k^2 + (2,15 + x)^2 + R_k (2,15 + x)) \pi (2,15 + x)$$

Об'єм ситового поясу:

$$V_c = \frac{1}{2} ((D_k^2 - D_k^2) - (D_k - D_k) (2,15 + x)) \pi (2,15 + x),$$

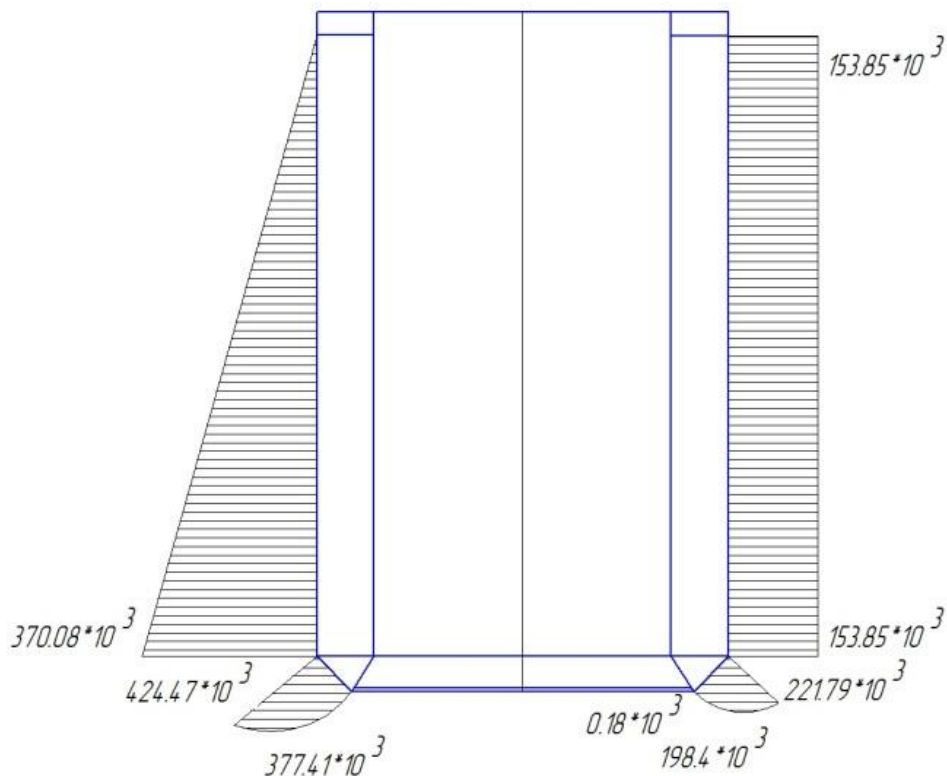


Рис. 6.4 – Епюра внутрішніх сил (МПа)

Вага рідини:

$$G_c = \frac{\pi}{12} (2,15 + x)(17,94 - 1,7)(2,15 + x) \rho \cdot g,$$

тоді:

$$G_M = \frac{\rho \cdot g \left(12,9 \cdot (2,15 + x) - (2,15 + x)^2 + \frac{1}{12} (17,94 - 1,7(2,15 + x)) \right)}{2 \cdot S \cdot \cos 45^\circ},$$

$$\text{при } x = 0 \quad \sigma = \frac{17874,7}{S};$$

$$\text{при } x = 0,4 \quad \sigma = \frac{198407,69}{S};$$

$$x = 0,85 \quad \sigma = \frac{221790,25}{S}.$$

Розрахунок товщини стінки апарата

Оскільки елемент небезпечного перерізу перебував у складному напруженому положенні, розрахунок ведеться з урахуванням першої теорії міцності. Допустима напруга, що розтягує, для Ст3 - 690 МПа. Тоді товщина стінки

$$S = \frac{424,47 \cdot 10^3}{690 \cdot 10^6} = 0,006(м).$$

Розрахункова товщина стінки 6 мм. З урахуванням інтенсивного корозійного зносу приймаємо товщину стінки $S = 14 мм$.

Розрахунок привода трубовала

Сумарна потужність електродвигунів привода:

$$P = \frac{M \cdot n}{9736 \cdot \eta_p \cdot \eta_z};$$

M – крутний момент на валу, Нм;

n – частота обертання, об/хв;

η_p – ККД мотор-редуктора;

η_z – ККД зубчастої передачі;

Загальне передаточне число складає 2125.

При частоті обертання 0,5 об/хв та густині стружки 710 кг/м³ крутний момент складає 706000 Нм.

Крутний момент пропорційний густині стружки і довжині лопатей

Крутний момент на валу шестерні:

$$M_1 = \frac{M}{m \cdot i_z \cdot \eta_z \cdot \eta_p} = \frac{707000}{2 \cdot 8,5 \cdot 0,97 \cdot 0,99} = 43400 \text{ Н};$$

M – максимальний момент на трубовалі

$M = 707000$ Нм;

m – число електродвигунів в приводі, 2;

i_z – передаточне число зубчастої передачі, 8.5;

η_z – ККД відкритої зубчастої передачі, 0,97;

η_p – ККД підшипників ведучої шестерні, 0,99;

Сумарне зусилля в зубчатому зачепленні:

$$F = \sqrt{F_0^2 + F_p^2} = \sqrt{241000^2 + 87800^2} = 256000 \text{ Н};$$

F_0 – колове зусилля

$$F_0 = \frac{2 \cdot M_1}{d_\omega} = \frac{2 \cdot 43400}{0,36} = 241000 \text{ Н};$$

d_ω – дільний діаметр шестерні, м;

Радіальне зусилля F_p :

$$F_p = F_0 \cdot \operatorname{tg} \alpha = 241000 \cdot 0,364 = 87800 \text{ Н};$$

$\alpha = 20^\circ$ – кут зачеплення в передачі.

Умова міцності зубців на зносостійкість:

$$\sigma_k \leq [\sigma_k];$$

Коефіцієнт контактних напружень:

$$C_k = \frac{2 \cdot M_2 \cdot k_H \cdot k_k \cdot (i_n + 1)}{b \cdot d_\omega^2 \cdot i_n};$$

$k_H = 1.2$ – коефіцієнт нерівномірності розподілення навантаження по довжині зубців;

$k_k = 1$ – коефіцієнт якості зубців;

b – робоча довжина зубців;

$$C_k = \frac{2 \cdot 43400 \cdot 1,02 \cdot 1 \cdot (8,5 + 1)}{0,3 \cdot 0,36^2 \cdot 8,5} = 25,4 \cdot 10^5 \text{ Па.}$$

Допустимий коефіцієнт контактних напружень визначається за формулою:

$$[C_k] = [C_p] \cdot K_p;$$

$K_p = 2.28$ – коефіцієнт режиму роботи;

$[C_p] = 11,6 \cdot 10^5 \text{ Па}$ – допустимий коефіцієнт контактних напружень при довготривалій роботі;

$$[C_k] = 11,6 \cdot 10^5 \cdot 2,28 = 26,5 \cdot 10^5 \text{ Па.}$$

Підставимо необхідні дані у формулу і отримаємо:

$$25,4 \cdot 10^5 \text{ Па} < 26,5 \cdot 10^5.$$

Умова міцності зубців шестерні по напруженням згину:

$$\sigma \leq [\sigma];$$

Визначення напруження згину:

$$\sigma = \frac{2 \cdot M_1 \cdot K_\Pi}{b \cdot d_\omega \cdot m_n \cdot Y} = \frac{2 \cdot 43400 \cdot 1.1}{0.3 \cdot 0.56 \cdot 0.02 \cdot 0.266} = 1670 \cdot 10^5 \text{ Па.}$$

Допустиме напруження на згин:

$$[\sigma] = \frac{0,35 \cdot \sigma_B + 900 \cdot 10^5}{[n]} = \frac{0,35 \cdot 6000 \cdot 10^5 + 900 \cdot 10^5}{1,7} = 1770 \cdot 10^5 \text{ Па};$$

$$\sigma_B = 6000 \cdot 10^5 \text{ – границя міцності зубців шестерні};$$

$[n] = 1,7$ – допустимий запас міцності.

Підставимо необхідні дані в умову міцності:

$$1670 \cdot 10^5 \text{ Па} < 1770 \cdot 10^5 \text{ Па}.$$

Умова міцності зубців колеса по напруженням згину:

Напруження згину для зубців визначається по формулі:

$$\sigma_1 = \frac{\sigma \cdot Y}{Y_1} = \frac{1670 \cdot 10^5 \cdot 0,266}{0,298} = 1500 \cdot 10^5 \text{ Па};$$

$Y_1 = 0,298$ – коефіцієнт форми зуба колеса.

Допустиме напруження згину зубців колеса розраховується:

$$[\sigma_1] = \frac{0,35 \cdot \sigma_B + 900 \cdot 10^5}{[n]} = \frac{0,35 \cdot 5500 \cdot 10^5 + 900 \cdot 10^5}{1,7} = 1650 \cdot 10^5 \text{ Па};$$

$\sigma_B = 5500 \cdot 10^5 \text{ Па}$ – границя міцності зубців колеса.

Підставимо необхідні дані в умову і отримаємо:

$$1500 \cdot 10^5 \text{ Па} < 1650 \cdot 10^5 \text{ Па}.$$

Розрахунок проведений вірно. Всі умови міцності виконуються.

Перевірочний розрахунок на міцність болтів кріплення вінця зубчастого колеса

Оскільки при модернізації зубчасте колесо було єдиним блоком, а розділялося на 3 частини, необхідно виконати розрахунок болтів кріплення. Корона кріпиться на 24 болтах. На кожному колісному сегменті є 8 болтових з'єднань. Якщо прикріплена коронка до кільця труби, всі болтові з'єднання працюють на усунення деформації. Сила тяги передає свою дію на 8 болтових з'єднань, що розраховуються.

Площа поперечного перерізу болта М32 становить:

$$F = \frac{\pi \cdot D_o^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,032^2}{4} = 0,0008 \text{ м}^2;$$

Загальна площа зрізу болтових з'єднань становить:

$$S = 8 \cdot F = 8 \cdot 0,0008 = 0,0064 \text{ м}^2;$$

Умова міцності при деформації зрізу:

$$\tau_{зр} = \frac{F_{зр}}{S} \leq [\tau_{зр}];$$

Вважаємо, що сила $F_{зр}$ є тягове колове зусилля F_m :

$$F_m = \frac{2 \cdot M_{кр}}{d_{\omega 2}} = \frac{2 \cdot 560822}{3,06} = 366550 \text{ Н};$$

Підставимо отримані значення в умову міцності:

$$\tau_{зр} = \frac{366550}{0,0064} = 52273437,5 \text{ Па} < 78453200 \text{ Па};$$

Умова міцності виконується.

7. РОЗРАХУНОК ТЕХНОЛОГІЇ ВИГОТОВЛЕННЯ ОКРЕМОЇ ДЕТАЛІ

Таблиця 7.1. Технологічний маршрут виготовлення шестерні

№ оп., пер.	Назва операції, переходу	Технолог. обл., пристрої, інструмент обробл., контр.
10	Штампувальна УЗЗ	Прес
10.1	Відштампувати заготовку	Поковка II-го класу ДСТУ EN 10222-1:2018
20	Токарна УЗЗ	Станок токарно-гвинторізний 16к20, 3-х кулачковий патрон
20.1	Торцювати пов. 1, витримавши L =253мм, начорно	Різець прохідний відігнутий правий 16x20x140, φ = 45°, T15K6, ДСТУ 18868:2018
20.2	Точити пов. 2 з Ø679мм до Ø676мм начорно	Різець прохідний відігнутий правий 16x20x140, φ = 45°, T15K6, ДСТУ 18868:2018
20.3	Точити пов. 2 з Ø676мм до Ø675мм начисто	Різець прохідний відігнутий правий 16x20x140, φ = 45°, T15K6, ДСТУ 18868:2018
20.4	Зняти фаску 14x45°, пов. 1	Різець прохідний відігнутий правий 16x20x140, φ = 45°, T15K6, ДСТУ 18868:2018
20.5	Торцювати пов. 3, витримавши L =356,5мм, начорно	Різець прохідний відігнутий правий 16x20x140, φ = 45°, T15K6, ДСТУ 18868:2018

20.6	Торцювати пов. 3, витримавши L =356мм, начисто	Різець прохідний відігнутий правий 16x20x140, φ = 45°, T15K6, ДСТУ 18868:2018
20.7	Зняти фаску 15x45°, пов 3	Різець прохідний відігнутий правий 16x20x140, φ = 45°, T15K6, ДСТУ 18868:2018
20.8	Розточити пов. 4 з Ø116мм до Ø119мм, начорно	Різець прохідний розточний відігнутий правий, α=80°, γ=10°, φ=45°, T15K6 ДСТУ 18868:2018, ШЦ-I
20.9	Розточити пов. 4 з Ø119мм до Ø120мм, начисто	Різець прохідний розточний відігнутий правий, α=80°, γ=10°, φ=45°, T15K6 ДСТУ 18868:2018, ШЦ-I
20.1 0	Зняти фаску 15x45°, пов. 3	Різець прохідний розточний відігнутий правий, α=80°, γ=10°, φ=45°, T15K6 ДСТУ 18868:2018, ШЦ-I
20.1 1	Зняти фаску 15x45°, пов. 3	Різець прохідний розточний відігнутий правий, α=80°, γ=10°, φ=45°, T15K6 ДСТУ 18868:2018, ШЦ-I
30	Токарна УЗЗ	Станок токарно-гвинторізний 16к20, упор
30.1	Торцювати пов. 5, витримавши L =253мм, начисто	Різець прохідний відігнутий правий 16x20x140, φ = 45°, T15K6, ДСТУ 18868:2018
30.2	Торцювати пов. 6, витримавши L =357мм, начорно	Різець прохідний відігнутий правий 16x20x140, φ = 45°, T15K6, ДСТУ 18868:2018

30.3	Торцювати пов. 6, витримавши L =356мм, начисто	Різець прохідний відігнутий правий 16x20x140, $\varphi = 45^\circ$, T15K6, ДСТУ 18868:2018
30.4	Зняти фаску 15x45°, пов 6	Той самий
30.5	Зняти фаску 14x45°, пов 5	Той самий
30.6	Зняти фаску 15x45°, пов 6	Різець прохідний розточний відігнутий правий, $\alpha=80^\circ$, $\gamma=10^\circ$, $\varphi=45^\circ$, T15K6 ДСТУ 18868:2018, ШЦ-I
30.7	Зняти фаску 15x45°, пов 6	Різець прохідний розточний відігнутий правий, $\alpha=80^\circ$, $\gamma=10^\circ$, $\varphi=45^\circ$, T15K6 ДСТУ 18868:2018, ШЦ-I
40	Протяжна УЗЗ	Горизонтальний протяжний верстат марки 7510, упор
40.1	Протягнути шліцевий паз, $m=3,5$; $z=16$; $\alpha=15^\circ$; $S_{cp}=6,087$	Протяжка комбінована, технічні вимоги по ДСТУ 9472-90; комплексний калібр
50	Зубофрезерна УЗЗ	Станок 53Л50, пристрій зубофрезерний
50.1	Фрезерувати зубці $m=25$; $z=25$; ГОСТ 13755-81	Фреза черв'ячна $m=25$; $z=25$, коротка, ДСТУ 2233-93
60	Зубофасочна зачистити заусениці	

Розрахунок припусків

Припуск на підрізання торців для $\varnothing 679$ складає $2+2= 4$ мм, а довжини 250 мм складає $1,5+1,5 = 3$ мм

отже заготовка собою являє диск діаметром 679 мм і товщиною 254,5 мм.

Розрахунок загального припуску штампованої заготовки

Припуск на чистове точіння:

$$2Z_{2\min}=2(Rz_1+D_1+(T_{\text{пр}1}^2+\varepsilon_{y2}^2)^{0,5})$$

де $Rz_1=50$ мкм, $D_1=50$ мкм, $T_{\text{пр}1}$ - відповідно висота мікронерівностей, глибина дефектного шару та сумарна просторова похибка при чорновому точінні.

При установленні деталі на оправку $T_{\text{пр}1}=100$ мкм.

При установленні деталі на оправці $\varepsilon_{y2}=0$.

$$\text{Тоді } 2Z_{2\min}=2(50+50+(100^2+0^2)^{0,5}) = 400 \text{ мкм}$$

$$2Z_{2\max}=2Z_{2\min}+T_1+T_2,$$

де T_1 -допуск розміру при чорновому точінні; T_2 -допуск розміру при чорновому точінні;

$$T_1=IT13 = 390 \text{ мкм}; T_2=IT11 = 160 \text{ мкм};$$

$$2Z_{2\max}=400+390-160 = 630 \text{ мкм};$$

$$2Z_{2\text{ном}}=(2Z_{2\max}+2Z_{2\min})/2 = (630+400)/2 = 515 \text{ мкм};$$

Припуск на чорнове точіння:

$$2Z_{1\min}=2(Rz_0+D_0+(T_{\text{пр}0}^2+\varepsilon_{y1}^2)^{0,5}),$$

де Rz , D_0 , $T_{\text{пр}0}$ - відповідно висота мікронерівностей, глибина дефектного шару та сумарна просторова похибка поковки.

Для заготовок масою до 25 кг $Rz_0=240$ мкм, $D_0=250$ мкм, $T_{\text{пр}0}=1,2$ мм
 ε_{y1} - похибка установлення при чорновому точінні.

Під час установлення деталі на оправці $\varepsilon_{y1}=100$ мкм

$$2Z_{1\min}=2(240+250+(1200^2+100^2)^{0,5}) = 3388 \text{ мкм},$$

Загальний припуск:

$$2Z_{\text{сум}}=\sum 2Z_{i \text{ ном}}=512+3388 = 3900 \text{ мкм}$$

прийmemo $2Z_{\text{сум}}=4$ мм

Коефіцієнт використання матеріалу

$$K_M = M_{\text{дет}} / M_{\text{заг}} = 5,4 / 6,75 = 0,8$$

Де $M_{\text{дет}}$, $M_{\text{заг}}$ – маса відповідно деталі і заготовки

Розрахунок технологічних операцій оброблення шестерні

20. Токарна

Перехід 20.1. Торцювати пов. 1 витримавши $L = 253$ начорно

$$1. t = z/2 = 3/2 = 1,5 \text{ мм.}$$

$$2. \text{Приймаємо подачу } S_B = 1,2 \text{ мм/об.}$$

$$3. V = \frac{153}{100^{0,2} 1,5^{0,15} 1,2^{0,35}} = 53,8 \text{ м/хв.}$$

4. Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата:

$$n_p = \frac{1000V}{\pi D_{\text{сдд}}} = \frac{1000 \cdot 53,8}{\pi 593,76} = 28,8 \text{ об/хв.}$$

$$5. n_e = 25 \text{ об/хв.}$$

6. За прийнятими значеннями n_e визначаємо фактичну швидкість різання:

$$V_{\dot{a}} = \frac{\pi D_{\text{сдд}} n_{\dot{a}}}{1000} = \frac{\pi 593,76 \cdot 25}{1000} = 46,6 \text{ м/хв.}$$

7. Визначаємо розрахункову довжину обробки:

$$L_p = L_0 + L_1 + L_2 + L_3;$$

$$L_{\dot{a}} = \frac{D_{\text{сдд}}}{2} = \frac{593,76 - 480,96}{2} = 56,4 \text{ мм} \quad - \quad \text{довжина оброблюваної поверхні}$$

заготовки;

$L_1 = 2$ мм – відстань для підводу різця з робочою подачею;

$L_2 = t \operatorname{ctg} \varphi = 1,5 \operatorname{ctg} 45^\circ = 1,5$ мм – величина врізання різця в заготовку.

$L_3 = 2$ мм – величина перебігу різця для завершення процесу обробки поверхні.

$$L_p = 56,4 + 2 + 1,5 + 2 = 61,9 \text{ мм.}$$

$$7. \text{Основний час на виконання переходу } t_{03} = \frac{L_p}{n_{\dot{a}} S_{\dot{a}}} = \frac{61,9}{25 \cdot 1,2} = 2,06 \text{ хв.}$$

8. Допоміжний час на виконання переходу:

$$t_d = t_1 + t_2 + t_3,$$

$$t_1 = 0,13 \text{ хв.}; t_2 = 0,06 + 0,06 = 0,12 \text{ хв.}; t_3 = 0.$$

$$\text{Тоді } t_{d3} = 0,13 + 0,12 + 0 = 0,25 \text{ хв.}$$

Перехід 20.2. Точити пов. 2 з $\varnothing 679$ до $\varnothing 676$ на прохід начорно

1. Загальна глибина різання при обробці заданої поверхні $t = \frac{679 - 676}{2} = 1,5$ мм.

2. При зовнішньому обробленні сталевих деталей діаметром до 700мм з глибиною різання до 3мм та перетином тіла різця 16×25мм за паспортними даними токарно-гвинторізного верстата 16К20 приймаємо подачу $S_v = 1,5$ мм/об.

3. Визначаємо розрахункову швидкість різання за емпіричною формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^{0,2} t^{0,15} S^{0,35}} = \frac{120}{100^{0,2} 1,5^{0,15} 1,5^{0,35}} = 39,3 \text{ м/хв.}$$

де T – середнє значення періоду стійкості різця (можна приймати в межах 60-90хв для різців зі швидкоріжучої сталі і 90 – 120хв для різців із тврдосплавною ріжучою пластинкою);

C_v – постійний коефіцієнт швидкості різання для даних режимів різання.

4. Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата:

$$n_p = \frac{1000V}{\pi D_{\text{шд}}} = \frac{1000 \cdot 39,3}{\pi \cdot 679} = 18,4 \text{ об/хв.}$$

5. Розрахункова кількість обертів n_p корегується за паспортними даними верстата. Із ряду обертів шпинделя верстата вибираємо ближче менше значення $n_s = 16$ об/хв.

6. За прийнятим значенням n_s визначаємо фактичну швидкість різання:

$$V_{\text{ф}} = \frac{\pi D_{\text{заг}} n_s}{1000} = \frac{\pi 679 \cdot 16}{1000} = 34,1 \text{ м/хв.}$$

7. Визначаємо розрахункову довжину обробки:

$$L_p = L_0 + L_1 + L_2 + L_3;$$

$L_0 = 254,5$ мм – довжина оброблюваної поверхні;

$L_1 = 2$ мм – відстань для підводу різця до заготовки з робочою подачею;

$L_2 = t \operatorname{ctg} \varphi = 1,5 \operatorname{ctg} 45^\circ = 1,5$ мм – величина врізання різця в заготовку

$L_3 = 2$ мм – величина перебігу різця для завершення процесу обробки поверхні.

$$L_p = 254,5 + 2 + 1,5 + 2 = 260 \text{ мм}$$

$$7. \text{ Основний час на виконання переходу } t_{01} = \frac{L_p}{n_a S_a} = \frac{260}{16 \cdot 1,5} = 10,8 \text{ хв.}$$

8. Допоміжний час на виконання переходу:

$$t_d = t_1 + t_2 + t_3,$$

де $t_1 = 0,13$ хв. – допоміжний час, пов'язаний безпосередньо з переходом для поздовжнього обточування з установленням різця по упору або грубо по лімбу на верстатах з висотою центрів до 300 мм при автоматичній подачі.

$t_2 = 0,06 + 0,06 = 0,12$ хв. – допоміжний час на зміну частоти обертання шпінделя і подачі

t_3 – допоміжний час на інші дії під час виконання переходу. Оскільки потреби в заміні інструменту і інших діях немає, то $t_3 = 0$.

$$\text{Тоді } t_{d1} = 0,13 + 0,12 + 0 = 0,25 \text{ хв.}$$

Перехід 20.3. Точити пов. 2 з $\varnothing 676$ до $\varnothing 675$ на прохід начисто

1. Глибина різання при чистовій обробці становить $t = 0,5$ мм.

2. $S_g = 0,4$ мм/об.

$$3. V = \frac{C_v}{T^{0,3} f^{0,1} S^{0,25}} = \frac{220}{100^{0,3} 0,5^{0,1} 0,4^{0,25}} = 75,3 \text{ м/хв.}$$

$$4. n_p = \frac{1000V}{\pi D_{заг}} = \frac{1000 \cdot 75,3}{\pi \cdot 676} = 35,4 \text{ об/хв.}$$

5. $n_g = 31,5$ об/хв.

6. За прийнятним значенням n_g визначаємо фактичну швидкість різання:

$$V_{\partial} = \frac{\pi D_{заг} n_g}{1000} = \frac{\pi 676 \cdot 31,5}{1000} = 66,8 \text{ м/хв.}$$

7. Визначаємо розрахункову довжину обробки:

$$L_p = L_0 + L_1 + L_2 + L_3;$$

$L_0 = 254,5$ мм – довжина оброблюваної поверхні;

$$L_1 = 2 \text{ мм}$$

$$L_2 = t \operatorname{ctg} \varphi = 0,25 \operatorname{ctg} 45^\circ = 0,25 \text{ мм}$$

$$L_3 = 2 \text{ мм}$$

$$L_p = 254,5 + 2 + 0,2 + 2 = 258,7 \text{ мм}$$

7. Основний час на виконання переходу $t_{02} = \frac{L_p}{n_a S_a} = \frac{258,7}{31,5 \cdot 0,4} = 20,5 \text{ хв.}$

8. Допоміжний час на виконання переходу:

$$t_d = t_1 + t_2 + t_3,$$

$$t_1 = 0,13 \text{ хв.}; t_2 = 0,06 + 0,06 = 0,12 \text{ хв.}; t_3 = 0.$$

$$\text{Тоді } t_{d2} = 0,13 + 0,12 + 0 = 0,25 \text{ хв.}$$

Перехід 20.4. Точити фаску $14 \times 45^\circ$ пов. 1.

Оберти шпинделя залишаються такі ж, як і підчас зовнішнього обточування з тим, щоб не витратити час на перемикання швидкості. $t_{04} = 1,6 \text{ хв.}$, $t_{d4} = 0,06 \text{ хв.}$

Перехід 20.5. Торцювати пов. 3 $\varnothing 236$, витримавши $L = 356,5$ начорно

1. $t = 358 - 356,5 = 1,5 \text{ мм.}$

2. Приймаємо подачу $S_v = 1,2 \text{ мм/об.}$

3. $V = \frac{153}{100^{0,2} 1,5^{0,15} 1,2^{0,35}} = 53,8 \text{ м/хв.}$

4. Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата:

$$n_p = \frac{1000V}{\pi D_{\text{сш}}} = \frac{1000 \cdot 53,8}{\pi 236} = 72,6 \text{ об/хв.}$$

5. $n_g = 63 \text{ об/хв.}$

6. За прийнятним значенням n_g визначаємо фактичну швидкість різання:

$$V_a = \frac{\pi D_{\text{сш}} n_a}{1000} = \frac{\pi 236 \cdot 63}{1000} = 46,6 \text{ м/хв.}$$

7. Визначаємо розрахункову довжину обробки:

$$L_p = L_d + L_1 + L_2 + L_3;$$

$$L_a = \frac{328,4 - 236}{2} = 46,2 \text{ мм} - \text{довжина оброблюваної поверхні заготовки};$$

$L_1 = 2 \text{ мм} - \text{відстань для підводу різця з робочою подачею};$

$L_2 = t \operatorname{ctg} \varphi = 1,5 \operatorname{ctg} 45^\circ = 1,5$ мм – величина врізання різця в заготовку.

$L_3 = 2$ мм – величина перебігу різця для завершення процесу обробки поверхні.

$$L_p = 46,2 + 2 + 1,5 + 2 = 51,7 \text{ мм.}$$

7. Основний час на виконання переходу $t_{05} = \frac{L_p}{n_a S_a} = \frac{51,7}{63 \cdot 1,2} = 0,68$ хв.

8. Допоміжний час на виконання переходу:

$$t_d = t_1 + t_2 + t_3,$$

$$t_1 = 0,13 \text{ хв.}; t_2 = 0; t_3 = 0.$$

$$\text{Тоді } t_{d5} = 0,13 + 0 + 0 = 0,13 \text{ хв.}$$

Перехід 20.6. Торцювати пов. 3 $\varnothing 236$ начисто; припуск $z = 0,5$ мм.

1. Вибираємо глибину різання $t = z = 0,5$ мм.

2. Вибираємо подачу при чистовому точінні із шорсткістю $R_a = 1,6$ що відповідає квалітету точності та радіусу при вершині різця $r = 1,2$ мм. Вона повинна бути в інтервалі подач $S = 0,14 \div 0,16$ мм/об. За паспортними даними верстата приймаємо $S_g = 0,15$ мм/об.

3. Визначаємо розрахункову швидкість різання $V = \frac{243}{100^{0,3} 0,5^{0,1} 0,15^{0,25}} = 105$

м/хв.

4. Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата:

$$n_p = \frac{1000V}{\pi D_{\text{шд}}} = \frac{1000 \cdot 105}{\pi 236} = 141,7 \text{ об/хв.}$$

5. Із ряду обертів шпинделя верстата вибираємо ближче менше значення $n_g = 125$ об/хв.

6. За прийнятим значенням n_g визначаємо фактичну швидкість різання:

$$V_a = \frac{\pi D_{\text{шд}} n_a}{1000} = \frac{\pi 236 \cdot 125}{1000} = 92,63 \text{ м/хв.}$$

7. Визначаємо розрахункову довжину обробки:

$$L_p = L_0 + L_1 + L_2 + L_3;$$

$$L_a = \frac{328,4 - 236}{2} = 46,2 \text{ мм} - \text{довжина оброблюваної поверхні заготовки};$$

$L_1 = 2 \text{ мм}$ – відстань для підводу різця з робочою подачею;

$L_2 = t \operatorname{ctg} \varphi = 0,15 \operatorname{ctg} 45^\circ = 0,15 \text{ мм}$ – величина врізання різця в заготовку.

$L_3 = 2 \text{ мм}$ – величина перебігу різця для завершення процесу обробки поверхні.

$$L_p = 46,2 + 2 + 0,15 + 2 = 50,35 \text{ мм}.$$

7. Основний час на виконання переходу $t_{06} = \frac{L_p}{n_a S_a} = \frac{50,35}{125 \cdot 0,15} = 2,68 \text{ хв}.$

8. Допоміжний час на виконання переходу:

$$t_d = t_1 + t_2 + t_3,$$

$$t_1 = 0,13 \text{ хв}; t_2 = 0,06 + 0,06 = 0,12 \text{ хв}; t_3 = 0.$$

$$\text{Тоді } t_{d3} = 0,13 + 0,12 + 0 = 0,25 \text{ хв}.$$

Перехід 20.7. Точити фаску $15 \times 45^\circ$ пов. 3.

Оберти шпинделя залишаються такі ж, як і під час зовнішнього обточування з тим, щоб не витратити час на перемикання швидкості. $t_{07} = 1,6 \text{ хв}$, $t_{d7} = 0,06 \text{ хв}$

Перехід 20.8. Розточити пов. 4 з $\varnothing 116$ до $\varnothing 119$ на прохід начорно

1. Загальна глибина різання при обробці заданої поверхні $t = \frac{119 - 116}{2} = 1,5 \text{ мм}.$

2. Приймаємо подачу $S_v = 0,8 \text{ мм/об}.$

3. Визначаємо розрахункову швидкість різання за емпіричною формулою:

$$V = \frac{C_v}{T^{0,2} t^{0,15} S^{0,35}} = \frac{120}{100^{0,2} 1,5^{0,15} 0,8^{0,35}} = 49,2 \text{ м/хв}.$$

4. Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя верстата:

$$n_p = \frac{1000V}{\pi D_{\text{сд}}} = \frac{1000 \cdot 49,2}{\pi \cdot 116} = 135,1 \text{ об/хв}.$$

5. Приймаємо $n_e = 125 \text{ об/хв}.$

6. За прийнятим значенням n_e визначаємо фактичну швидкість різання:

$$V_{\bar{\theta}} = \frac{\pi D_{\text{заг}} n_{\bar{\theta}}}{1000} = \frac{\pi 116 \cdot 125}{1000} = 45,53 \text{ м/хв.}$$

7. Визначаємо розрахункову довжину обробки:

$$L_p = L_0 + L_1 + L_2 + L_3;$$

$L_0 = 356$ мм – довжина оброблюваної поверхні;

$L_1 = 2$ мм – відстань для підводу різця до заготовки з робочою подачею;

$L_2 = t \operatorname{ctg} \varphi = 2 \operatorname{ctg} 45^\circ = 2$ мм - величина врізання різця в заготовку

$L_3 = 2$ мм - величина перебігу різця для завершення процесу обробки поверхні.

$$L_p = 356 + 2 + 2 + 2 = 362 \text{ мм}$$

7. Основний час на виконання переходу $t_{08} = \frac{L_p}{n_d S_d} = \frac{362}{125 \cdot 0,8} = 18,1$ хв.

8. Допоміжний час на виконання переходу:

$$t_d = t_1 + t_2 + t_3,$$

де $t_1 = 0,13$ хв.

$$t_2 = 0,06 + 0,06 = 0,12 \text{ хв.}$$

$$t_3 = 0,15.$$

Тоді $t_{д8} = 0,13 + 0,12 + 0,15 = 0,4$ хв.

Перехід 20.9. Розточити пов. 4 з $\varnothing 119$ до $\varnothing 120$ на прохід начисто

1. Глибина різання при чистовій обробці становить $t = 0,5$ мм.

2. $S_g = 0,15$ мм/об.

$$3. V = \frac{C_v}{T^{0,3} f^{0,1} S^{0,25}} = \frac{220}{100^{0,3} 0,5^{0,1} 0,15^{0,25}} = 96 \text{ м/хв.}$$

$$4. n_p = \frac{1000V}{\pi D_{\text{заг}}} = \frac{1000 \cdot 96}{\pi \cdot 119} = 256,9 \text{ об/хв.}$$

5. $n_e = 250$ об/хв.

6. За прийнятим значенням n_e визначаємо фактичну швидкість різання:

$$V_{\bar{\theta}} = \frac{\pi D_{\text{заг}} n_{\bar{\theta}}}{1000} = \frac{\pi 119 \cdot 250}{1000} = 93,4 \text{ м/хв.}$$

7. Визначаємо розрахункову довжину обробки:

$$L_p = L_0 + L_1 + L_2 + L_3;$$

$L_0 = 356$ мм – довжина оброблюваної поверхні;

$$L_1 = 2 \text{ мм}$$

$$L_2 = t \operatorname{ctg} \varphi = 0,25 \operatorname{ctg} 45^\circ = 0,25 \text{ мм}$$

$$L_3 = 2 \text{ мм}$$

$$L_p = 356 + 2 + 0,25 + 2 = 360,25 \text{ мм}$$

$$7. \text{ Основний час на виконання переходу } t_{09} = \frac{L_p}{n_a S_a} = \frac{360,25}{250 \cdot 0,15} = 9,6 \text{ хв.}$$

8. Допоміжний час на виконання переходу:

$$t_d = t_1 + t_2 + t_3,$$

$$t_1 = 0,13 \text{ хв.}; t_2 = 0,06 + 0,06 = 0,12 \text{ хв.}; t_3 = 0.$$

$$\text{Тоді } t_{d9} = 0,13 + 0,12 + 0 = 0,25 \text{ хв.}$$

Перехід 20.10. Точити фаску $15 \times 45^\circ$ пов. 3.

Оберти шпинделя залишаються такі ж, як і під час зовнішнього обточування з тим, щоб не витратити час на перемикання швидкості. $t_{010} = 1,6$ хв., $t_{d10} = 0,06$ хв.

Перехід 20.11. Точити фаску $15 \times 45^\circ$ пов. 3.

Оберти шпинделя залишаються такі ж, як і під час зовнішнього обточування з тим, щоб не витратити час на перемикання швидкості. $t_{011} = 1,6$ хв., $t_{d11} = 0,06$ хв.

Основний час на виконання операції становить:

$$T_0 = \sum t_{0i} = 10,8 + 20,5 + 2,06 + 1,6 + 0,68 + 2,68 + 1,6 + 18,1 + 9,6 + 1,6 + 1,6 = 70,82 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на виконання операції:

$$T_d = t_y + \sum t_d, \text{ де } t_y = 0,26 \text{ хв.} - \text{ допоміжний час на}$$

установлення (переустановлення), кріплення і зняття деталі. Тоді:

$$T_d = 0,26 + 0,25 + 0,25 + 0,25 + 0,06 + 0,13 + 0,25 + 0,06 + 0,4 + 0,25 + 0,06 = 2,22 \text{ хв.}$$

$$T_{\text{оп}} = T_o + T_d = 70,82 + 2,22 = 73,04 \text{ хв.};$$

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{оп}} + T_{\text{об}} + T_{\text{шт}}.$$

$$T_{\text{об}} = T_{\text{оп}} \cdot 0,03 \text{ і } T_{\text{шт}} = T_{\text{оп}} \cdot 0,04. \text{ Отже, } T_{\text{шт}} = 73,04 + 73,04 \cdot 0,03 + 73,04 \cdot 0,04 = 78,15 \text{ хв.}$$

Підготовчо-завершальний час:

$$T_{\text{п.з}} = T_{\text{п.з1}} + T_{\text{п.з2}}, \text{ де } T_{\text{п.з1}} = 7 \text{ хв. - час на одержання завдання, пристроїв і здачу по закінченні роботи; } T_{\text{п.з2}} = 10 \text{ хв. - час на налагодження установалення деталі}$$

$$T_{\text{п.з}} = 7 + 10 = 17 \text{ хв.}$$

Калькуляційний час на виконання операції під час виготовлення однієї деталі:

$$T_k = T_{\text{шт}} + T_{\text{п.з}}/n = 78,15 + 17/200 = 78,23 \text{ хв.}$$

Норма виробітку за одну годину становить:

$$N = 60/78,23 = 0,7 \text{ деталей.}$$

30. Токарна

Розрахунок переходів операції ідентичний до розрахунку деяких переходів 20-ї операції, оскільки деталь оброблюється з обох сторін однаково. Слідуючи з цього можна порахувати основний та допоміжний час на виконання операції як:

$$T_o = \sum t_{oi} = t_{o1} + t_{o2} + t_{o3} + t_{o4} + t_{o5} + t_{o6}, \text{ де } t_{o1} = 2,06 \text{ хв.}; t_{o2} = 0,68 \text{ хв.}; t_{o3} = 2,68 \text{ хв.};$$

$$t_{o4} = 1,6 \text{ хв.}; t_{o5} = 1,6 \text{ хв.}; t_{o6} = 1,6 \text{ хв.}; t_{o7} = 1,6 \text{ хв.};$$

$$T_o = 2,06 + 0,68 + 2,68 + 1,6 + 1,6 + 1,6 + 1,6 = 11,82 \text{ хв.}$$

Допоміжний час на виконання операції

$$T_d = t_y + \sum t_d, \text{ тоді:}$$

$$T_d = 0,74 + 0,25 + 0,13 + 0,25 + 0,06 + 0,06 + 0,06 = 2,92 \text{ хв.};$$

$$T_{\text{оп}} = T_o + T_d = 11,82 + 2,92 = 14,74 \text{ хв.};$$

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{оп}} + T_{\text{об}} + T_{\text{шт}}.$$

$$T_{\text{об}} = T_{\text{оп}} \cdot 0,03 \text{ і } T_{\text{шт}} = T_{\text{оп}} \cdot 0,04. \text{ Отже, } T_{\text{шт}} = 14,74 + 14,74 \cdot 0,03 + 14,74 \cdot 0,04 = 15,76 \text{ хв.}$$

Підготовчо-завершальний час:

$$T_{п.з} = T_{п.з1} + T_{п.з2} = 10 + 8 = 18 \text{ хв.}$$

Калькуляційний час на виконання операції під час виготовлення однієї деталі:

$$T_k = T_{шт} + T_{п.з}/n = 15,76 + 18/200 = 15,85 \text{ хв.}$$

Норма виробітку за одну годину становить:

$$N = 60/15,85 = 3 \text{ деталі.}$$

40. Протягувальна

Перехід 40.1. Протягнути шліцевий отвір пов.7, к-ть пазів $z=16$, модуль $m=3,5$.

1. Припуск на обробку становить $h = 7,9$ мм
2. Приймаємо подачу $Sz = 0,04$ мм
3. Визначаємо розрахункову швидкість різання за формулою:

$$V_p = \frac{C_v}{T^m \cdot S_z^y} = \frac{7,7}{300^{0,5} \cdot 0,04^{0,6}} = 3,07 \text{ м/хв..}$$

де T - період стійкості протяжки, хв. (приймається в межах 106...500хв);

C_v - коефіцієнт, що залежить від якості оброблюваного матеріалу, матеріалу ріжучої частини інструмента, умов різання та ін.;

m, y - показники степені (табульовані довідкові величини, які беруться з довідників).

Дана швидкість різання попадає в інтервал протягувального верстата 7510.

4. Визначаємо довжину робочого ходу протягування:

$$L = L + L_p + L_k + L_1$$

де $L = 55$ мм - довжина оброблюваної поверхні;

L_k - довжина калібрувальної частини протяжки, мм;

$$L_k = z_k \cdot t_k = 4 \cdot 14 = 56 \text{ мм;}$$

z_k - число калібрувальних зубів протяжки ($z_k = 4 \dots 8$);

t_k - крок калібрувальних зубців протяжки, мм.

$L_1 = 20$ мм - довжина перебігу протяжки (10...20 мм) за межі заготовки.

$L_p = 1119,25$ мм - довжина ріжучої частини протяжки;

$$L_p = \left[\frac{h}{2S} + (2...4) \right] \cdot t_p = \left[\frac{7,9}{2 \cdot 0,04} + 3 \right] \cdot 11 = 1119,25;$$

t_p - крок ріжучих зубів протяжки, мм.

$$L = 356 + 1119,25 + 56 + 20 = 1551,25 \text{ мм}$$

5. Основний час на виконання операції:

$$T_o = \frac{L \cdot K}{1000 \cdot V_p} = \frac{1551,25 \cdot 1,45}{1000 \cdot 3,07} = 0,73 \text{ хв.}$$

де L - довжина робочого ходу протягування, мм;

K - коефіцієнт, що враховує зворотній хід ($K=1,4...1,5$).

Допоміжний час на виконання операції

$$T_d = 2 \text{ хв.}$$

$$T_{оп} = T_o + T_d = 0,73 + 2 = 2,73 \text{ хв.};$$

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{об} + T_{шт}.$$

$$T_{об} = T_{оп} \cdot 0,03 \text{ і } T_{шт} = T_{оп} \cdot 0,04. \text{ Отже, } T_{шт} = 2,73 + 2,73 \cdot 0,03 + 2,73 \cdot 0,04 = 2,92 \text{ хв.}$$

Підготовчо-завершальний час:

$T_{п.з} = T_{п.з1} + T_{п.з2}$, де $T_{п.з1} = 10$ хв. - час на одержання завдання, пристроїв і здачу по закінченні роботи; $T_{п.з2} = 10$ хв. – час на налагодження установлення деталі

$$T_{п.з} = 10 + 10 = 20 \text{ хв.}$$

Калькуляційний час на виконання операції під час виготовлення однієї деталі:

$$T_k = T_{шт} + T_{п.з}/n = 2,92 + 20/200 = 3,02 \text{ хв.}$$

Норма виробітку за одну годину становить:

$$N = 60/3,02 = 19 \text{ деталей.}$$

50. Зубофрезерна

Перехід 50.1. Фрезерувати зубчатий вінець начорно $m=25$ мм, $z=25$ мм

1. Приймаємо глибину різання $t = 1,5$ мм

2. Для чорнового фрезерування приймаємо подачу фрези $S = 2,2$ мм/об
 3. Обчислюємо швидкість різання:

$$V = \frac{560m^{0,5}}{T^{0,5} \cdot s^{0,85}} = \frac{560 \cdot 25^{0,5}}{480^{0,5} \cdot 2,2^{0,85}} = 65,4 \text{ м/хв}$$

де T – стійкість черв'ячної фрези, яка призначається в залежності від чистоти обробки. Для чистової обробки період стійкості $T=240$ хв., а для чорнової обробки матеріалу із сталі $T=480$ хв., чавуна $T=960$ хв.

Швидкість обертання фрези визначається за формулою:

$$n_{\phi} = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 65,4}{\pi \cdot 160} = 130, \text{ об/хв.}$$

де D – зовнішній діаметр фрези, мм.

Приймаємо $n_{\phi} = 125$ об/хв.

4. Основний (машинний) час при зубофрезеруванні визначається за формулою, яка є загальною для всіх видів механічної обробки

$$\text{матеріалів: } T_0 = \frac{L}{S_{\text{хв}}} i;$$

де L – відстань, яку проходить фреза при обробці деталі, мм;

$S_{\text{хв}}$ – хвилинна подача, мм/хв.; i – кількість робочих ходів.

При зубофрезеруванні черв'ячною фрезою розрахункову довжину фрезерування можна визначити так:

$$L = b + l + l_1.$$

За аналогією із циліндричними фрезами величини врізання знаходиться за

$$\text{формулою: } l = \sqrt{h(d_{\text{до}} - l_1)} = \sqrt{1,5 \cdot (160 - 5)} = 15,25 \text{ мм};$$

де $h = t = 1,5$ мм – глибина фрезерування, мм;

$d_{\text{до}} = 160$ мм – зовнішній діаметр фрези;

$l_1 = 5$ мм – перебіг фрези, який приймають у межах 3...5 мм.

Хвилинна подача розраховується за формулою:

$$S_{\text{дд}} = S \cdot K \cdot n_{\phi} / z_k = \frac{2,2 \cdot 1 \cdot 63}{25} = 5,544 \text{ мм/хв.};$$

де S – подача за один оберт фрези, мм/об;

$K = 1$ - число заходів черв'ячної фрези;

$n_{\text{ф}} = 240$ об/хв – число обертів фрези за хвилину;

$z_{\text{к}} = 25$ - число зубів колеса, що нарізуються.

1. Основний час на виконання операції:

$$T_o = \frac{L}{S_{\text{об}}} i = \frac{15,25}{5,544} \cdot 12 = 33 \text{ хв.}$$

Допоміжний час: на установлення і зняття деталі $t_y = t_{y1} + t_{y2}$,

де t_{y1} – допоміжний час безпосередньо на установлення та зняття деталі; при установленні деталей масою до 8 кг з кріпленням гайкою з допомогою ключа $t_{y1} = 0,52$ хв. $t_{y2} = 0,1$ хв. – додаток на очищення місця установлення деталі від стружки.

Тоді $t_y = 0,52 + 0,1 = 0,62$ хв.

Допоміжний час, пов'язаний з переходом, для верстатів з довжиною стола до 750 мм, автоматичним переміщенням, при фрезеруванні пазів фрезою, установленою на розмір,

$t_d = 0,06$ хв.

Тоді допоміжний час $T_d = t_y + t_d = 0,62 + 0,06 = 0,68$ хв.

Оперативний час $T_{\text{оп}} = T_o + T_d = 33 + 0,68 = 33,68$ хв,

$T_{\text{шт}} = T_{\text{оп}} + T_{\text{об}} + T_{\text{пер}}$,

де $T_{\text{об}} = 0,045 T_{\text{оп}}$ і $T_{\text{пер}} = 0,06 T_{\text{оп}}$ – відповідно, допоміжний час на обслуговування робочого місця і на відпочинок та природні потреби, що беруться у відсотках оперативного часу (табл.36).

$T_{\text{шт}} = 33,68 + 0,045 \cdot 33,68 + 0,06 \cdot 33,68 = 37,21$ хв.

Калькуляційний час на фрезерування однієї деталі

$T_{\text{к}} = T_{\text{шт}} + T_{\text{п.з}}/n$,

де $T_{п.з}$ – підготовчо-заготівельний час, який визначається як сума часу налагодження верстата та на одержання наряду, інструментів, пристроїв:

$$T_{п.з}=14+2+7=23 \text{ хв.}$$

$$\text{Тоді } T_k=37,21+23/200=37,325 \text{ хв}$$

Норма виробітку за годину становить:

$$N=60/T_k=60/37,325 =1 \text{ деталь.}$$

8. ВИМОГИ ЩОДО МОНТАЖУ І ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ

8.1. Опис виконання дій з встановлення і з'єднання узлів преса

Перед початком монтажних робіт необхідно заздалегідь підготувати підйомно-транспортні засоби з відповідною вантажопідйомністю, які, за можливості, мають перебувати у постійній готовності до використання. У процесі виконання операцій із піднімання та переміщення обладнання слід суворо дотримуватися встановленої послідовності дій і вимог щодо точності виконання робіт.

Установлення преса повинно здійснюватися виключно кваліфікованим та досвідченим персоналом, який зобов'язаний неухильно дотримуватися процедур, викладених у даному розділі. Працівники мають діяти уважно та зосереджено, проявляючи підвищену пильність з метою запобігання виникненню аварійних або непередбачених ситуацій.

Приміщення для монтажу пресового обладнання обирається таким чином, щоб навколо машини залишався достатній вільний простір. Під час оцінювання цього параметра необхідно враховувати потребу в зручному та безпечному доступі до всіх вузлів преса під час його експлуатації, обслуговування та ремонту.

На відповідному рисунку наведено мінімальні відстані, необхідні для встановлення обладнання. Вільний простір навколо преса повинен відповідати зазначеним розмірам або перевищувати їх. Для виконання монтажних і регламентних робіт передбачаються спеціальні засоби доступу до обладнання.

Під час проведення робіт на висоті понад 2 м обов'язково повинні використовуватися відповідні стаціонарні або тимчасові конструкції, зокрема помости, підмостки чи монтажні ліси. У будь-якому випадку необхідно застосовувати заходи безпеки, спрямовані на запобігання травмуванню персоналу внаслідок падіння людей або важких предметів.

Настили, службові та перехідні містки, трапи, розташовані на висоті

більше 2 м, мають бути з усіх відкритих боків обладнані надійними огороженнями. Поручні повинні складатися з одного або декількох рядів паралельно розташованих дерев'яних дощок, верхній край яких має знаходитися на висоті не менше 1 м від поверхні проходу. Крім того, обов'язковою є наявність бортової дошки висотою не менше 20 см, закріпленої біля настилу для запобігання зісковзуванню ніг.

Під час виконання висотних робіт або операцій, пов'язаних з ризиком падіння, обов'язковим є застосування страхувальних поясів або стропів із карабінами. Для підвищення рівня безпеки необхідно передбачити надійні точки кріплення страхувальних систем.

Монтаж і демонтаж тимчасових конструкцій повинні здійснюватися під постійним контролем відповідальної особи. Забороняється зберігання деталей і матеріалів на службових містках та монтажних лісах, за винятком тимчасового розміщення інструменту чи матеріалів, безпосередньо необхідних для виконання поточних робіт.

Загальна маса матеріалів та працівників, які перебувають на містках або настилах, не повинна перевищувати допустиме навантаження, визначене для цих конструкцій. Поверхні, зайняті деталями, мають залишатися вільними для безперешкодного пересування персоналу та забезпечувати можливість виконання всіх операцій з належною якістю та безпекою.

8.2 Установка редуктора

Редуктор необхідно встановлювати з надійним кріпленням на бетонному фундаменті або на жорсткій металевій рамі, здатній сприймати навантаження від редуктора без виникнення деформацій. У випадку монтажу на металеву конструкцію система кріплення повинна бути виконана таким чином, щоб повністю виключити можливість осьових переміщень агрегата.

Під час встановлення редуктора на бетонну основу обов'язково слід передбачити застосування металевих підкладних плит у зоні розташування

анкерних болтів. Редуктор оснащений регулювальними гвинтами, за допомогою яких здійснюється його точне встановлення. Дана операція повинна виконуватися з особливою ретельністю, оскільки навіть незначні похибки у вирівнюванні або порушення компланарності під час затягування болтів можуть призвести до неспіввісності зубчастого зачеплення, погіршення експлуатаційних характеристик та зростання навантажень на окремих, найбільш навантажених ділянках.

Наявні нерівності опорної поверхні необхідно компенсувати шляхом встановлення металевих прокладок, розміщених максимально близько до анкерних болтів. При цьому опорна площа кожуха редуктора повинна бути якомога більшою для рівномірного розподілу навантаження.

Після вирівнювання редуктор слід остаточно закріпити, рівномірно затягнувши фундаментні болти до упору, переконавшись, що при цьому не створюється додатковий вплив на жоден із його вузлів. Далі необхідно повторно перевірити співвісність валів і переконатися у їх вільному обертанні в посадкових гніздах.

Операцію вирівнювання рекомендується виконувати із застосуванням високоточного рівня з ціною поділки соті частки. Редуктор має бути вирівняний відносно преса, а його положення повинно забезпечувати дотримання вимог компланарності, зазначених вище.

Забороняється виконувати будь-які зварювальні роботи безпосередньо на кожусі редуктора, оскільки це може спричинити пошкодження окремих елементів, зокрема підшипників та інших точних вузлів.

Під час монтажу або демонтажу муфт і шківів необхідно використовувати різьбовий отвір, спеціально передбачений на торці валу, застосовуючи відповідний знімач. Використання ударних інструментів, таких як молотки, категорично не допускається з метою запобігання пошкодженню деталей.

8.3. Встановлення преса

Зазвичай прес відвантажується з підприємства-виробника у вже зібраному вигляді, тому на місці монтажу необхідно заздалегідь передбачити наявність підйомно-транспортних засобів відповідної вантажопідйомності. У випадку, якщо виникає потреба виконувати складання преса безпосередньо на місці експлуатації, умови та порядок проведення таких робіт узгоджуються окремо.

Кріпильні елементи фланця редуктора, стяжних хомутів, опорних вузлів і розпірних кронштейнів повинні затягуватися із застосуванням динамометричного ключа з дотриманням заданих моментів затягування.

1. Розмістити на майданчику всі складові частини преса, звертаючи особливу увагу на збереження оброблених поверхонь; деталі слід укладати на відповідні підкладки, наприклад, дерев'яні бруси.
2. Звести між собою обидві половини рами.
3. Встановити чотири напрямні штифти, контролюючи правильність взаємного вирівнювання двох частин конструкції.
4. Вставити з'єднувальні болти каркаса та сполучної тяги і виконати їх затягування.
5. Установити каркас на опорні ніжки та надійно його закріпити.
6. З обох боків, з боку пульта керування, під напрямними планками каркаса встановити по одному домкрату вантажопідйомністю 40 т для запобігання можливим прогинам конструкції.
7. Проварити ванну рами вздовж центрального стику, використовуючи зварювальний прут із нержавіючої сталі марки 309.
8. Змонтувати центральні штанги, загвинчуючи їх до повного упору.
9. Установити чотири фільтрувальні листи.
10. Змонтувати бічні штанги та загвинтити їх до упору.
11. Виконати перевірку правильності встановлення та провести остаточне вирівнювання преса.

12. Установити жомові шнеки з урахуванням маркування:
 – з боку органу керування – за позначеннями на фланці та на шнеку;
 – з протилежного боку – за мітками на втулці, опорі, розташованій з протилежного боку від органу керування, та на підкладній балці опор (відповідно до схеми).

13. Змонтувати завантажувальний бункер, зовнішню запірну пластину та елементи, що входять до складу спеціальних ущільнень.

14. Установити перше верхнє сито з боку завантажувального бункера.

15. Розпочати монтаж наступних верхніх сит.

16. Затягнути з'єднувальні болти фільтрувального вузла та зафіксувати гвинти стяжних хомутів. Перед цим змастити головки болтів і початкову частину різьби, після чого встановити спеціальні пластмасові ковпачки, що постачаються разом із пресом. Завершити операцію затягуванням з'єднувальних болтів бічних штанг.

ПОПЕРЕДЖЕННЯ: Після закінчення регулювання рівня, перевірити затискач болтів і вставити контргайку.

Після цього необхідно зварити пунктиром розпірки, у разі їх наявності, вставлені у фундамент плити. Це необхідно для уникнення ослаблення клинових планок, що викликано вібраціями.

18. Через декілька діб роботи перевіряємо, що всі гвинти стяжних хомутів добре затягнуті.

ПОПЕРЕДЖЕННЯ: Ретельно затягнути болти розпірних кронштейнів закріплених на редукторі і міцно-міцно зафіксувати контргайки до кронштейнів, щоб уникнути ослаблення гвинтів.

19. Змонтувати систему промивання фільтрувального вузла.

20. Установити нижню секцію кожуха, починаючи монтаж із боку завантажувального бункера. Усі елементи кожуха мають маркування, що полегшує процес складання. Під час виконання всіх монтажних робіт,

пов'язаних із кожухом і бункером, необхідно уважно герметизувати силіконом усі стикові з'єднання.

21. Встановити опорні колонки з боку бункера завантаження та з боку редуктора, а також труби, призначені для кріплення верхньої частини кожуха.

22. Змонтувати верхню секцію кожуха, розпочинаючи з боку завантаження та суворо дотримуючись монтажних позначок.

23. Закріпити запірну пластину кожуха з боку редуктора.

24. Установити ручки на сервісних дверцятах та люках.

25. Змонтувати бічні дверцята (люки), починаючи з боку завантажувального бункера. У разі ручного переміщення бічних люків рекомендується залучати достатню кількість персоналу (не менше двох осіб на кожен люк). Для захоплення необхідно використовувати передбачені конструкцією ручки.

26. Установити верхні дверцята (люки), розпочинаючи монтаж також з боку бункера. При ручному встановленні верхніх люків слід забезпечити участь щонайменше двох працівників на кожен елемент і користуватися штатними ручками.

27. Змонтувати систему промивання валів.

28. Установити вузол керування, до складу якого входять балансир електродвигуна, шків, приводні ремені та захисний кожух.

29. Провести ретельне змащення підшипників валів і спеціальних ущільнень у повній відповідності до наданих інструкцій.

30. Заповнити редуктор мастилом згідно зі схемою мастильних матеріалів та виконати регулювання елементів системи змащування.

31. Здійснити підключення всіх необхідних електричних ланцюгів, зокрема систем промивання валів, фільтрувального вузла, приводного електродвигуна та двигуна масляного насоса.

32. За наявності бетонних фундаментів компанія «Babbini» рекомендує заповнювати отвори під анкерні болти хімічним цементом.

Доцільно використовувати матеріал із високою швидкістю тверднення, здатний витримувати статичні та динамічні навантаження, зазначені в фундаментних кресленнях, і такий, що має мінімальну або нульову зміну об'єму в процесі тверднення.

33. Підфарбувати лакофарбовим матеріалом, що постачається разом із пресом, ті ділянки обладнання, які могли бути пошкоджені під час транспортування або монтажу.

Після виконання всіх перелічених вище операцій необхідно провести пробний пуск преса на холостому ході.

8.4. Встановлення труби для виходу пари

Протягом технологічного циклу обробки всередині преса утворюється водяна пара. Ця пара накопичується під захисним кожухом із нержавіючої сталі, який оснащений трубою для відведення з боку розвантаження матеріалу.

На заводі прес постачається з розвантажувальною трубою, закритою фланцем. Клієнт має можливість як підключити, так і залишити розвантажувальну трубу нез'єднаною з заводською системою, щоб направляти водяну пару назовні кожуха. В умовах специфічної експлуатації підключення труби може сприяти підвищенню вмісту сухих речовин у продукті, а також захищати прокладки редуктора, які можуть перебувати в контакті з парами всередині кожуха. Обсяг утвореної пари змінюється залежно від типу перероблюваного продукту та конкретного методу його обробки.

9. ОПИС СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

Нижченаведена панель керування постачається компанією «Babbini S.p.A.» для включення системи промивання внутрішньої порожнини перфорованих валів.

Підключення панелі керування до електромережі виконується замовником.

Нижче наведені основні стандартні панелі та відповідні електричні схеми.

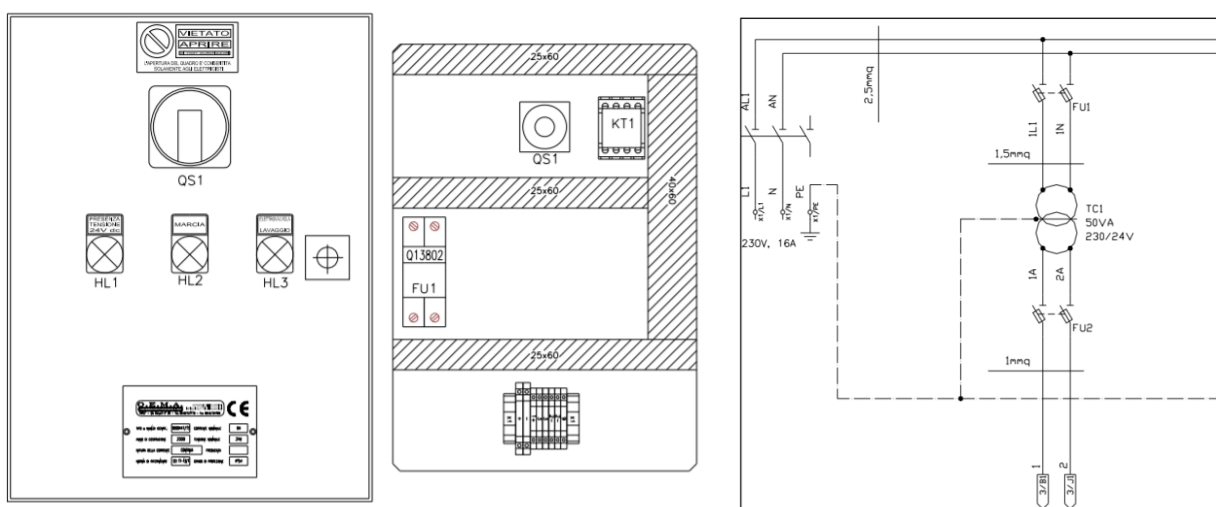


Рис.9.6. Електрична схема панелі управління системи промивання валів
24В постійного струму-24В постійного струму

QS1 – Вимикач-роз'єднувач блокування дверцята 3x16A

FU1 – Роз'єднувач блоку запобіжників 20,3x38 із запобіжниками 6A Gg

KT1 – Таймер часу роботи ev2

HL1 – Світловий індикатор наявності напруги 24В

HL2 – Світловий індикатор запуску циклу в роботу

HL3 – Світловий індикатор ev2 увімкнено

EV2 – Електроклапан промивання валів

X1 – Клемна коробка панелі

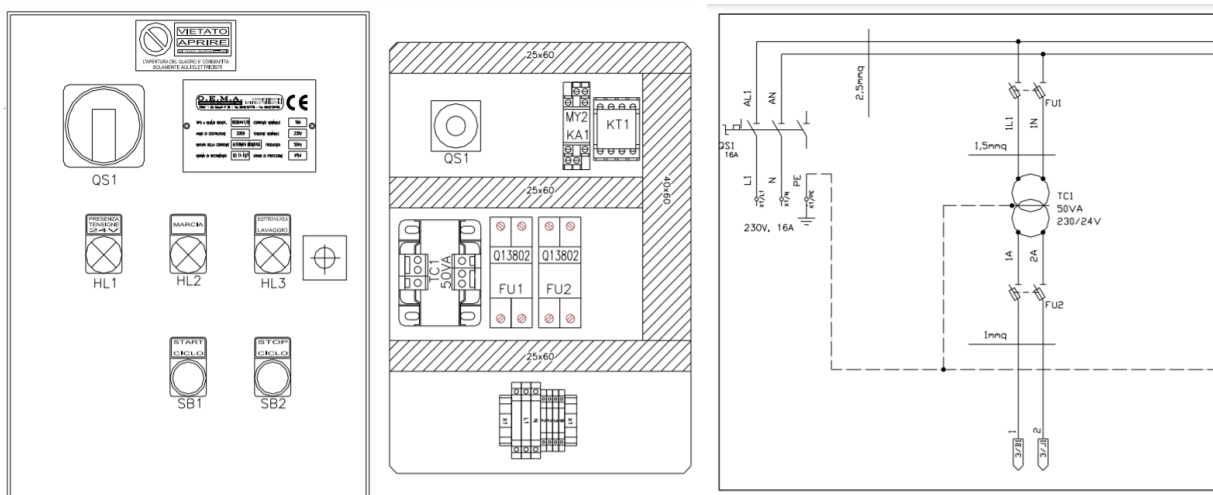


Рис.9.7. Електрична схема панелі управління системи промивання валів
24В змінного струму-230В змінного струму

QS1 – Вимикач-роз'єднувач блокування дверцят 3x16А

FU1 – Роз'єднувач блоку запобіжників 10,3x38 із запобіжниками 2А Gg

FU2 – Роз'єднувач блоку запобіжників 10,3x38 із запобіжниками 2А Gg

TC1 – Контурний трансформатор 24В перемінного току 5.2

ІНДИКАТОРИ

На панелях управління наведених попередньо встановлені наступні світлові індикатори:

- **HL1** Сигнальний індикатор наявності напруги 24В
- **HL2** Світловий індикатор пуску циклу в роботу
- **HL3** Світловий індикатор електроклапану увімкнено
- **SB1** Кнопка пуску циклу
- **SB2** Кнопка зупинки циклу

Положення даних індикаторів зазначено у розмічальних схемах попередньо.

ВИБІР РЕЖИМІВ РОБОТИ

Панель управління системи промивання валів може працювати в автоматичному або напівавтоматичний режим.

Автоматичний режим: після підключення панелі керування до електромережі повернути вимикач-роз'єднувач **QS1** у положення 1. Цикл запущено. Зупинка циклу виконується повертанням вимикача-роз'єднувача **QS1** у положення 0.

Напівавтоматичний режим: після підключення панелі керування до електромережі, повернути вимикач-роз'єднувач **QS1** у положення 1 і натиснути кнопку **SB1**. Цикл запущено. Зупинка циклу виконується натисканням кнопки **SB2**.

Панель управління системи промивання валів 24В постійного струму – 24В постійного струму

Панель керування, що працює від 24V DC, виконує дії в автоматичному режимі.

Запуск циклу внутрішнього промивання валів має співпадати із запуском роботи завантаженого преса.

Наявність напруги підтверджується увімкненням індикатора HL1; пуск у роботу циклу підтверджується включенням індикатора HL1; пуск у роботу електроклапану підтверджується увімкненням індикатора HL3. Зупинка циклу підтверджується вимкненням індикатора HL2.

Панель управління системи промивання валів

Панель управління працює від 230V/400V AC виконує дії у напівавтоматичному режимі.

Запуск циклу внутрішнього промивання валів має співпадати із запуском роботи завантаженого преса.

Наявність напруги підтверджується увімкненням індикатора **HL1**; пуск у роботу циклу підтверджується включенням індикатора **HL1** та кнопкою **SB1**; пуск у роботу електроклапану підтверджується увімкненням індикатора **HL3**.

Зупинка циклу підтверджується включенням кнопки **SB2** та вимкненням індикатора **HL2**.

KA1 – Допоміжне реле команд управління циклом

KT1 – Таймер часу роботи ev2

SB1 – Кнопка пуску циклу

SB2 – Кнопка зупинки циклу

HL1 – Світловий індикатор наявності напруги 24В

HL2 – Світловий індикатор запуску циклу в роботу

HL3 – Світловий індикатор ev2 увімкнено

EV2 – Електроклапан промивання валів

X1 – Клемна коробка панелі

10. ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ

10.1. Загальні вимоги охорони праці

1.1. До роботи на пресовому обладнанні допускаються особи віком від 18 років, які пройшли медичне обстеження, вступний та первинний інструктаж на робочому місці з охорони праці, навчені безпечним методам виконання робіт та успішно підтвердили знання в атестаційній комісії.

1.2. Працівники повинні проходити повторний інструктаж з охорони праці за своєю професією та видами виконуваної роботи щоквартально, а чергову перевірку знань – щорічно.

1.3. Працівникам надається спецодяг, спеціальне взуття та засоби індивідуального захисту відповідно до чинних нормативів (бавовняний костюм, захисні окуляри, шкіряні черевики з металевим носком, комбіновані рукавиці).

1.4. Під час роботи на пресах працівники піддаються впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів, зокрема:

- ураження електричним струмом;
- недостатня освітленість робочої зони;
- шум і вібрація;
- підвищена запиленість повітря;
- підвищена температура навколишнього середовища;
- ризик пожежі;
- обертові частини обладнання;
- задирки, стружка та гострі кромки матеріалів;
- падіння інструменту, деталей преса та виготовленої продукції.

1.5. Працівники повинні дотримуватися встановлених норм підйому та переміщення вантажів вручну. При повторному підйомі вантажів до двох разів на годину з чергуванням іншої роботи допустимі маси:

- для чоловіків – до 30 кг;
- для жінок – до 10 кг.

1.6. Механізми обладнання, що становлять потенційну небезпеку для персоналу, повинні мати огороження у вигляді знімних, відкидних або розсувних кожухів з блокуючими пристроями, які автоматично зупиняють обладнання під час відкривання або зняття огорожі та не дозволяють його запускати з відкритою огорожею.

1.7. Оборотні частини обладнання, розташовані на висоті нижче 2,5 м від підлоги або робочих майданчиків, повинні бути захищені суцільними або сітчастими огорожами.

1.8. Усі пускові пристрої повинні мати наочні позначки, що вказують на їх призначення.

1.9. На маховиках повинні бути встановлені стрілки, що показують напрямок обертання.

1.10. Дворучне керування обладнання повинно бути організоване так, щоб виключити випадкове натискання; важелі повинні мати фіксатори, а ножні педалі – огорожі з трьох сторін.

1.11. Електрообладнання з відкритими струмопровідними частинами має бути розміщене всередині шаф із замикальними дверцятами або закрито заземленими захисними кожухами у доступних для персоналу місцях.

1.12. Дворучне керування має забезпечувати активацію обладнання лише при одночасному натисканні обох механізмів керування, з максимально допустимою затримкою не більше 0,5 с.

1.13. Всі струмопровідні частини, які є потенційно небезпечними, повинні бути надійно ізольовані, захищені або розташовані в недоступних для працівників місцях.

1.14. Преси повинні бути оснащені замикальними пристроями для відключення електродвигуна під час перерв або простою.

1.15. Інструменти повинні зберігатися в спеціально відведених шафах або столиках поруч із обладнанням, а за потреби – всередині преса, якщо це передбачено конструкцією та безпечно.

1.16. Працівники зобов'язані дотримуватися правил внутрішнього трудового розпорядку та вимог пожежної безпеки. Забороняється споживання алкоголю та перебування у стані алкогольного або наркотичного сп'яніння на території підприємства. Куріння дозволяється лише у спеціально визначених місцях.

1.17. У разі нещасного випадку необхідно негайно надати потерпілому першу допомогу та, за потреби, організувати його доставку до медичного закладу. Обстановку на місці події слід зберегти для початку розслідування, якщо це не загрожує життю та здоров'ю інших працівників і не створює аварійну ситуацію.

1.18. Порухення цієї інструкції та інших нормативних актів з охорони праці тягне за собою застосування дисциплінарних заходів. У випадках, що призвели до травм або інших тяжких наслідків, порушники можуть бути притягнуті до адміністративної, матеріальної або кримінальної відповідальності відповідно до законодавства.

10.2. Вимоги охорони праці перед початком роботи

2.1. Отримати від керівника робіт завдання та пройти інструктаж щодо безпечних методів виконання дорученої роботи.

2.2. Одягнути спецодяг, спеціальне взуття та засоби індивідуального захисту, застебнути їх, волосся прибрати під головний убір.

2.3. Оглянути робоче місце та проходи, переконатися у відсутності сторонніх предметів, що можуть перешкоджати безпечній роботі.

2.4. Перевірити наявність та справність обладнання, механізмів керування, інструменту, допоміжних пристроїв, захисних огорож, надійність заземлення та працездатність блокувальних пристроїв.

2.5. Переконатися у достатності освітлення робочої зони, при цьому світло не повинно засліплювати працівника.

2.6. Про всі виявлені недоліки негайно повідомляти майстра і до усунення порушень не приступати до роботи.

10.3. Вимоги охорони праці під час роботи на пресах

3.1. Під час роботи на пресах працівник зобов'язаний регулярно контролювати надійність кріплення штампів.

3.2. При встановленні оснащення обладнання необхідно відключати прес і вживати запобіжних заходів проти мимовільного опускання повзуна.

3.3. У процесі роботи слід перевіряти стан елементів кріплення оснащення (клини, шпонки, опорні поверхні підштампових плит).

3.4. Видаляти застряглі штампи у верхній або нижній вставці дозволяється тільки за допомогою зубила без термообробки та молотка, тримаючи руки поза небезпечною зоною.

3.5. Перед установкою оснащення робітник повинен оглянути його на наявність дефектів (тріщин, сколів).

3.6. Забороняється заклинювати кнопки дворучного керування та виконувати роботу на пресі з однією кнопкою або важелем.

3.7. Не допускається працювати на пресі при знятому захисному огороженні або на несправному обладнанні.

3.8. При штампуванні деталей обов'язково використовувати пінцет і захисні окуляри.

3.9. Роботи на пресах забороняється виконувати без спецодягу та засобів індивідуального захисту.

3.10. Забороняється одночасно використовувати педаль та кнопки дворучного керування.

3.11. Установку та зняття оснастки і пристроїв, прибирання, змащування, чистку обладнання, зміну інструменту, регулювання упорів і захисних пристроїв слід виконувати тільки при відключеному електродвигуні і повній зупинці обертових і рухомих частин.

3.12. Перевіряти силову електропроводку, проводи захисного заземлення та їх справність. Налаштовувати місцеве освітлення так, щоб робоча зона була добре освітлена, але світло не засліплювало очі. Лампи місцевого освітлення повинні працювати при напрузі до 42 В.

3.13. Всі операції з металом виконувати лише у справних рукавицях.

3.14. Забороняється просувати руки в проміжок між пуансоном і матрицею, а також виконувати штампування матеріалів товщиною, що перевищує допустимі значення, зазначені у паспорті обладнання.

10.4. Вимоги охорони праці в аварійних ситуаціях

Дії у надзвичайних ситуаціях

4.1. У разі виникнення обставин, що можуть призвести до аварії або нещасного випадку, роботу слід негайно припинити та відключити використане обладнання.

4.2. При пожежі або загорянні необхідно терміново повідомити пожежну службу за номером 101, сповістити керівництво та розпочати гасіння полум'я наявними засобами пожежогасіння.

4.3. У разі нещасного випадку працівник зобов'язаний надати першу допомогу постраждалому, викликати швидку допомогу за телефоном 103, повідомити адміністрацію підприємства, а також, якщо це не загрожує життю оточуючих, зберегти обстановку на місці події для подальшого розслідування причин інциденту.

10.5. Вимоги охорони праці після закінчення роботи

5.1. Вимкнути обладнання після завершення роботи.

5.2. Навести порядок на робочому місці.

5.3. Інструменти, спецодяг та засоби індивідуального захисту прибрати у визначені місця зберігання.

5.4. Повідомити майстра про виконану роботу, а також про будь-які зауваження або недоліки, помічені під час експлуатації обладнання.

5.5. Обов'язково вимити руки з милом після завершення робіт.

10.6. Охорона довкілля

До недавнього часу розвиток людства і процеси самоочищення навколишнього середовища від техногенних забруднень перебували у певній динамічній екологічній рівновазі. Проте в останні роки різке зростання чисельності населення, стрімкий розвиток промисловості, сільського та комунального господарства, а також інші антропогенні чинники спричинили негативні наслідки, які біосфера не завжди здатна компенсувати.

На сучасному етапі науковці-екологи концентрують увагу на вирішенні кількох ключових проблем, що визначають основні напрямки сучасної екології:

1. Раціональне управління виробничими процесами.

Мета – розробка заходів для ефективного і раціонального використання природних ресурсів.

2. Стійкість природних ресурсів і вплив антропогенних факторів.

Ця проблема пов'язана із змінами у біосферних зв'язках навколишнього середовища. Дослідження спрямовані на створення нових природно-господарських екосистем із ознаками стабільності, стійкості та максимальної ефективності продуктивних процесів.

3. Екологізація виробництва.

Вирішення цього питання полягає у виробництві продукції з мінімальним негативним впливом на довкілля, при мінімальних витратах природних ресурсів (сировини, енергії, палива та інших матеріалів) і зменшенні кількості невикористаних та розсіяних відходів, що не порушують функціонування екосистем і біосфери загалом.

Зважаючи на сучасний екологічний стан в Україні, особлива увага приділяється контролю викидів і забруднень підприємств у навколишнє середовище.

Підприємства харчової промисловості, зокрема сушильні, є значними джерелами екологічного навантаження, тому на них приділяється велика увага вирішенню екологічних питань.

Система екологічної служби на таких підприємствах складається з трьох основних підрозділів, підпорядкованих головному екологу:

1. **Ліміти, викиди та моніторинг.** Розробка проектів ГДВ та спостереження здійснюється безпосередньо екологом.
2. **Звітність водного господарства.** Відповідальність покладається на начальника виробничої лабораторії та енергетика.
3. **Аналіз стічних вод.** Виконує один із лаборантів.

Необхідність такої організації екологічної служби пояснюється великим обсягом виробництва та значним навантаженням на довкілля.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі на тему «Модернізація преса глибокого віджиму марки **Babbini-22SP** продуктивністю 2200 т/добу» проведено модернізацію зазначеного обладнання, що передбачає розробку пристрою для підвищення ступеня зневоднення свіжого жому у вертикальній завантажувальній шахті двошнекового горизонтального преса глибокого віджиму, а також забезпечення повернення отриманої жомопресової води до дифузійного апарата.

У роботі здійснено детальний аналіз конструкції преса марки **Babbini-22SP**; виконано обґрунтування та опис технічного рішення щодо модернізації окремих елементів преса. Розрахункова частина містить технологічні, кінематичні, теплові та силові обчислення обладнання, розрахунки на міцність робочих органів. Крім того, наведено основні заходи з монтажу, експлуатації та ремонту устаткування, а також розроблено інструкції з охорони праці та техніки безпеки. У роботі також представлено технологію виготовлення деталі-представника – шестерні.

Завдяки проведеній модернізації конструкції пресу очікується підвищення ефективності вилучення цукрози з бурякової стружки шляхом удосконалення дифузійно-пресової технології екстракції сахарози та процесу пресування свіжого жому.

Модернізаційні заходи спрямовані на зменшення переходу нецукрів у жомопресову воду, підвищення якості екстрагенту, дифузійного та очищеного соку, що в результаті дозволить скоротити енергетичні витрати на технологічні потреби виробництва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості: підруч. для студентів ВНЗ / Мирончук В.Г., Гулий І.С., Пушанко М.М. та ін. Вінниця: Нова книга, 2007. 648 с.

2. Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості: навч. посіб. / Мирончук В.Г., Орлов Л.О., Пушанко М.М. та ін. Вінниця: Нова книга, 2004. – 288 с.

3. Монтаж та технічний сервіс обладнання. Практикум: навч. посіб. / за ред. В.Г. Мирончука. К : НУХТ, 2017. 162 с.

4. Заплетніков І.М., Мирончук В.Г., Кудрявцев В.М. Експлуатація і обслуговування технологічного обладнання харчових виробництв: навч. посіб. Київ: «Кафедра», «Центр учбової літератури», 2012. 344 с.

5. Чепелюк О.О., Єщенко О.А., Доломакін Ю.Ю. Гігієнічні вимоги до проектування обладнання харчових виробництв: підруч. Київ: НУХТ, 2017. 311 с.

6. Сухенко Ю.Г., Литвиненко О.А., Сухенко В.Ю. Надійність і довговічність устаткування харчових і переробних виробництв: підруч. для студентів ВНЗ Київ : НУХТ, 2010. 547 с.

7. Загальні технології харчових виробництв: підручник / В.А. Домарецький, П.Л. Шиян, М.М. Калакура, Л.Ф. Романенко; Київ: НУХТ, 2010. 814 с.

8. Справочник механика пищевой промышленности / А.И. Соколенко иа ін.; Арт Эк. Київ, 2004. 304 с.

9. Ткаченко С.Й., Співак О.Ю. Сушильні процеси та установки: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2007. 76 с.

10. Механічні процеси і обладнання переробного та харчового виробництва: навч. посібник / П.С.Берник, З.А.Стоцько, І.П.Паламарчук, В.В.Яськов. Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2004. – 336 с.

11. Ванін В.В., Перевертун В.В., Надкернична Т.М. Комп'ютерна інженерна графіка в середовищі AutoCAD. Київ : Каравелла, 2006. 334 с.

12. Теплообмінні процеси та обладнання переробного та харчового виробництва: навчальний посібник / І.П.Паламарчук та ін.; Бескид Біт. Львів, 2006. 368 с.

13. Обладнання для харчової промисловості. Вимоги щодо безпеки і гігієни. Частина 2. Вимоги щодо гігієни: ДСТУ EN 1672-2-2001. [Чинний від 2003–01– 01]. Київ: Державний комітет України з питань технічного регулювання та споживчої політики, 2002. 32 с. (Національний стандарт України).

14. Оформлення бібліографічних посилань у наукових роботах: методичний poradnik / автори-укладачі: І. Костина, В. Каленська, О. Олабоді; ред. Н. Левченко. – Київ : Науково-технічна бібліотека Національного університету харчових технологій, 2017. – 31 с.

15. Методичні рекомендації до виконання випускової кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування» спеціалізаосвітньо-професійної програми «Інжиніринг харчових та біотехнологічних виробництв» ден. та заоч. форм навчання [Електронний ресурс] / Уклад. В.Г. Мирончук, М.В.Якимчук, О.М.Гавва, Р.Л.Якобчук, Є.М.Бабко. – К.: НУХТ, 2022. – 48 с.

16. Пономаренко, В. В. Основні відомості про технологічне обладнання харчових виробництв / В. В. Пономаренко, Є. М. Бабко, В. В. Олішевський // Основи розрахунку і конструювання технологічного обладнання. Ч. 1 : навчальний посібник. – Київ : НУХТ, 2023. 314с.