

**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)

« _____ » _____ 2025 р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Микола ЯКИМЧУК

(підпис)

(ім'я та прізвище)

« _____ » _____ 2025 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності _____ 133 «Галузеве машинобудування»

(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Інжиніринг харчових та біотехнологічних
виробництв на тему: Модернізація колонного дифузійного апарату марки ЕКА-3

Виконав: здобувач IV курсу, групи 2

_____ Каркасов Дмитро Олексійович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник Люлька Дмитро Миколайович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Консультанти _____

(ім'я та прізвище)

(підпис)

(ім'я та прізвище)

(підпис)

(ім'я та прізвище)

(підпис)

Рецензент _____

(ім'я та прізвище)

(підпис)

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

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2025 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**

Каркасов Дмитро Олексійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Модернізація колонного дифузійного апарату марки ЕКА-3
керівник проекту (роботи) Люлька Дмитро Миколайович, доц., к.т.н.

керівник роботи Люлька Дмитро Миколайович, доц., канд. тех. наук

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

затвержені наказом закладу вищої освіти від «10» квітня 2025 р. № 218-кс

2. Строк подання здобувачем роботи «09» червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: 1. Технічний паспорт обладнання.

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

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): вступ; порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі; техніко-економічне обґрунтування; характеристика вихідної сировини і готового продукту; опис запропонованого технічного рішення; будова та принцип роботи обладнання; підбір конструкційних матеріалів; розрахункова частина; технологічний маршрут виготовлення деталі; вимоги щодо монтажу і технічного сервісу; опис системи управління; заходи щодо охорони праці; висновки; список використаних джерел; специфікації; додатки.

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

Загальний вигляд обладнання – 1 аркуш; Апаратурно-технологічна схема відділення – 1 аркуш; Складальні одиниці обладнання – 2 аркуші; Технологія машинобудування – 2 аркуші.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання: «28» квітня 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>	29.04.2025р.	
2	<i>Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі</i>	30.04.2025р.	
3	<i>Техніко-економічне обґрунтування.</i>	01.05.2025р.	
4	<i>Характеристика вихідної сировини і готового продукту</i>	05.05.2025р.	
5	<i>Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи.</i>	07.05.2025р.	
6	<i>Вибір конструкційних матеріалів</i>	09.05.2025р.	
7	<i>Розрахункова частина</i>	13.05.2025р.	
8	<i>Технологічний маршрут виготовлення деталі</i>	14.05.2025р.	
9	<i>Вимоги щодо монтажу, експлуатації та ремонту.</i>	18.05.2025р.	
10	<i>Опис системи управління</i>	21.05.2025р.	
11	<i>Заходи щодо охорони праці</i>	23.05.2025р.	
12	<i>Висновки,</i>	27.05.2025р.	
13	<i>Графічна частина: 6 аркушів формату А1</i>	27.05.2025р.	
14	<i>Список використаних літературних джерел</i>	27.05.2025р.	
	<i>Подача Кр на кафедру</i>	09.06.2025р.	

Здобувач

_____ (підпис)

Дмитро КАРКАСОВ
(власне ім'я і ПРІЗВИЩЕ)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Дмитро ЛЮЛЬКА
(власне ім'я і ПРІЗВИЩЕ)

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота бакалавра на тему «Модернізація колонного дифузійного апарату марки ЕКА-3» складається з пояснювальної записки та графічної частини.

Пояснювальна записка містить в собі 13 розділів, а саме: вступ; порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі; техніко-економічне обґрунтування; характеристика вихідної сировини і готового продукту; опис запропонованого технічного рішення; будова та принцип роботи обладнання; підбір конструкційних матеріалів; розрахункова частина; технологічний маршрут виготовлення деталі; . вимоги щодо монтажу і технічного сервісу; опис системи управління; заходи щодо охорони праці; висновки; список використаних джерел.

Графічна частина дипломного проекту складається з 6 аркушів формату А1 на яких зображено загальний вигляд апарату, модернізовані вузли, апаратурно-технологічну схему відділення та технологію машинобудування.

В основу дипломного проекту поставлена задача підвищення продуктивності колонного дифузійного апарату та зменшення втрат сахарози з жомом за рахунок проведення процесу екстрагування в оптимальному температурному режимі.

Згідно модернізації проведеної в роботі всередині трубовалу апарата на 1/3 його висоти встановлено перегородку з патрубком відведення несконденсованих газів, а знизу в трубовалі виконані патрубки подачі гріючої пари та відведення конденсату.

Відповідальна організація <i>НУХТ</i>	Технічне узгодження <i>Лялька Д.М.</i>	Вид документа <i>Пояснювальна записка</i>		Статус документа			
Власник документа <i>НУХТ</i>	Розробник документа <i>Каркасов Д.О.</i>	Назва, додаткова назва <i>Кваліфікаційна робота</i>	<i>170633.КР.13.000 ПЗ</i>				
	Документ затверджено <i>Якимчук М.В.</i>		Інд. змін.	Дата видання	Мова <i>UA</i>	Аркуш <i>4/97</i>	

ABSTRACT

The bachelor's qualification work on the topic «Modernization of the column diffusion apparatus EKA-3» consists of an explanatory note and a graphic part.

The explanatory note contains 13 sections, namely: introduction; comparative analysis of technical solutions to the problem; feasibility study; characteristics of the raw materials and the finished product; description of the proposed technical solution; structure and principle of operation of the equipment; selection of structural materials; calculation part; technological route of manufacturing the part; requirements for installation and technical service; description of the control system; labor protection measures; conclusions; list of references.

The graphic part of the diploma project consists of 6 sheets of A1 format, which depict the general view of the machine, modernized units, hardware and technological scheme of the department and mechanical engineering technology.

The basis of the diploma project is the task of increasing the productivity of the column diffusion apparatus and reducing the loss of sucrose with the cake by carrying out the extraction process in the optimal temperature regime.

According to the modernization carried out in the work, a partition with a non-condensable gas outlet pipe was installed inside the apparatus tube at 1/3 of its height, and the bottom of the tube has heating steam supply and condensate outlet pipes.

ЗМІСТ

	стор.
Вступ.....	7
1. Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі.....	10
2. Техніко-економічне обґрунтування.....	24
3. Характеристика вихідної сировини і готового продукту.....	26
4. Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи обладнання.....	28
5. Вибір конструкційних матеріалів.....	34
6. Розрахункова частина.....	36
7. Технологічний маршрут виготовлення деталі.....	48
8. Вимоги щодо монтажу і технічного сервісу.....	70
9. Опис системи управління.....	78
10. Заходи щодо охорони праці.....	81
Висновки.....	92
Список використаних літературних джерел.....	93
ДОДАТКИ.....	97

ВСТУП

Перехідний період становлення ринкової економіки на пострадянському просторі, що продовжується вже більше 15 років, по сукупності політичних, соціальних і економічних проблем на початок третього тисячоріччя не завершений. Однак у загальній масі критичних явищ намітилися перші позитивні тенденції. Країна від статусу агропромислової майже втратила його другу половину, хоча переробна галузь починає відроджуватися. При цьому потенціал сільськогосподарських угідь держави використовується з надзвичайно низьким коефіцієнтом корисної дії, тому переробні підприємства найчастіше позбавляються сировинної бази.

Але головним лихом сьогоdnішнього виробника є дуже низька ефективність спроб виробництва нових видів продукції. Система оподаткування, ціни на енергоносії, сировину, матеріали, монополізм у деяких галузях ще більше погіршують ситуацію.

Випуск високоякісної харчової продукції можливий тільки за умов використання сучасних видів технологічного обладнання. Досягнення високих технічних показників у його роботі забезпечує добре знання суті фізико-хімічних процесів, які відбуваються на різних стадіях виробництва, будови технологічного обладнання та прийомів раціональної його експлуатації. Це полегшує оцінку досконалості обладнання, сприяє підвищенню його надійності та довговічності, забезпечує правильний вибір потужності та режиму роботи.

Далі мова піде про обладнання для однієї з провідних галузей харчової промисловості — цукрової промисловості, яка на даний час знаходиться у кризовому стані.

Однією з основних причин кризи є фізично і морально застаріле обладнання, що утримується на балансі підприємств харчової промисловості і тягне за собою такі наслідки: зниження якості продукції; підвищення собівартості продукції; недовикористання потужності;

неконкурентоспроможність продукції; збитки від простою та ремонту обладнання.

Скорочення простоїв, за рахунок створення нового обладнання та модернізації старого, створення прогресивних технологічних схем — один з варіантів виходу з кризи.

Зараз ставиться завдання прискорити технічне переозброєння виробництва. Поворот до ефективності і якості виробництва пов'язаний з роботою по вдосконаленню виробництва на базі сучасної науки і техніки. Інтенсивність технічних процесів передбачає максимальне використання сучасних досягнень науки і техніки, праці і управління, прискорення науково-технічного прогресу, удосконалення організації виробництва, введення в практику досвіду новаторів. Харчові підприємства повинні бути забезпечені найбільш ефективними конструкціями високопродуктивного технологічного обладнання з максимальним ступенем надійності всіх механізмів і агрегатів. При цьому необхідно вирішити задачі комплексної механізації і автоматизації технологічних схем і методів.

Дифузією (чи екстрагуванням) називається вилучення із складних по своїй будові речовин одного або декількох компонентів за допомогою розчинника, який володіє властивістю розчиняти тільки ті речовини, які екстрагуються.

В даний час в цукровому виробництві видалення сахарози із клітин цукрових буряків відбувається в механізованих апаратах безперервної дії.

В механізованих апаратах безперервної дії бурякова стружка і дифузійний сік перебувають у постійному протитечійному русі. В такій системі в кожному поперечному перетині апарату, як в твердій так і в рідкій фазі встановлюється постійна концентрація екстрагованих речовин, тобто в кожному поперечному перерізі апарату процес являється стаціонарним. Всередині ж самої бурякової стружки вміст сахарози змінюється в залежності від часу і процес носить змінний характер.

Процес видалення розчинних речовин із клітин цукрового буряка відбувається в 2 стадії – дифузією речовини в тканини сировини і масовіддачею з поверхні частинок до екстрагенту. Основний закон молекулярної дифузії, закон Фіка, встановлює зв'язок між кількістю екстрагованої речовини і основними параметрами процесу в масі частинок.

1. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ПОСТАВЛЕНОЇ ЗАДАЧІ

Огляд літературних джерел

На вітчизняних заводах експлуатується деяка кількість одноколонних дифузійних апаратів серії КДА-66, в яких транспортерно-змішуючим органом є трубовал з насадженими на нього лопатями призматичної форми. Аналогічний орган мають дифузійні апарати фірми ВМА (Німеччина).

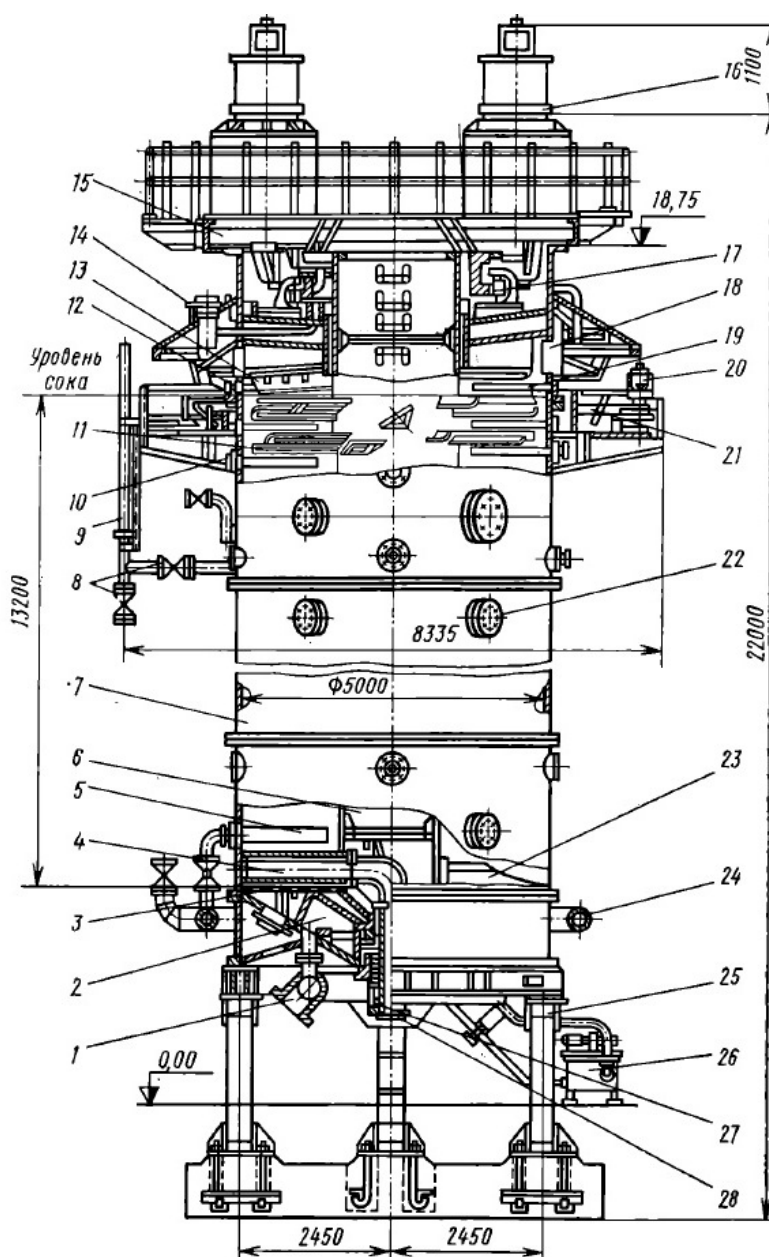


Рис. 1.1. Колонний дифузійний апарат КДА-30-66

Колонний дифузійний апарат КДА-30-66 (рис.1.1.) являє собою зібраний з окремих царг вертикальний циліндричний корпус-колону 7, встановлений на постаменті 25. Всередині колони у верхній 17 і нижній 27 опорах за допомогою приводу, розташованого на майданчику 15, із змінною частотою обертається пустотілий вал (трубовал) 6. Трубовал складається з двох мотор-редукторів 16 з електродвигунами постійного струму, що живляться від тьохмашинного агрегату або тиристорного перетворювача. Вихідні шестерні цих мотор-редукторів спільно обертають приводну вінцеву шестерню, встановлену на трубовалі, який обертається разом з нею. Для змащення зубчастої передачі служить станція 26.

До трубовалу по гвинтовій лінії приварені 14-18 рядів лопатей 11, що допомагають переміщенню стружки знизу вгору, а по внутрішній стороні циліндра на фланцях встановлені також по гвинтовій лінії контрлопаті 19, що запобігають обертанню стружки разом з трубовалом . Сокостружкова суміш по патрубку подається в трубу 28, а з неї - в обертовий розподільник 4, розташований над горизонтальним щілеподібним ситом 3. Разом з трубовалом обертаються також дві сітчаті лопаті 23, що очищають горизонтальне сито і відводять сік.

Під ситом знаходиться конічний приймач 2, в який через горизонтальне сито з колони проходить сік. По декількох патрубках він надходить в колектор і через патрубок 1 видаляється з апарату. У конічний приймач надходить також деяка кількість соку, що пройшов через дві сітчасті лопаті і ситової пояс, розташований всередині апарату на рівні розподільника. Сік з апарату відводиться також через сітчаті контрлопаті 5, з яких він надходить в колектор 24. Такий множинний відбір дозволяє покращити відведення соку з апарату.

Жом відводиться спеціальними лопатями 13 через вивантажуючі вікна 18 у верхній частині апарату і видаляється за допомогою встановленого на майданчику кільцевого скребкового пристрою 21, що приводиться в дію

мотор-редуктором 20 з електродвигуном потужністю 10 кВт. Дещо нижче місця відводу жому в апарат через сітчаті контрлопаті 12 подається свіжа вода,

а ще трохи нижче також через сітчаті контрлопаті 10 в апарат надходить жомопресо́ва вода. Рівень соку в апараті контролюються показуючою трубкою 9 з вентилями 8. Для конденсації пари, що виділилися з води, служить конденсатор 14. Вода, що надходить у колону, проходить крізь шар стружки зверху вниз, перетворюється на сік і виходить з апарату разом з соком, який потрапляє в апарат із стружкою через розподільник.

На корпусі апарату розташовані люки 22 і оглядові вікна. Для запобігання розвитку мікроорганізмів в колону подається формалін. У разі забивання сит і погіршення проходження через них соку під сито для продувки подаються барометрична вода або дифузійний сік під надлишковим тиском до 0,5 МПа.

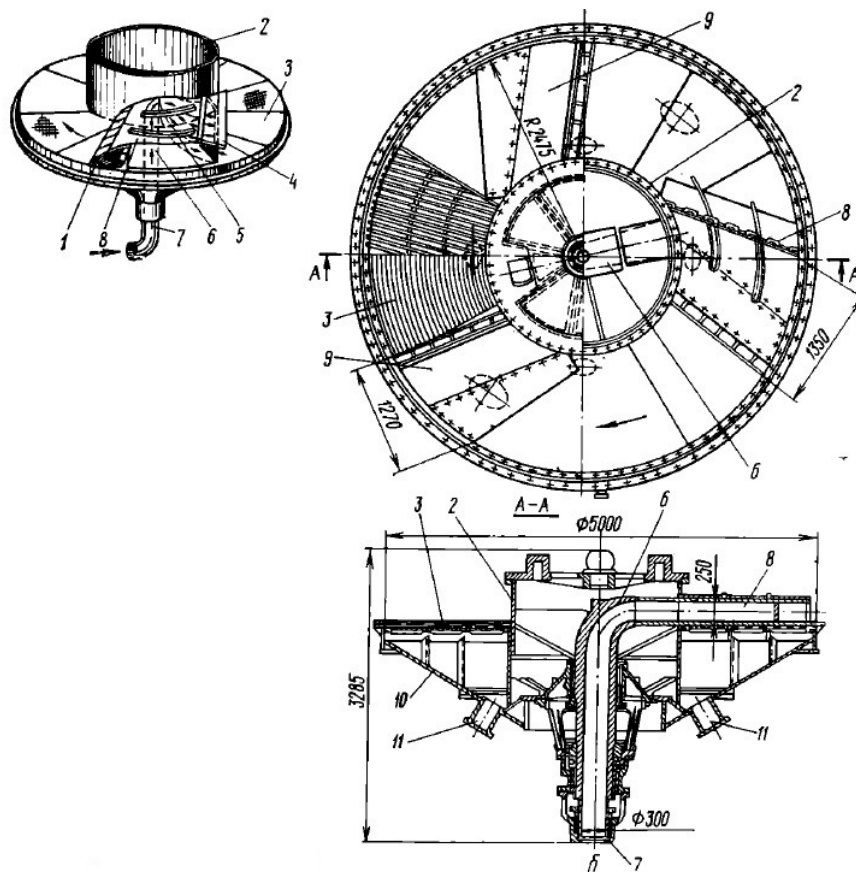


Рис. 1.2. Ситовий пояс апарату КДА-30-66.

Розподільник 8 і труба 6 обертаються разом з трубовалом 2, розкладаючи на складові з окремих секцій горизонтальному ситі 3 стружку, що надійшла через трубу 7, рівномірним шаром. Попереду по ходу розподільника

розташовані коливальні бронзові ножі 1, які при ковзанні по ситі піднімають лежачу на ньому стружку і, одночасно очищають сито. При цьому за розподільником утворюється вільний простір, куди і надходить нова порція стружки.

Розподільник має зворотний клапан 4, який вільно сидить на осі. При зміні тиску сокостружкової суміші, створюваної насосом, цей клапан зменшує або збільшує вихідну щілину розподільника, а при припиненні подачі сокостружкової суміші автоматично

повністю закриває її для запобігання зворотного ходу сокостружкової суміші з колони. При подачі розподільником кожної нової порції суміші вміст колони піднімається на висоту, рівну товщині цього шару. На розподільнику встановлені направляючі 5 для додання стружці необхідного напрямку.

Над ситом спільно з трубовалом обертаються дві сітоочисні лопаті 9. Під ситом знаходиться сокопрймальна камера 10 з патрубками 11 для видалення з апарату соку.

На рис. 1.3 показано секцію горизонтального сита апарату КДА-30-66.

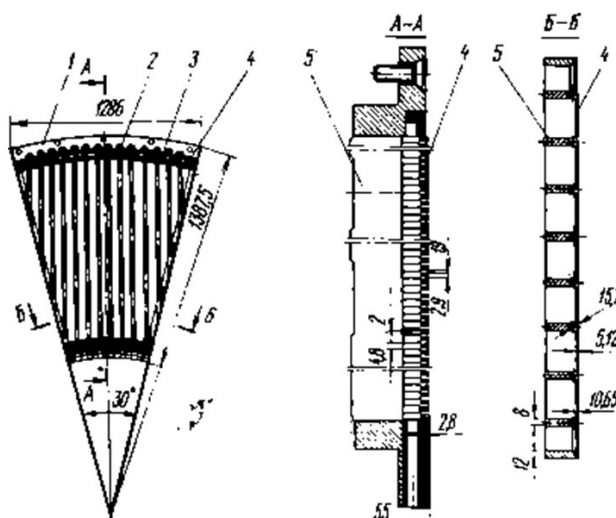


Рис. 1.3. Секція горизонтального сита дифузійного апарату КДА-30-66

Секція має рамку 1, 2 в пази якої вкладають і приварюють стержні 3. Перш ніж укласти і приварити стержні, на них навивають дрід 4 трапеційдального перерізу. Таким чином, виготовлене сито має щілини, що

розширюються по ходу фільтрування. Спочатку ширина щілини становить 1,9 мм, а на виході соку - 2,8 мм. Таке сито є саморегенеруючим. Щоб сито було жорстким, під його стержнями встановлюють і приварюють ребра 5.

На рис. 1.4. показана сітчаста лопать, що обертається. Вона складається з каркаса 2, звареного з листів, ребер жорсткості 3 і 8 і ножів 5, встановлених на підставці 7, сітчасті поверхні 4 і пластини 6, за допомогою яких лопать кріпиться до трубовалу 1 апарату. Сік з лопаті відводиться через отвір 9.

Саморегенеруюча сітчаста поверхня виготовлена з пластин листової сталі товщиною 8 мм, в яких зроблені конічні отвори; менший діаметр отворів дорівнює 3 мм, більший - 4,5 мм. Живий перетин сит становить 21,3 %, загальна площа сітчастих поверхонь двох обертових лопатей становить 3,5 м². Латунні ножі 5, встановлені в передній частині каркаса лопаті, очищають горизонтальне сито апарату.

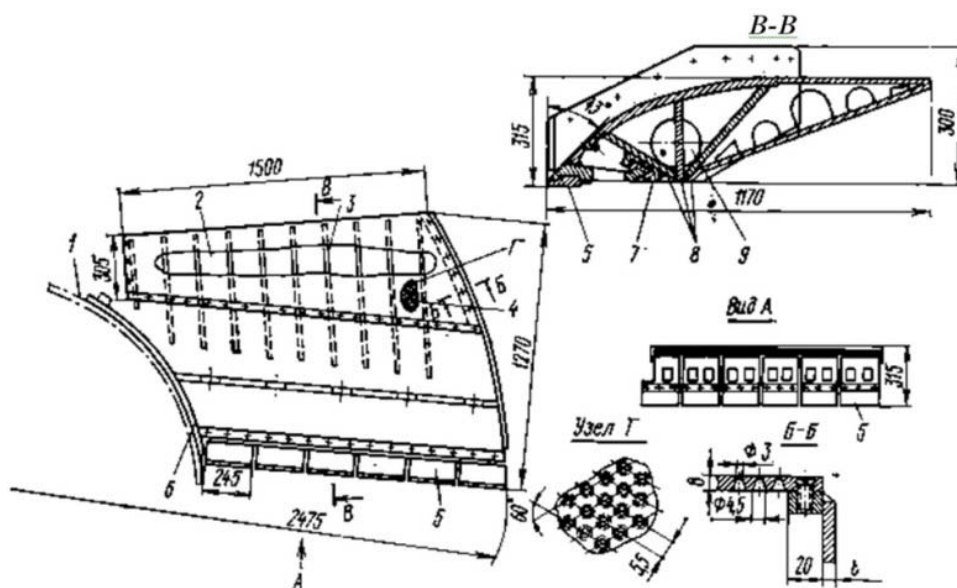


Рис. 1.4. Сітчаста лопать дифузійного апарату КДА-30-66

На рис. 1.5 показаний лопатевий трубовал, призначення якого - сприяти переміщенню бурякової стружки з нижньої частини апарату вгору і розпушувати її для поліпшення фільтрування рідини через шар стружки. Трубовал складається з окремих секцій 2, з'єднаних за допомогою фланців і

болтів 4. Герметичність валу забезпечується прокладками 5. Для збільшення жорсткості валу в кожній секції встановлені розпірки.

На валу встановлені лопаті 6, нахил яких до горизонтальної площини становить 20° . Для збільшення жорсткості лопаті забезпечена ребрами 8 і 9.

У верхній частині валу знаходиться цапфа, за допомогою якої він встановлюється у верхній опорі апарата.

У нижній частині за допомогою гнізд 7 вал з'єднується з порожнистим валом ситового пояса. Для монтажу вала всередині нього встановлені скоби 1.

Колонний дифузійний апарат КД2А-30 (рис. 1.5) являє собою циліндричну колону, встановлену на постаменті 9, який є опорною конструкцією апарату. Він складається з двох восьмикутних зварних рам, кожна з яких спирається на чотири колони, що закріплюються на фундаменті.

Корпус 17 апарату складається з окремих царг, зварених між собою при монтажі, і утворюють вони вертикальну циліндричну шахту. У нижній царзі є вихід для обслуговування і ремонту апарату, а також встановлений манометр, що показує тиск суміші в апараті. По висоті корпусу розташовані люки 18 і вікна 19 для обслуговування та огляду апарату. Крани 20 служать для взяття проб соку. У верхній царзі змонтовано два шнека 1 з індивідуальними приводами для видалення жому.

Всередині корпусу апарата розташований обертовий трубовал 16 з лопатями 15 і нерухомі у вигляді вигнутого листа контрлопаті 13, що утворюють в цілому транспортну систему апарату, яка переміщує сокостружкову суміш знизу вгору. З метою підвищення жорсткості вільні кінці контрлопатеї кожного ряду приварені до кільця 22, огинаючого трубовал. У нижній частині корпусу розташований ситовий пояс 10, призначений для введення в апарат сокостружечної суміші та відділення та виведення з колони баштового соку. Ситовий пояс являє собою роз'ємну конструкцію, що складається з дванадцяти секторів 8, набраних з дроту колосникового типу. На постаменті разом з ситовим поясом змонтована нижня

підшипникова опора 5 трубовал 16 , чотири ситоочишувачі 12 і колектор для відведення соку 7.

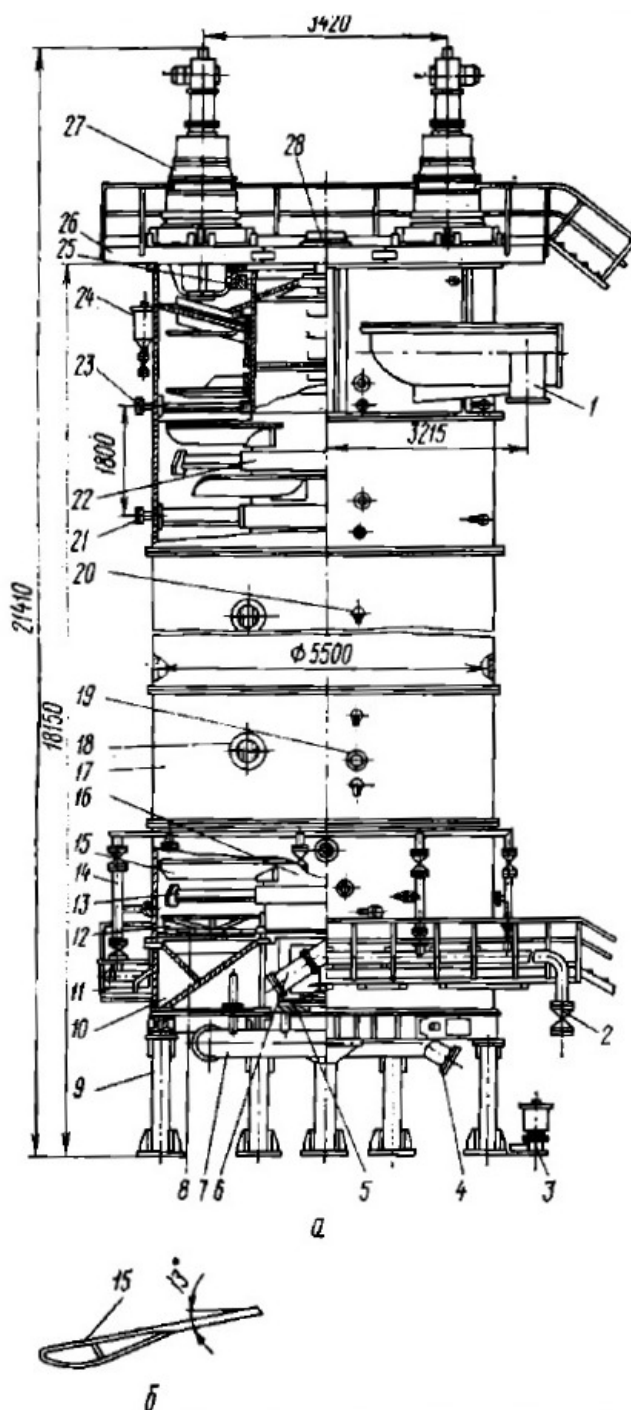


Рис. 1.5. Колонний дифузійний апарат КД2А-30; а – загальний вигляд;
б – поперечний переріз лопаті

Трубовал 16 складається з окремих секцій, що з'єднуються між собою при монтажі. На трубовал по гвинтовій лінії приварюються лопаті 15, які утворюють двохзахідний виток, а контрлопаті, приварені до корпусу апарата,

- семизахідний. Лопаті виконані обтічної форми за типом крила літака постійного перетину.

На верхній частині трубовал закріплено зубчасте колесо 25, що входить в зачеплення з приводом апарату. Привод 27 встановлений на розвантажувальній царзі корпусу і призначений для обертання трубовалу. Він складається з двох вертикальних мотор-редукторів, відкритої зубчастої передачі і рами 26 з огорожами і люками для обслуговування. На середньому каркасі рами змонтована верхня підшипникова опора 28 трубовалу. Зазор між трубовалом і розвантажувальної царгою корпусу ущільнений лабіринтом, призначеним також для уловлювання і конденсації парів, що збираються у верхній частині апарата. Сконденсовані пари відводяться до збірника 24.

Вода вводиться в апарат через контрлопати: барометрична по патрубку 23 через перший, а жомопресова по патрубку 21 через третій або п'ятий ряди, переважно зверху. Додаткове відділення і відведення баштового соку здійснюються через нижній ряд контрлопатеї 13. Зазначені контрлопати мають сверлену сітчасту камеру і патрубок, що виходить з апарату назовні.

Для відводу баштового соку з нижнього ряду контрлопатеї та очищення останніх зворотньою подачею соку передбачений кільцевий трубопровід 14, який спирається на кронштейни майданчика 11, призначеного для обслуговування та управління запірно-регулюючої арматурою кільцевого трубопроводу колонного дифузійного апарата.

Для змащення відкритої зубчастої передачі приводу передбачена система безперервної рідкої змазки методом поливу. Масло подається насосним агрегатом, закріпленим на кронштейні, привареному до корпусу апарату. Регулюється подача масла за допомогою маслорозподільвачів,

встановлених на майданчику обслуговування приводу трубовала. Для змащення підшипників трубовала і шнеків передбачена система періодичної пластичної змазки від станції 3, встановленої на фундаменті постаменту. Регулюється подача мастила за допомогою живильників, встановлених у відповідних точках змазки.

Огляд патентних джерел

Колонний дифузійний апарат. Патент на корисну модель №34157

Відомий колонний дифузійний апарат складається з вертикально встановленого циліндричного корпусу, до якого приварені контрлопаті, через які у верхніх рядах подається вода, в середині якого обертається трубовал з привареними до нього лопатями за допомогою двох мотор-редукторів через зубчасте колесо, з вигрузкою жому у верхній частині апарату за допомогою двох шнеків з двома приводами, горизонтального щільового сита, яке кріпиться до нижньої частини корпусу і відділяє внутрішню частину апарату, заповнену сокостружковою сумішшю, від підситового простору, фільтруючого сік, який збирається в кільцевому колекторі. [Гребенюк СМ., Технологическое оборудование сахарных заводов. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983, с.113].

Недоліками колонного дифузійного апарату є сильне перемішування стружки, її подрібнення, невідосконалені лопаті, недостатня інтенсифікація процесу дифузії.

За прототип вибрано колонний дифузійний апарат, що складається з вертикально встановленого циліндричного корпусу з привареними контрлопатями, в якому встановлено трубовал з лопатями, що приводиться до руху за допомогою двох мотор-редукторів через зубчасте колесо, у верхній частині корпусу встановлено шнек вигрузки жому з приводом, в нижній частині корпусу встановлено сито, через яке сік потрапляє в колектор, кожна лопать має задню площинну ділянку верхньої робочої поверхні лопаті, розташовану під кутом 0° - 40° до передньої площинної ділянки, має один привод для обертання шнека вигрузки жома, апарат має один шнек вигрузки жому. [Патент UA 43249 А, бюл. №10 від 15.11.2001р.]

Згідно патенту на корисну модель № 34157 кожна лопать має задню площинну ділянку верхньої робочої поверхні лопаті, розташовану під кутом $0...50^{\circ}$ до передньої площинної ділянки, які з'єднані між собою хвилеподібною перетинаючою кривою лінією.

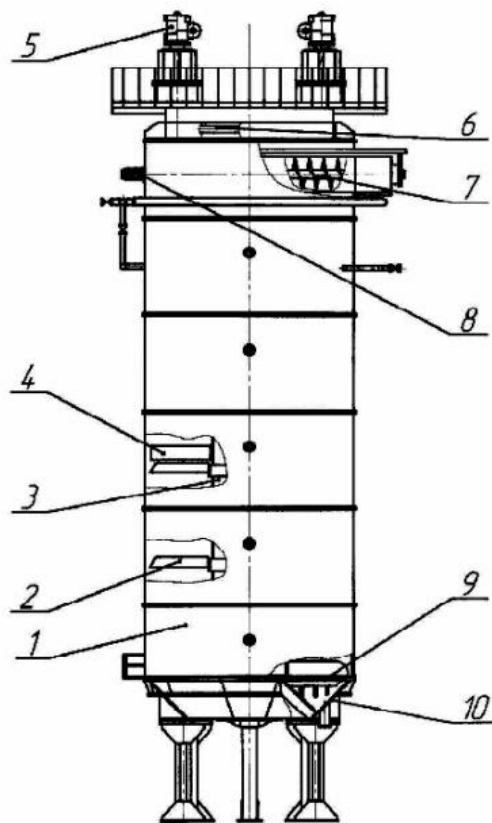
Причинно-наслідковий зв'язок заключається в тому, що задня площинна ділянка верхньої робочої поверхні лопаті розташована під кутом 0° - 50° до передньої площинної ділянки, які з'єднані між собою хвилеподібною перетинаючою кривою лінією, що зменшує перемішування стружки, її подрібнення та інтенсифікує процес екстракції за рахунок пульсації напруження в шарі бурякової стружки.

На Рис.1.6. показано колонний дифузійний апарат та на Фіг. 2, 3 - лопаті.

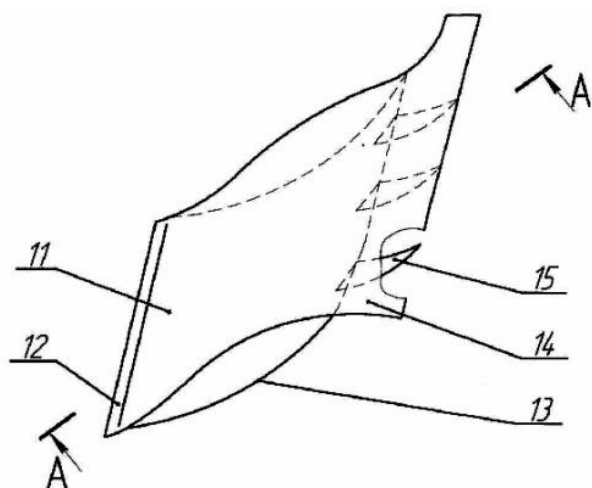
В середині вертикально встановленого циліндричного корпусу 1 з контрлопатями 2 встановлено трубовал 3 з лопатями 4, який приводиться до руху за допомогою мотор-редукторів 5 через зубчасте колесо 6. У верхній частині корпусу встановлено шнеки вивантаження жому 7 з приводами 8, в нижній частині корпусу встановлено сито 9, через яке сік потрапляє в колектор 10. Лопать має верхню хвилеподібну криву поверхню 11 з передньою площинною ділянкою 12 і нижню 13 робочі поверхні, а в задній частині площинну ділянку 14, розташовану під кутом 0° - 50° до передньої площинної ділянки, яку підтримує ребро 15.

Колонний дифузійний апарат працює таким чином: в корпус 1 з контрлопатями 2 знизу подається сокостружкова суміш, трубовал 3 з лопатями 4 приводиться до руху за допомогою мотор-редукторів 5 через зубчасте колесо 6, сокостружкова суміш піднімається догори за допомогою лопатей, під час чого зустрічний потік води вимиває цукор з бурякового жому, який вивантажується з колонного дифузійного апарату за допомогою шнеків 7 з приводами 8, сік стікає до низу, відділяється від стружки за допомогою горизонтального щільового сита 9, заповнює колектор 10, бурякова стружка потрапляє на верхню 11 з передньою площинною ділянкою 12 робочу поверхню і рухається по ним прискорено, під нижньою робочою поверхнею 13 утворюється розрідження в той час, як на задній верхній площинній ділянці 14 відбувається стиснення, ребро 15 підтримує верхню робочу поверхню і направляє стружку.

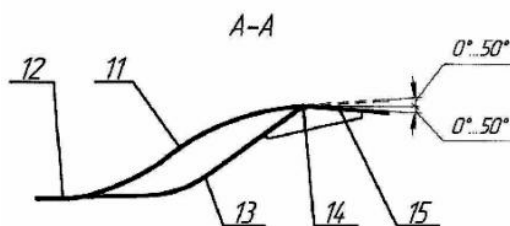
Технічний результат полягає в тому, що зменшується перемішування стружки, її подрібнення та інтенсифікується процес екстрагування сахарози з бурякової стружки.



Фіг. 1



Фіг. 2



Фіг. 3

Рис. 1.6. Колонний дифузійний апарат. Патентна корисну модель №34157

Колонний дифузійний апарат. Патент на винахід №103418.

Як прототип вибраний колонний дифузійний апарат (Гребенюк С.М. Технологическое оборудование сахарных заводов. – 2-е изд. перер. и дополн. –М.: Легкая и пищевая пр-ть. – 1983. с. 113). Він складається з вертикального циліндричного корпусу з розміщеним всередині нього пустотілим трубовалом, ззовні якого закріплені лопаті. На внутрішній поверхні корпусу встановлені контрлопаті. Лопаті та контрлопаті утворюють підйомний механізм для стружки, яка потрапляє знизу колонного апарату через розподільчий механізм, що обертається разом з трубовалом над ситовою поверхнею. Зверху колонного апарата знецукрена бурякова стружка (жом) вивантажується через спеціальний вивантажувальний пристрій. Рідина для екстрагування цукрози потрапляє зверху колонного апарату і відбирається знизу апарату через ситову поверхню.

Недоліком такого дифузійного апарату є те, що при великій металоємності апарату значна його частина участі в дифузійному процесі не приймає (приблизно 1/3 об'єму апарату займає пустотілий вал). Крім того внаслідок дії підйомної сили (Архімедової) на верхню опору пустотілого трубовалу діє значне навантаження, що знижує довговічність роботи верхнього опорного вузла а отже і надійність експлуатації самого апарату.

Згідно винаходу №103418 всередині трубовалу розміщено нерухомо вертикальну стійку з прикріпленими до неї контрлопатями, а по внутрішній стороні трубовалу додатково встановлено лопаті для транспортування сокостружкової суміші в нижню частину трубовалу, яка з'єднана каналами з розподільчим механізмом сокостружкової суміші.

Працює даний колонний дифузійний апарат наступним чином (Рис. 1.7.).

Сокостружкова суміш насосом з ошпарювала подається в верхню внутрішню частину трубовалу 3, який обертається за допомогою приводів 5. Нерухомі лопаті 17, що прикріплені до стійки 16 та рухомі лопаті 7 трубовалу 3 утворюють транспортуючий механізм для сокостружкової суміші.

Поступово рухаючись до низу апарату проходить екстрагування сахарози з бурякової стружки.

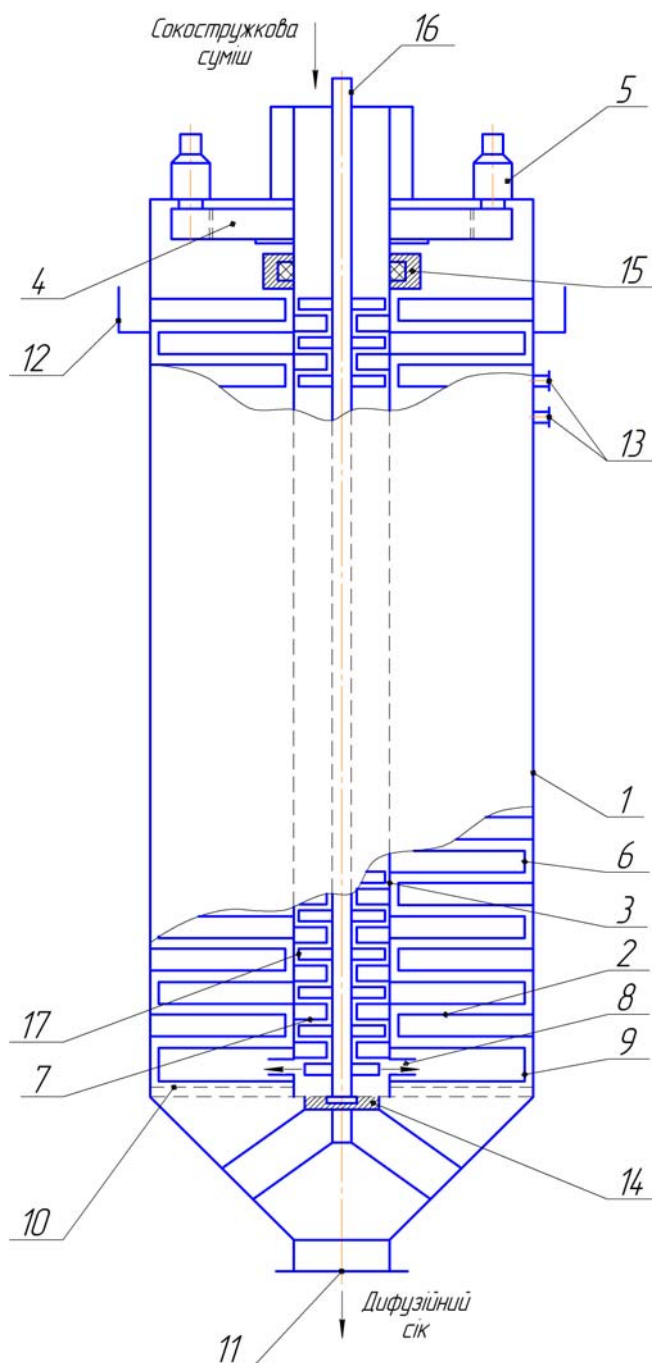


Рис. 1.7. Колонний дифузійний апарат. Патент на винахід №103418.

Частково проекстрагована бурякова стружка разом з соком знизу трубовалу через канали 8 потрапляє в пустотілі розподільчі лопаті 9, які обертаючись разом з трубовалом розподіляють суміш по ситовій поверхні 10

дифузійного апарату. Сік через отвори сита проходить до випускного отвору 11 і йде згідно технологічної схеми в ошпарювач.

Бурякова стружка захвачується рухомими лопатями 6 трубовалу 3 та піднімається догори колони завдяки наявності контр лопатей 2 на внутрішній стороні циліндричного корпусу 1. В верхню частину колони через патрубки 13 подається екстракційна рідина: в верхній патрубок - сульфітована вода, а в нижній – жомопресова вода.

З бурякової стружки протитоком в воду екстрагує сахароза і виходить з колонного апарату знизу через ситову поверхню 10. Знецукрена бурякова стружка видаляється зверху апарату через вивантажувальний пристрій 12.

2. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

Ефективне використання наявних виробничих та фінансових ресурсів підприємства залежить від політики формування виробничого потенціалу підприємств. Ці питання в сучасній економічній ситуації відіграють першочергову роль. Постійна нестача на підприємствах оборотного капіталу, уповільнення темпів оновлення виробничого апарату призвели до значного подорожчання продукції підприємств цукрової промисловості.

Загальна ситуація в народному господарстві України характеризується значним падінням обсягів капіталовкладень у розвиток виробництва, що викликає старіння виробничого апарату та експлуатацію обладнання поза межами нормативних термінів. Прискорення темпів науково-технічного прогресу сприяє впровадженню нових технологій, що базуються на комплексній переробці сировини. Тобто відбувається інноваційний тип використання інвестиційних ресурсів, що сприяє якісному прориву в процесі інтенсифікації відтворення на базі останніх досягнень НТП. З цієї точки зору інтенсифікацію оновлення виробничого апарату можна розглядати як основу стратегічного планування розвитку галузі.

Основною задачею інженерів-конструкторів при проектуванні та модернізації обладнання є забезпечення цукрової промисловості сучасним обладнанням з високим технічним рівнем, високим ступенем автоматизації та можливістю його уніфікації, зменшення кількості ручної праці.

В проекті передбачено вдосконалення конструкції дифузійного апарату колонного типу з метою підвищенні ефективності процесу екстрагування.

Згідно модернізації всередині трубовалу на 1/3 його висоти встановлено перегородку з патрубком відведення несконденсованих газів, а знизу в трубовалі виконані патрубки подачі гріючої пари та відведення конденсату.

Ступінь нагрівання сокостружкової суміші можливо регулювати величиною відкриття регулювальної засувки. Відкриваючи повністю засувку досягається максимальний теплообмін між гріючою парою і

сокостружковою сумішшю через стінку трубовалу. При частковому відкритті засувки частина об'єму трубовалу заповнюється несконденсованими газами та, як відомо з теорії теплообміну, перестає приймати участь в теплообміні (працює як термостат та підтримується необхідна температура). При повністю закритій засувці відведення несконденсованих газів припиняється, надходження гріючої пари немає, а отже припиняється процес теплообміну.

Регулювання температури сокостружкової суміші таким чином дозволить проводити процес екстрагування в оптимальному температурному режимі по всій висоті апарату.

Технічний результат від використання запропонованого технічного рішення полягає в зменшенні втрат сахарози з жомом, збільшенні продуктивності колонного дифузійного апарату та підвищенні ефективності процесу екстрагування.

3. ХАРАКТЕРИСТИКА ВИХІДНОЇ СИРОВИНИ І ГОТОВОГО ПРОДУКТУ

Вхідним матеріалом для дифузійних апаратів є бурякова стружка після бурякорізок, якість якої є одним з вирішальних факторів які впливають на ефективність роботи дифузійного апарату. Бурякова стружка повинна мати достатньо велику питому поверхню, міцність на розрив, згин і зминання, гладку поверхню без рваних країв, однорідний профіль і товщину високу проникність впродовж всього процесу екстракції та мати просту геометричну форму поперечного перерізу. Геометричну форму бурякової стружки обирають в залежності від якості буряку та типу дифузійного апарату. Великий не підв'ялений цукровий буряк зрізують в тонку ромбовидну, квадратну чи жолобчасту стружку, а підморожений і підгнивший буряк – в товсту ромбовидну, квадратну чи пластинчасту стружку. Із різних форм поперечного перерізу стружки оптимальними вважаються квадратна та ромбовидна, ці форми характеризуються найбільшою швидкістю знецукрення бурякової стружки.

Якість бурякової стружки оцінюється довжиною 100 г стружки в метрах (число Сіліна) чи відношення маси стружки довжиною більше 5 см до маси стружки довжиною менше 1 см (шведський фактор), а також вміст в стружці браку. Браком вважаються нерозрізані гребінці, а також стружка, яка має довжину меншу за 5мм або товщиною менше 0,5мм. Вміст браку в стружці не повинен перевищувати 3%.

Технічна характеристика колонного дифузійного апарату ЕКА-3

<i>№ n/n</i>	<i>Параметр</i>	<i>Числове значення</i>
1.	Продуктивність по буряку, т/добу	3000
2.	Робочий об'єм, м ³	254
3.	Діаметр апарата внутрішній, мм	2600
4.	Діаметр апарата зовнішній, мм	6000
5.	Активна висота дифундування, мм	12000
6.	Сито горизонтальне:	
6.1.	загальна площа, м ²	21,9
6.2.	живий переріз, %	37
7.	Привод трубовалу:	
7.1.	Мотор-редуктор МР-3-800-13-5Ф-1В (2 шт.)	N=37 кВт,
7.2.	Електродвигун 4ПФМ-225 УХЛ4	n=1060 об/хв
7.3.	Передаточне число відкритої зубчастої передачі	i=8,5
8.	Частота обертів трубовала, об/хв:	
8.1.	максимальна	0,7
8.2.	мінімальна	0,2
9.	Пристрій для вивантаження жому: <ul style="list-style-type: none"> • тип – шнек (2 шт.); • привод: <ul style="list-style-type: none"> ○ редуктор Ц2У-200-31, 5-21 ○ електродвигун 4А132SУ3 	N=7,5 кВт, n=1460 об/хв
10.	Габаритні розміри:	
10.1.	Довжина, мм	7245
10.2.	Ширина, мм	6250
10.3.	Висота, мм	20500
11.	Маса апарата, кг	150 350

4. ОПИС ЗАПРОПОНОВАНОГО ТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ. БУДОВА ТА ПРИНЦИП РОБОТИ ОБЛАДНАННЯ

Опис запропонованого технічного рішення

Недоліками колонного дифузійного апарату ЕКА-3 є:

- робота апарату не в оптимальному температурному режимі;
- високі втрати цукрози з жомом;
- низька продуктивність апарату.

В основу модернізації поставлена задача підвищення продуктивності колонного дифузійного апарату та зменшення втрат сахарози з жомом за рахунок проведення процесу екстрагування в оптимальному температурному режимі.

Поставлена задача вирішується тим, що колонний дифузійний апарат складається з вертикального циліндричного корпусу з контрлопатями на його внутрішній стороні та розміщеним всередині рухомим трубовалом, зовні якого прикріплені транспортуючі лопаті, причому зверху циліндричного корпусу знаходяться патрубки подачі екстрагенту та виконано вивантажувальний пристрій для жому, а знизу вертикального корпусу встановлено сито відбору соку, над яким розміщений на рухомому трубовалі механізм подачі і розподілу сокостружкової суміші.

Згідно модернізації всередині трубовалу на 1/3 його висоти встановлено перегородку з патрубком відведення несконденсованих газів, а знизу в трубовалі виконані патрубки подачі гріючої пари та відведення конденсату.

Причинно-наслідковий зв'язок між запропонованими ознаками та технічним результатом полягає в наступному.

Відомо, що отримання мінімальних втрат цукрози в жомі при високій продуктивності апарату досягається при проведенні процесу екстрагування в оптимальному температурному режимі на всій висоті апарата.

Такий температурний режим в відомій конструкції колонного дифузійного апарата не забезпечується, так як бурякова стружка навіть

протягом доби потрапляє в апарат з різною температурою, що негативно впливає на екстрагування цукрози з бурякової стружки. Зазвичай в колонних дифузійних апаратах для підтримання оптимального температурного режиму, при зміні температури стружки або сокостружкової суміші, значно збільшують кількість рециркулюючого соку, який нагрівають в теплообмінниках і подають в ошпарювач бурякової стружки, чим і досягається оптимальна температура в колоні дифузійного апарату, але це приводить до перевантаження фільтруючих сит апарата, і відфільтрувати необхідну кількість баштового соку практично неможливо. Тому для підвищення температури сокостружкової суміші, що подається в колонний дифузійний апарат, до оптимальної на необхідні 3...7 °С пропонується подавати гріючу пару в нижню частину трубовалу, що дозволить оперативно підігріти сокостружкову суміш безпосередньо в дифузійному апараті до оптимальної температури без розварювання стружки і зниження продуктивності екстрактора. Особливо це актуально в холодну пору року, коли сокостружкова суміш із ошпарювача подається в нижню частину дифузійного апарата з низькою температурою. Встановлення всередині трубовалу на 1/3 його висоти перегородки з патрубком відведення несконденсованих газів та регулювальною арматурою, виконання знизу трубовалу патрубків подачі гріючої пари та відведення конденсату дозволить використати внутрішній об'єм трубовалу в якості теплообмінника та підвищити температуру в апараті до оптимальної. Регулюючи ступінь відкриття засувки несконденсованих газів оптимізується активний внутрішній об'єм трубовала, який приймає участь у теплопередачі і підтримується оптимальний температурний режим. При подачі холодної сокостружкової суміші, ступінь відкриття засувки є максимальною, що дає можливість оперативно нагрівати сокостружкову суміш в нижній частині апарату. І навпаки, коли із ошпарювача подається суміш при температурі, близькій до оптимальної, то засувку відведення несконденсованих газів необхідно закрити, що призводить до заповнення активного об'єму трубовалу несконденсованими газами та відповідно зменшується подача пари і нагрівання

сокостружкової суміші в апараті. В цьому випадку трубовал працює як термостат, внутрішній його об'єм заповнюється несконденсованим газом і процес теплопередачі не проходить.

Встановлення перегородки на меншій висоті не дасть потрібного результату, так як сокостружкова суміш не зможе нагрітися до оптимальної температури, як наслідок — зниження продуктивності апарата та збільшення втрат сахарози з жомом.

Що стосується встановлення перегородки вище, ніж на 1/3 висоти трубовалу, то це приведе до перегрівання стружки та її розварювання. При цьому стружка втрачає свою пружність та можливе її злипання, збільшуються втрати тепла з жомом, так як температура стружки при виході з апарату підвищена. Тому рішення про встановлення перегородки всередині трубовалу на 1/3 його висоти є оптимальним.

Оперативне регулювання зміни температури сокостружкової суміші, що потрапляє в колонний дифузійний апарат, дозволить проводити процес екстрагування в оптимальному температурному режимі, в результаті чого буде досягнуто зменшення втрат сахарози з жомом, а отже і підвищення продуктивності колонного дифузійного апарата в цілому.

Конструкція колонного дифузійного апарату пояснюється рис. 4.1. Всередині вертикального циліндричного корпусу 1 з контрлопатями 2 встановлено трубовал 3 з лопатями 4, який приводиться в рух за допомогою мотор-редукторів 5. У верхній частині корпусу виконано пристрій для вивантаження жому 6, в нижній частині корпусу розміщене сито 7. По патрубку 8 подається пара всередину трубовала, який розділений перегородкою 9 з патрубком відведення несконденсованих газів 10 та регулювальною арматурою 11. Для відведення конденсату знизу в трубовалі виконано патрубок 12.

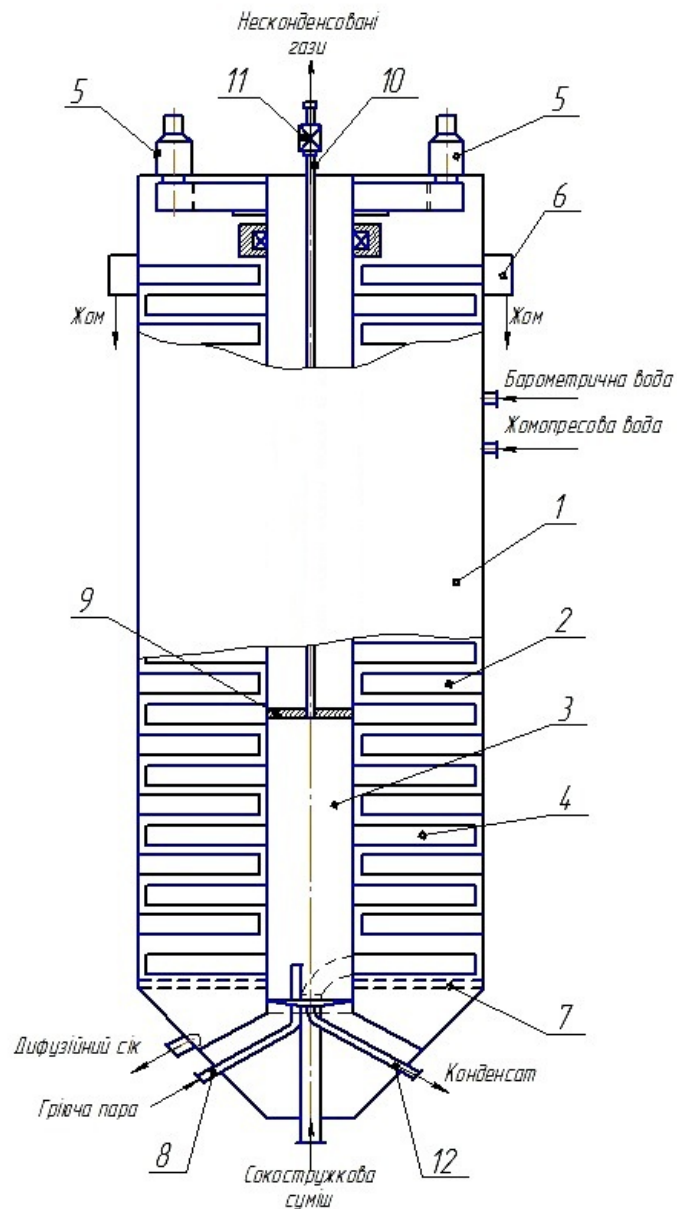


Рис. 4.1. Принципова схема роботи колонного дифузійного апарата ЕКА-3

Будова та принцип роботи обладнання

Працює даний колонний дифузійний апарат наступним чином. Сокостружкова суміш із ошпарювача насосом подається в нижню частину циліндричного корпусу 1 на розподільчий механізм. Трубовал 3 з лопатями 4 приводиться в рух за допомогою мотор-редукторів 5, стружка піднімається вгору при протитечійному потоці води, що надходить у

верхню частину колони. В результаті вода екстрагує цукрозу із стружки, знецукрює її і вона у вигляді бурякового жому видалається із колонного дифузійного апарату за допомогою вивантажувального пристрою 6. Сік відділяється від стружки через горизонтальне щільове сито 7. При надходженні холодної бурякової стружки в колонному дифузійному апараті температура сокостружкової суміші знижується, що підвищує втрати цукрози з жомом внаслідок неповного екстрагування.

Всередині трубовалу на 1/3 його висоти встановлено перегородку 9, причому, знизу в трубовалі виконані патрубки подачі гріючої пари 8 та відведення конденсату 12, а зверху перегородки в трубовалі знаходяться патрубків відведення несконденсованих газів 10 з регулювальною арматурою 11.

Для можливості підвищення температури сокостружкової суміші до оптимальної через патрубок 8 підводиться гріюча пара у внутрішній об'єм трубовалу, який обмежений перегородкою 9. Через поверхню трубовала проходить теплообмін з холодною сокостружковою сумішшю, її підігрівання до необхідної температури екстрагування, при цьому пара конденсується і відводиться у нижній його частині патрубком 12, а несконденсовані гази виходять через патрубок 10.

Ступінь нагрівання сокостружкової суміші можливо регулювати величиною відкриття регулювальної засувки 11. Відкриваючи повністю засувку досягається максимальний теплообмін між гріючою парою і сокостружковою сумішшю через стінку трубовалу. При частковому відкритті засувки 11 частина об'єму трубовалу заповнюється несконденсованими газами та, як відомо з теорії теплообміну, перестає приймати участь в теплообміні (працює як термостат та підтримується необхідна температура). При повністю закритій засувці відведення несконденсованих газів припиняється, надходження гріючої пари немає, а отже припиняється процес теплообміну.

Регулювання температури сокостружкової суміші таким чином дозволить проводити процес екстрагування в оптимальному температурному режимі по всій висоті апарату.

Технічний результат від використання запропонованого технічного рішення полягає в зменшенні втрат цукрози з жомом, збільшенні продуктивності колонного дифузійного апарату та підвищенні ефективності процесу екстрагування.

5. ВИБІР КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Вибір матеріалів, які застосовуються в харчовому машинобудуванні, зумовлений наступними основними факторами:

- допустимістю контакту з харчовими продуктами;
- економічною доцільністю застосування;
- вимогами до надійності та довговічності устаткування.

Багато основних деталей харчового обладнання зазнають значних навантажень. У зв'язку з цим матеріали, що використовується для виготовлення обладнання, повинні мати достатню міцність. Деталі обладнання, що контактують з харчовими продуктами, які містять різні органічні речовини, повинні бути виготовлені з корозієстійких матеріалів. Харчові продукти, які обробляються, не повинні вступати в хімічні реакції з матеріалами, з яких виготовлені деталі, матеріали не повинні руйнувати вітаміни, що знаходяться в харчових продуктах. Тому від правильного вибору конструктивних матеріалів деталей буде залежить якість харчових продуктів і довговічність самого обладнання. Зношування деталей спостерігається на ділянках з максимальною відносною швидкістю руху середовища у місцях деяких зон. За даними випробувань метали по зносостійкості можна поділити на дві групи:

- в першу входять метали, які мають не високі антикорозійні властивості - вуглецеві сталі та чавуни. Їх зношування характеризується чималою витратою маси через інтенсивне протікання корозійних процесів, підсилених мікроударним впливом середовища;
- в другу групу входять метали та корозійностійкі сплави (нержавіючі сталі мідні та алюмінієві сплави), зносостійкість яких в десятки разів вища зносостійкості металів першої групи.

Ділення металів по стійкості на дві групи не залежить від механічних властивостей, а свідчить лише про те, що зносостійкість металів в робочому

середовищі визначається головним чином антикорозійними властивостями, а міцність характеристики мають другорядні значення.

Матеріали корпусу апарату, що контактує з продуктом - корозієстійка сталь 12X18H10T - ГОСТ 5632-72. Переваги цієї сталі в тому, що вона стійка при контактуванні з продуктами в агресивних середовищах (лужному, кислотному) і їй дозволено використовувати в харчовій промисловості.

Всі прокладки виготовлені з пароніту загального призначення ПОН 2. Болти, гайки, шайби будуть виготовлені з сталі 35, так як механічні властивості їй нас задовольняють.

Таблиця. 5.1

**Перелік матеріалів, використаних в апараті та дозволених органами
Держнагляду**

Найменування матеріалу, марка	ГОСТ	Номер та дата дозволу МОЗ України
Сталь вуглецева звичайної якості марок: Ст 3сп, ВСт 3кп, ВСт 3сп	ДСТУ 2651-94 ДСТУ 2651-94 ДСТУ 2651-94	126-14/1040-3, 30.11.73 126-14/1154-3, 17.05.71 123-14/1460-7, 26.05.71
Сталь вуглецева якісна конструкційна: 35, 45	ГОСТ 1050-82	123-12/328-7, 07.08.79 08С/Б-7-450, 05.04.62 08С/Б-7-128, 18.07.63
Сталі високолеговані та корозійностійкі: 12X18H10T	ГОСТ 5632-72	126-14/1461-3, 16.09.67 08С/Б-7-128, 18.07.63 123- 14/297-7, 29.01.76

6. РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

Технологічні розрахунки

Вихідні дані

Назва	Од. виміру	Величина
Вміст цукру в буряках	%	14,0
Втрати цукру в жомі, не більш як	%	0,3
Довжина 100 г стружки	м	12
Величина відкачування диф.соку до маси буряків	%	120
Температура відкачування соку, t_0	°С	75
Вміст сухих речовин у віджатому жомі	%	16
Кількість жому на виході з апарату	кг	80
Температура жому на виході, $t_{ж}$	°С	65
Температура жомопресової води, $t_{жп}$	°С	74
Температура аміачної води	°С	65

Розрахунок маси віджатого жому

За даними П.М. Сіліна, у віджатому жомі міститься: м'якоть буряку (5 кг) і близько 0,5 кг цукру і нецукрів, тобто всього близько 5,5 кг сухих речовин на 100 кг перероблюваних буряків. Маса жому при вмісті в ньому 16% сухих речовин, відповідно складає:

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

Маса соку у віджатому жомі:

$$m_c = 34 - 5 = 29 \text{ кг.}$$

Маса віджатої жомопресової води:

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

Кількість води необхідної для дифузії 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, (жомопресова+аміачна)

W_K - маса відкачуваного соку, кг;

G_K - маса жому, вивантажуваного з апарату, кг.

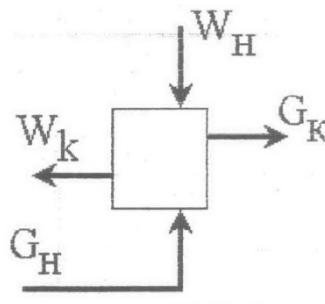


Рис. 6.1

Таким чином, при обігові жомової води в кількості 46 кг на 100 кг стружки потрібно 54 кг аміачної води.

Розрахунок кількості теплоти та витрати гріючої пари на нагрівання нижньої частини апарата

Складаємо рівняння теплового балансу:

$$D \cdot i - D \cdot c_k \cdot t_{кон} = m \cdot c_c \cdot (t_n - t_k) \cdot k$$

D - витрата пари, м³/год;

i - ентальпія насиченої пари, кДж/кг, (вибираємо за таблицями при тиску пари 7 мПа та температури в 90 С°) ;

c_k - теплоємність води (конденсату), кДж/кг·С°;

$t_{кон}$ - температура конденсату, (на 5 С° менша, ніж температура гріючої пари), С°;

m - витрата сокостружкової суміші, кг/год;

c_c - теплоємність сокостружкової суміші, ккал/кг·С°;

t_n - початкова температура сокостружкової суміші, С°;

t_k - кінцева (потрібна) температура сокостружкової суміші, С°;

k - поправочний коефіцієнт.

В об'ємі колонного дифузійного апарата марки ЕКА-3 знаходиться 143 т сокостружкової суміші. Середній час перебування її в апараті складає 86 хв.

Спростимо рівняння:

$m \cdot c_c \cdot (t_n - t_k) \cdot k = Q_m$ - потрібна кількість теплоти на нагрівання сокостружкової суміші:

$$m \cdot c_c \cdot (t_n - t_k) \cdot k = 143000 \cdot 0,9 \cdot (67 - 72) \cdot 1,05$$

$$Q_m = 2827024,2 \text{ кДж/год}$$

$$D \cdot i - D \cdot c_k \cdot t_{кон} = Q_m$$

звідси витрата пари дорівнює:

$$D = \frac{Q_m}{i - c_k \cdot t_{кон}} = \frac{2827024,2}{2660 - 4200 \cdot 85}$$

$$D = 2922,72 \text{ м}^3/\text{год}$$

Вибираємо діаметри патрубків:

За ГОСТ вибираємо трубу для подачі гріючої пари $d=82,5$ мм

За ГОСТ вибираємо трубу для відведення конденсату $d=159,0$ мм

За ГОСТ вибираємо трубу для відведення несконденсованих газів $d=159,0$ мм

Загальний тепловий розрахунок апарату

Для визначення кількості теплоти процесу дифузії, складемо тепловий баланс апарату на 100 кг стружки.

Прихід тепла:

1) бурякова стружка: 100 кг з температурою 10°C і теплоємністю $3,771 \cdot 10^3$ Дж/кг

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

2) жомопресова вода: 46 кг з температурою 74°C і теплоємністю $4,19 \cdot 10^3$ Дж/кг

$$k \cdot Q_{жв} = 46 \cdot 74 \cdot 4,19 \cdot 10^3 = 14,26 \cdot 10^6 \text{ Дж},$$

3) аміачна вода: 54 кг з температурою 65°C і теплоємністю $4,19 \cdot 10^3$ Дж/кг

$$k \cdot Q_{ам.в} = 54 \cdot 65 \cdot 4,19 \cdot 10^3 = 14,71 \cdot 10^6 \text{ Дж}.$$

Витрати тепла:

1) дифузійний сік: 120 кг з температурою 75°C і теплоємністю $3,771 \cdot 10^3$ 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 з температурою 65°C і теплоємністю $4,19 \cdot 10^3$ Дж/кг:

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

Баланс:

$$Q_{стр} + Q_{жв} + Q_{ам.в} + x = Q_c + Q_{ж}$$

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

Розрахунок потужності апарата.

Корисний об'єм апарата:

$$V = 0,785 \cdot (D^2 - d^2) \cdot H = 0,785 \cdot (6,125^2 - 2,6^2) \cdot 12,1 = 289,72 \text{ (м}^3\text{)}.$$

D – зовнішній діаметр апарата, м;

d – зовнішній діаметр трубовала, м

H – корисна висота апарату, м

Потужність апарата:

$$Q = \frac{24 \cdot 60 \cdot V \cdot q}{1000 \cdot \tau} = \frac{60 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 289.7 \cdot 650}{1000 \cdot 4600} = 3536.86 (m/доб)$$

де $q = 600 \dots 750 \text{ кг/м}^3$, – маса стружки в одиниці корисного об'єму апарата;

$\tau = 4000 \dots 4800$ секунд, - час дифундування.

Вважаємо, що при вихідних даних потужність складає $Q = 3500 \text{ т/добу}$ з переробки буряків.

Розрахунок корпусу апарата.

Вихідні дані:

Розрахункова схема (рис. 6.2)

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

Висота рідини в апараті $H_b = 12,1 \text{ м}$;

Висота циліндричної частини $H = 13,527 \text{ м}$;

Розміри зовнішнього корпусу:

Висота $h = 0,905 \text{ м}$;

Великий діаметр $D_k = 6,0 \text{ м}$;

Малий діаметр $d_k = 4,215 \text{ м}$

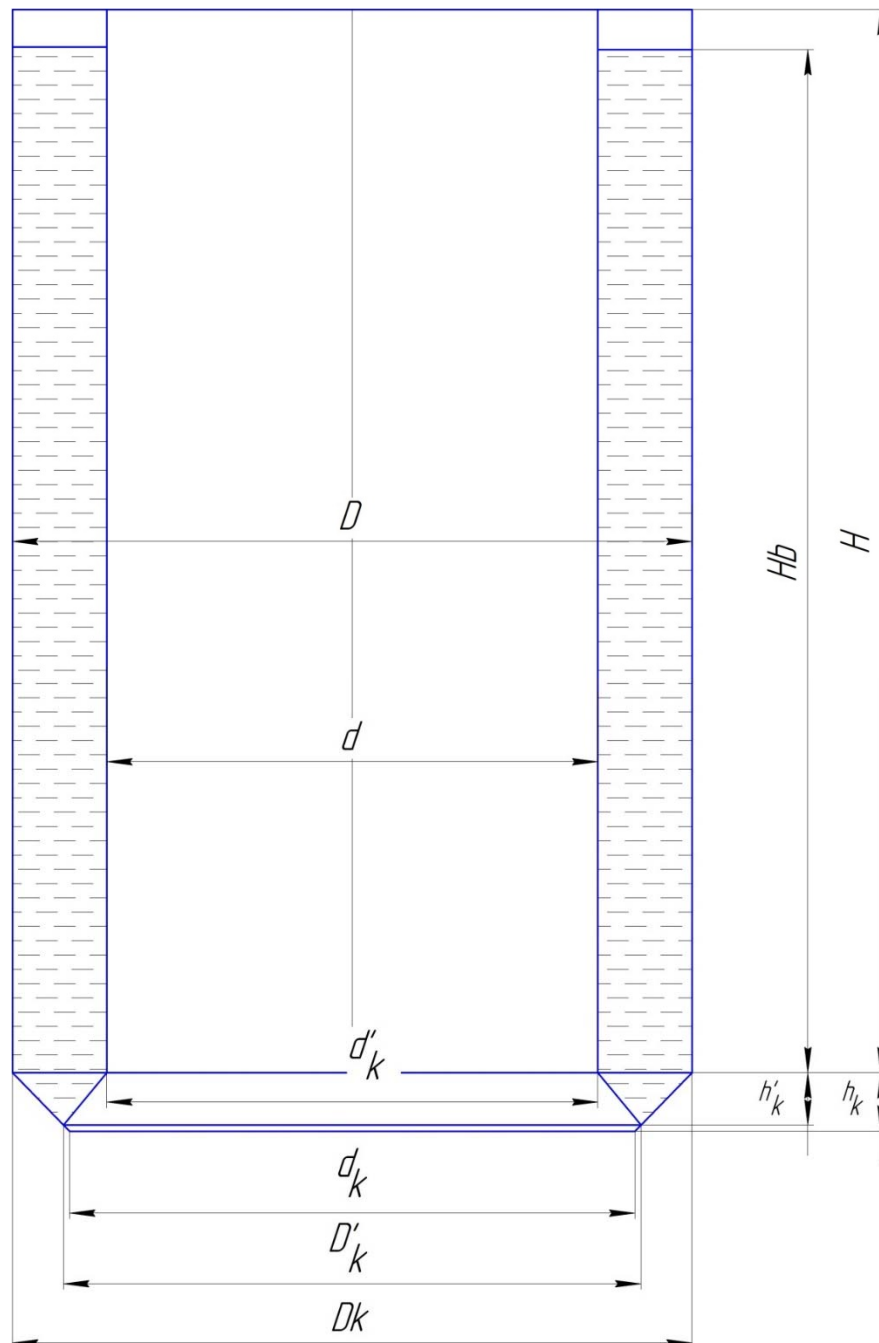


Рис. 6.2 Розрахункова схема для розрахунку корпусу апарата

Розміри внутрішнього конуса:

Висота $h = 0,85$ м;

Великий діаметр $D_k = 4,3$ м;

Малий діаметр $d_k = 2,598$ м;

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

Густина рідини $\rho = 1040$ кг/м³.

Для розрахунку товщини корпусу необхідно вивчити напружений стан у всіх точках конструкції, щоб вибрати найбільш небезпечну з них. З цією метою побудуємо епюри дотичних і меридіальних напружень. Розрахунок проводимо за безмоментною теорією, розбиваючи корпус на частини.

Циліндр.

Вага рідини в циліндричній частині корпусу:

$$G_u = 0,785 \cdot (D^2 - d^2) \cdot H_B \cdot \rho \cdot g = 0,785 \cdot (6^2 - 2,6^2) \cdot 12,1 \cdot 1040 \cdot 9,8 \\ = 2,8 \cdot 10^6 (H)$$

Для визначення ваги рідини в ситовому поясі знайдемо спочатку об'єм ситового пояса: $V = V_1 - V_2$

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

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

Об'єм зовнішнього конуса

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

Об'єм внутрішнього конуса:

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

Вага 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 в апараті:

$$G = G_u + G_c = 2,8 \cdot 10^6 + 9,79 \cdot 10^6 = 2,9 \cdot 10^6 (H)$$

Розглянемо рівновагу циліндричної частини корпусу:

$$\sigma_M \cdot \pi \cdot D \cdot S \cdot G = 0 \\ \sigma_M = \frac{G}{\pi \cdot D \cdot S} = \frac{2,9 \cdot 10^6}{3,14 \cdot 6 \cdot S} = \frac{153,85 \cdot 10^6}{S} = const$$

Тобто меридіальне напруження однакове по всій його циліндричній частині.

Рівняння рівноваги елементарної частини має вигляд:

$$\frac{\sigma_M}{\infty} + \frac{\sigma_k}{3} = \frac{(12,1 - x) \cdot g \cdot \rho}{S}$$

Звідки:

$$\sigma_k = 3 \cdot \frac{(12,1 - x) \cdot 9,8 \cdot 1040}{S} = \frac{30,58 \cdot 10^3 \cdot (12,1 - x)}{S}$$

В отриманому рівнянні $\sigma_k = f(x)$ при $0 \leq x \leq 12,1$

при $x=0$ $\sigma_k = \frac{370,02 \cdot 10^3}{S}$

при $x=12,1$ $\sigma_k = 0$

Розрахунок трубовала

Крутний момент, що передається болтовим з'єднанням секцій трубовала між собою:

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

$d = 2,275$ 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 розряг 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:

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

$\sigma = 320 \cdot 10^5 \text{ Па}$ – максимальне напруження в лопаті, прийняте НДІ;

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

Напруження у зварному шві для приварки лопаті до кінцевої пластини:

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

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

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

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

Напруження у зварному шві для при варення лопаті до трубовалу значно менші, так як катет і периметр зварного шва збільшені.

Розрахунок ситового поясу

Використовуючи метод перерізу на довільному рівні отримуємо елемент і зону, показану на рис. 6.3.

Вплив вала на елемент не враховується. Таким чином задача зводиться до того, що потрібно розрахувати конічне днище зі зрізаним конусом. Вплив вала на реальне напруження буде зводитись до зменшення діючих напружень в порівнянні з розрахунковим, тобто розрахунок дасть деякий запас.

Радіус широтного круга 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 маємо:

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

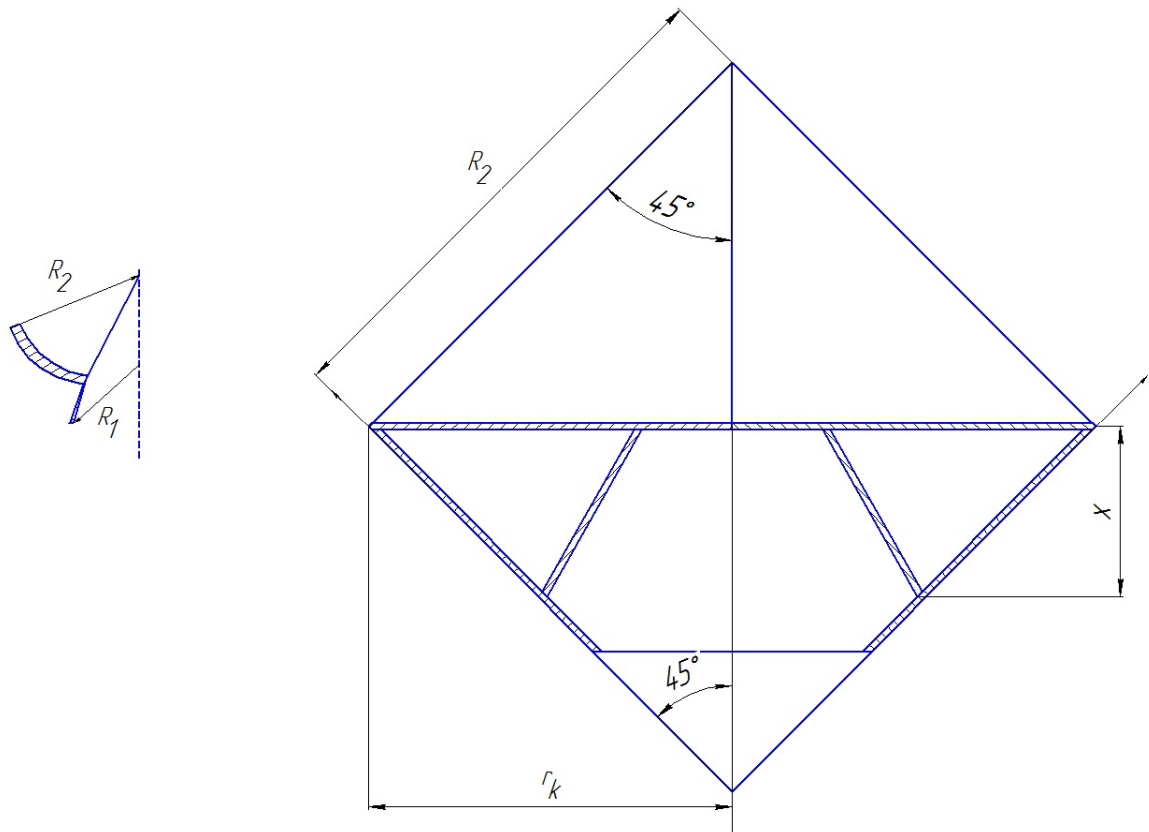


Рис. 6.3

Звідси:

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

З отриманого виразу видно, що кільцеве напруження визначається за параболічним законом:

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

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

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

Для визначення σ_M використовуємо умову рівноваги відсіченої 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:

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

вага рідини в апараті:

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

тоді:

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

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

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

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

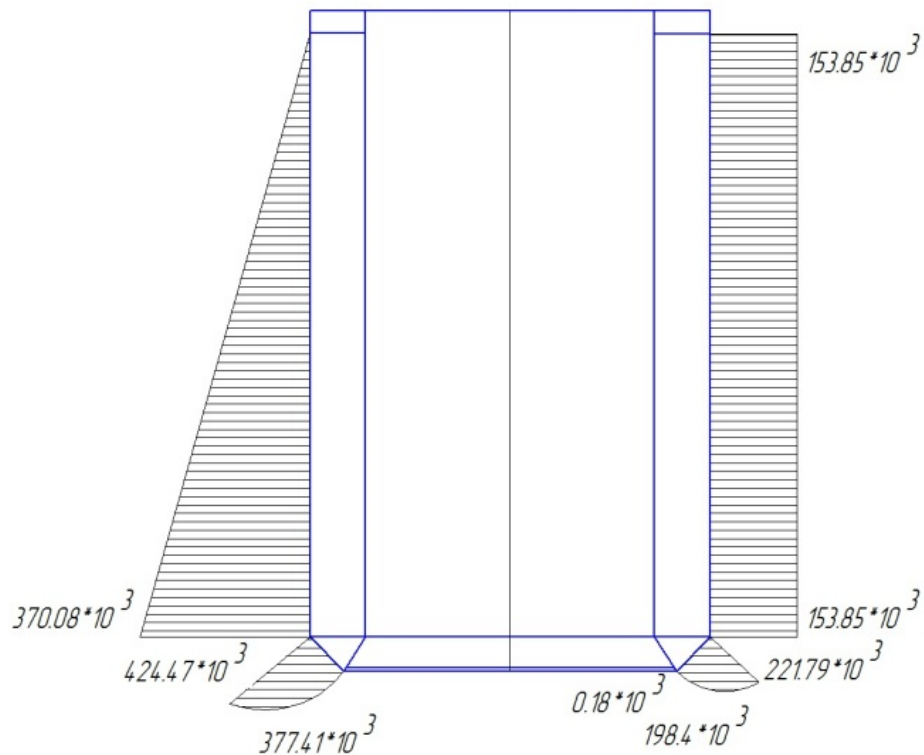


Рис. 6.4. Епюра внутрішніх сил (мПа)

Визначення товщини стінки апарату.

Оскільки елемент небезпечного перерізу опинився в складному напруженому положенні, то розрахунок ведемо по першій теорії міцності. Допустиме напруження розтягу 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 $S = 14\text{мм}$.

7. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ МАРШРУТ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ

Вихідні дані

Найменування деталі – Корпус підшипника.

Матеріал деталі – сталь 20 ГОСТ 1050-88.

Річна програма випуску виробу - 500 шт.

Таблиця 7.1.

Технологічний маршрут виготовлення корпусу підшипника

Номер операції, переходу	Назва операції, переходу	Технологічне обладнання, пристроїв, інструмент оброблювальний, контрольний
10	Заготівельна	Піч ІСТ-0,16
10.1	Відлити заготовку діаметром $\varnothing 368$ і довжиною 81 за типовим технологічним процесом «Лиття	Верстат слюсарний С-1
10.2	в піщані форми»	дробеструменевий апарат 44112
10.3	Зачистити поверхню виливки від формувального піску, шлаку, облою, зрізати живильники і літники, зачистити задирки.	Штангенциркуль ШЦ-11-250-0,05
10.4	Контроль розмірів із врахуванням припусків на механічну обробку, зовнішнього вигляду, відсутність тріщин і раковин на поверхні виливки.	Електропіч шахтна ПН-32
10.5	Завантажити виливки в піч, відпалити виливок за типовим	

	технологічним процесом, вивантажити виливки.	
20	Токарна з ЧПК	Верстат з ЧПК 16A20
20.1	Встановити, закріпити деталь в 3- х кулачковому патроні, зняти. База – необроблена лита поверхня діаметром Ø137 і	3-х кулачковий патрон Різець прохідний правий, T15K6 Різець підрізний, T15K6
20.2	торець.	Штангенциркуль ШЦ- 11-250-0,05
20.3	Розрахувати і ввести програму	
20.4	керування	
20.5	Точити торець Ø250.	
20.6	Точити торець Ø368 на розмір 50 Точить фаску 10x45° Контроль розмірів.	
30	Токарна з ЧПК	Верстат з ЧПК 16A20
30.1	Встановити, закріпити деталь в 3- х кулачковому патроні, зняти. База – оброблена поверхня Ф250h11 і торець.	3-х кулачковий патрон Різець розточної, T15K6 Різець підрізний, T15K6
30.2		Штангенциркуль ШЦ- 11-250-0,05
30.3	Розрахувати і ввести програму	
30.4	керування	
30.5	Підрізати торець Ø360 на прохід, в розмір 75.	
30.6		
30.7	Точити Ø360 на прохід.	
30.8	Розточити начорно Ø 160, в	
30.9	розмір 57. Розточити начисто Ø	
30.10	160, в розмір 57.	

30.11	<p>Розточити начорно Ø 135, в розмір 12.</p> <p>Розточити начисто Ø 135, в розмір 12.</p> <p>Розточити на прохід Ø 113.</p> <p>Розточити фаску 5x45°</p> <p>Контроль розмірів.</p>	
40 40.1 40.2 40.3 40.4 40.5	<p>Свердлильна.</p> <p>Встановити, закріпити деталь у спеціальному пристосуванні, зняти.</p> <p>База – оброблена поверхня діаметром Ø 113 і торець.</p> <p>Свердлити отвори Ø 14 на глибину 25.</p> <p>Розсвердлити отвори Ø 22 на глибину 25.</p> <p>Контроль розмірів.</p>	<p>Свердлильний верстат 2А125А</p> <p>Пристосування спеціальне.</p> <p>Свердло Ø 14 Т15К6, Свердло Ø 22 Т15К6, Штангенциркуль ШЦ-11-250-0,05</p>
50 50.1 50.2 50.3 50.4 50.5	<p>Свердлильна.</p> <p>Встановити, закріпити деталь у спеціальному пристосуванні, зняти.</p> <p>База – оброблена поверхня діаметром Ø 250 і торець.</p> <p>Свердлити отвір Ø10.3 на глибину 32.</p> <p>Нарізати різьбу М12-7Н.</p> <p>Контроль розмірів.</p>	<p>Свердлильний верстат 2Р135РФ2 з ЧПК</p> <p>Пристосування спеціальне.</p> <p>свердло Ø 10.3 Т15К6, Мітчик М12-7Н Р18, Пробка різьбова ПР-НЕ М12-7Н</p> <p>Штангенциркуль ШЦ-11-250-0,05</p>

60	Слюсарна	Верстат слюсарний С-1
60.1	Зачистити задирки, притупити	Лещата слюсарні Т-160
60.2	гострі кромки. Візуальний контроль	
70	Знежирення хімічне	Технологічна лінія П-
70.1	Обезжирити поверхню, що	318-034
70.2	підлягає фарбуванню.	
70.3	Фосфатування поверхні. Візуальний контроль.	
80	Шпаклювальна	
80.1	Знищити раковини і пористості	
	виливки, що з'явилися після	
	механічної обробки.	
80.2	Візуальний контроль.	
90	Ізолювання	
90.1	Ізолювати місця, що не	
	підлягають фарбуванню.	
90.2	Зняти ізоляцію після фарбування.	
90	Грунтування	
90.1	Нанести на обезжирену	
	поверхню один шар грунтовки,	
90.2	згідно вимог ТТП 5537300001.	
90.3	Покриття емаллю ПФ-115. Візуальний контроль	
100	Фарбування	Сушильна камера
100.1	Нанести 1-й шар емалі на	Розпилювач НН/Р-1200
	погрунтовану поверхню згідно	Рукавиці ТУ.17.2641
100.2	вимог ТТП 5537300001.	
100.3	Візуальний контроль	

100.4	Нанести 2-й шар емалі на поґрунтовану поверхню, згідно вимог ТТП 5537300001. Візуальний контроль	
110	Упаковка	
110.1	Упакувати деталь в обгортувальний папір.	
110.2	Скласти в тару цехову.	

Розрахунок припусків.

Розрахуємо допуск на обробку $\varnothing 160$ H7 (Ra1.6).

Технологічний процес обробки містить в собі 3 переходи:

- чорнове розточування: H12, Ra=6.3 мкм,
- чистове розточування: H9, Ra=3.2 мкм,
- тонке розточування: H7, Ra=1.6 мкм.

Поля допусків:

- заготовка: $T_{d0} = 1.800$ мм;
- чорнове розточування: $T_{d1} = 0.400$ мм;
- чистове розточування: $T_{d2} = 0.100$ мм;
- тонке розточування $T_{d3} = 0.400$ мм;

Аналітичний метод визначення припусків базується на аналізі похибок, що виникає при конкретних умовах обробки заготовки.

Сумарне відхилення розташування поверхні у заготовки, одержуваних куванням, точність і якість поверхонь:

- для заготовки: $R_{z0} + h_0 = 0.8$ мм
- для чорнового розточування: $R_{z1} = 0.040$ мм, $h_1 = 0.060$

мм;

- для чистового розточування: $R_{z2} = 0.030$ мм, $h_2 = 0.040$ мм;

- для тонкого розточування: $R_{z2} = 0.005$ мм, $h_3 = 0.010$ мм;

Для визначення припусків будемо використовувати формулу:

$$2 \cdot z_{i(\min)} = 2 \cdot \left[(R_{z(i-1)} + h_{i-1}) + \sqrt{\Delta_{\Sigma(i-1)}^2 + \varepsilon_i^2} \right],$$

де:

$R_{z(i-1)}$ - висота нерівностей профілю на попередньому переході;

h_{i-1} - глибина дефектного поверхневого шару на попередньому переході;

$\Delta_{\Sigma(i-1)}$ - сумарні відхилення розташування поверхні;

ε_i - похибка установки заготовки на виконуваному переході.

Сумарні просторові відхилення: $\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_{\text{кор}}^2 + \Delta_{\text{см}}^2}$,

де:

$$\Delta_K = 0.0006 \text{ мм/мм}, L=120 \text{ мм};$$

$$\Delta_{\text{кор}} = \Delta_K \cdot L = 0.0006 \cdot 120 = 0.072 \text{ мм};$$

$$\Delta_{\text{п}} = 0.001 \text{ мм/мм} - \text{питомий перекис вісі};$$

$$\Delta_{\text{см}} = \Delta_{\text{п}} \cdot D = 0.001 \cdot 160 = 0.16 \text{ мм};$$

Для заготовки:

$$\Delta_{\Sigma 0} = \sqrt{\Delta_{\text{кор}}^2 + \Delta_{\text{см}}^2} = \sqrt{0.072^2 + 0.16^2} = 0.175 \text{ мм};$$

Сумарні і просторові відхилення після обробки визначаємо за формулою:

$$\Delta_{\Sigma i} = K_y \cdot \Delta_{\Sigma 0},$$

де K_y - коефіцієнт уточнення

для чорнового розточування:

$$K_{y1} = 0.06; \Delta_{\Sigma 1} = K_{y1} \cdot \Delta_{\Sigma 0} = 0.06 \cdot 0.175 = 0.011 \text{ мм};$$

для чистового розточування:

$$K_{y2} = 0.04; \Delta_{\Sigma 2} = K_{y2} \cdot \Delta_{\Sigma 0} = 0.04 \cdot 0.175 = 0.007 \text{ мм};$$

для тонкого розточування:

$$K_{y3} = 0.02; \Delta_{\Sigma 3} = K_{y3} \cdot \Delta_{\Sigma 0} = 0.02 \cdot 0.175 = 0.004 \text{ мм};$$

$$\text{Визначаємо похибку установки: } \varepsilon_i = \sqrt{\varepsilon_0^2 + \varepsilon_3^2}$$

$\varepsilon_0 = 0$ - поставлена база співпадає з вимірювальною

$\varepsilon_3 = 0.020 \text{ мм}$ - затиск у 3-х кулачковому патроні

$$\varepsilon_i = \sqrt{\varepsilon_0^2 + \varepsilon_3^2} = \sqrt{0^2 + 0.02^2} = 0.02 \text{ мм}.$$

Мінімальні припуски на обробку:

$$z_{1(\min)} = R_{z0} + h_0 + \sqrt{\Delta_{\Sigma 0}^2 + \varepsilon^2} = 0.5 + 0.3 + \sqrt{0.175^2 + 0.02^2} = 0.977 \text{ мм}.$$

$$2 \cdot z_{1(\min)} = 1.953 \text{ мм}.$$

$$z_{2(\min)} = R_{z1} + h_1 + \sqrt{\Delta_{\Sigma 1}^2 + \varepsilon^2} = 0.04 + 0.06 + \sqrt{0.011^2 + 0.02^2} = 0.123 \text{ мм}.$$

$$2 \cdot z_{2(\min)} = 0.245 \text{ мм}.$$

$$z_{3(\min)} = R_{z2} + h_2 + \sqrt{\Delta_{\Sigma 2}^2 + \varepsilon^2} = 0.03 + 0.04 + \sqrt{0.007018^2 + 0.02^2} = 0.091 \text{ мм}.$$

$$2 \cdot z_{3(\min)} = 0.182 \text{ мм}.$$

Максимальні припуски на обробку:

$$z_{1(\max)} = z_{1(\min)} + \frac{T_{d0} - T_{d1}}{2} = 0.977 + \frac{1.8 - 0.4}{2} = 1.677 \text{ мм}.$$

$$2 \cdot z_{1(\max)} = 3.353 \text{ мм}.$$

$$z_{2(\max)} = z_{2(\min)} + \frac{T_{d1} - T_{d2}}{2} = 0.123 + \frac{0.4 - 0.1}{2} = 0.273 \text{ мм}.$$

$$2 \cdot z_{2(\max)} = 0.545 \text{ мм}.$$

$$z_{3(\max)} = z_{3(\min)} + \frac{T_{d2} - T_{d3}}{2} = 0.091 + \frac{0.1 - 0.04}{2} = 0.121 \text{ мм}.$$

$$2 \cdot z_{3(\max)} = 0.242 \text{ мм}.$$

Розрахунковий максимальний розмір:

$$d_{3(\max)} = D + T_{d3} = 160 + 0.04 = 160.04\text{мм.}$$

$$d_{2(\max)} = d_{3(\max)} - 2 \cdot z_{3(\max)} = 160.04 - 2 \cdot 0.121 = 159.798\text{мм.}$$

$$d_{1(\max)} = d_{2(\max)} - 2 \cdot z_{2(\max)} = 159.798 - 2 \cdot 0.273 = 159.252\text{мм.}$$

$$d_{0(\max)} = d_{1(\max)} - 2 \cdot z_{1(\max)} = 159.252 - 2 \cdot 1.677 = 155.899\text{мм.}$$

Загальні припуски:

$$z_{0(\max)} = z_{1(\max)} + z_{2(\max)} + z_{3(\max)} = 1.677 + 0.273 + 0.121 = 2.07\text{мм.}$$

$$2 \cdot z_{0(\max)} = 4.141 \text{ мм.}$$

$$z_{0(\min)} = z_{1(\min)} + z_{2(\min)} + z_{3(\min)} = 0.977 + 0.123 + 0.091 = 1.19\text{мм.}$$

$$2 \cdot z_{0(\min)} = 2.381\text{мм.}$$

Перевірка правильності розрахунків: $T_{d0} - T_{d3} = 2 \cdot z_{0(\max)} - 2 \cdot z_{0(\min)}$;

$$T_{d0} - T_{d3} = 1.8 - 0.04 = 1.76\text{мм.}$$

$$2 \cdot z_{0(\max)} - 2 \cdot z_{0(\min)} = 2 \cdot 2.07 - 2 \cdot 1.19 = 1.76 \text{ мм.}$$

Умова виконується.

Остаточно приймаємо припуск на обробку отвору рівним $2 \cdot z_0 = 4.2\text{мм.}$

Розрахуємо припуск на обробку $\varnothing 250 \text{ H11 (Ra2.5)}$.

Технологічний процес обробки містить у собі 2 переходи:

- чорнове точіння: h12, Ra=6.3 мкм,
- чистове точіння: h11, Ra=2.5 мкм.

Поля допусків:

- заготовка: $T_{d0} = 1.600\text{мм};$
- чорнове точіння: $T_{d1} = 0.300\text{мм};$
- чистове точіння: $T_{d2} = 0.120 \text{ мм};$

Аналітичний метод визначення припусків базується на аналізі похибок, що виникає за конкретних умов обробки заготовки.

Розрахунок припусків

Операції та переходи		Заготовка	Чорн. розточ.	Чист. розточ.	Тонке розточ.
Елементи припуска, мм	$R_{z_{i-1}}$	$Rz_0 + h_0 = 800$	$Rz_1 = 40$	$Rz_2 = 30$	$Rz_3 = 5$
	$h_{z_{i-1}}$		$h_1 = 60$	$h_2 = 40$	$h_3 = 10$
	Δ	$\Delta_{\Sigma 0} = 175$	$\Delta_{\Sigma 1} = 11$	$\Delta_{\Sigma 2} = 7$	$\Delta_{\Sigma 3} = 4$
	ϵ		$\epsilon = 20$	$\epsilon = 20$	$\epsilon = 20$
Розрахунковий припуск $Z_{пн}$, мм			$z_{1min} = 0.977$	$z_{2min} = 0.123$	$z_{3min} = 0.091$
Розрахунковий мінімальний розмір, мм		$d_{0max} = 155.899$	$d_{1max} = 159.252$	$d_{2max} = 159.798$	$d_{3max} = 160.04$
Допуск на виготовлення T_d , мм		$Td_0 = 1.8$	$Td_1 = 0.4$	$Td_2 = 0.1$	$Td_3 = 0.04$
Граничний розмір, мм	d_{max}	$d_{0max} = 155.899$	$d_{1max} = 159.252$	$d_{2max} = 159.798$	$d_{3max} = 160.04$
	d_{min}	$d_{0min} = 154.099$	$d_{1min} = 158.852$	$d_{2min} = 159.698$	$d_{3min} = 159.96$
Граничні припуски, мм	Z_{max}		$z_{1max} = 1.677$	$z_{2max} = 0.273$	$z_{3max} = 0.121$
	Z_{min}		$z_{1min} = 0.977$	$z_{2min} = 0.123$	$z_{3min} = 0.091$

$$\Sigma_{max} = 4.1 \quad \Sigma_{min} = 2.4$$

Сумарне відхилення розташування поверхні у заготовки, одержуваних куванням, точність і якість поверхонь:

- для заготовки: $Rz_0 = 0.5\text{мм}$, $h_0 = 0.3\text{мм}$,

Якість поверхонь після механічної обробки:

- для чорнового точіння: $R_{z1} = 0.040\text{мм}$, $h_1 = 0.060\text{мм}$;

- для чистового точіння: $R_{z2} = 0.030\text{мм}$, $h_2 = 0.040\text{мм}$;

Для визначення припусків будемо використовувати формулу:

$$2 \cdot z_{i(min)} = 2 \cdot \left[(R_{z(i-1)} + h_{i-1}) + \sqrt{\Delta_{\Sigma(i-1)}^2 + \epsilon_1^2} \right]$$

де: $R_{z(i-1)}$ - висота нерівностей профілю на попередньому переході;

h_{i-1} - глибина дефектного поверхневого шару на попередньому переході;

$\Delta_{\Sigma(i-1)}$ - сумарні відхилення розташування поверхні;

ε_i - похибка установки заготовки на виконуваному переході.

$$\text{Сумарні просторові відхилення: } \Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_{\text{кор}}^2 + \Delta_{\text{см}}^2},$$

де:

$$\Delta_{\text{к}} = 0.0006 \text{ мм/мм, } L=120 \text{ мм};$$

$$\Delta_{\text{кор}} = \Delta_{\text{к}} \cdot L = 0.0006 \cdot 120 = 0.072 \text{ мм};$$

$$\Delta_{\text{п}} = 0.001 \text{ мм/мм} - \text{питомий перекис вісі};$$

$$\Delta_{\text{см}} = \Delta_{\text{п}} \cdot D = 0.001 \cdot 160 = 0.16 \text{ мм};$$

Для заготовки:

$$\Delta_{\Sigma 0} = \sqrt{\Delta_{\text{кор}}^2 + \Delta_{\text{см}}^2} = \sqrt{0.072^2 + 0.16^2} = 0.175 \text{ мм};$$

Сумарні і просторові відхилення після обробки визначаємо за формулою: $\Delta_{\Sigma i} = K_y \cdot \Delta_{\Sigma 0}$,

де K_y - коефіцієнт уточнення

для чорнового точіння:

$$K_{y1} = 0.06; \quad \Delta_{\Sigma 1} = K_{y1} \cdot \Delta_{\Sigma 0} = 0.06 \cdot 0.175 = 0.011 \text{ мм};$$

для чистового точіння:

$$K_{y2} = 0.04; \quad \Delta_{\Sigma 2} = K_{y2} \cdot \Delta_{\Sigma 0} = 0.04 \cdot 0.175 = 0.007 \text{ мм};$$

$$\text{Визначаємо похибку установки: } \varepsilon_i = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2}$$

$\varepsilon_6 = 0$ - поставлена база співпадає з вимірювальною

$\varepsilon_3 = 0.020 \text{ мм}$ - затиск у 3-х кулачковому патроні

$$\varepsilon_i = \sqrt{\varepsilon_6^2 + \varepsilon_3^2} = \sqrt{0^2 + 0.02^2} = 0.02 \text{ мм}.$$

Мінімальні припуски на обробку:

$$z_{1(\text{min})} = R_{z0} + h_0 + \sqrt{\Delta_{\Sigma 0}^2 + \varepsilon^2} = 0.5 + 0.3 + \sqrt{0.18^2 + 0.02^2} = 0.98 \text{ мм}.$$

$$2 \cdot z_{1(\text{min})} = 1.95 \text{ мм}.$$

$$z_{2(\min)} = R_{z1} + h_1 + \sqrt{\Delta_{\Sigma 1}^2 + \varepsilon^2} = 0.04 + 0.06 + \sqrt{0.01^2 + 0.02^2} = 0.12 \text{ мм.}$$

$$2 \cdot z_{2(\min)} = 0.25 \text{ мм.}$$

Максимальні припуски на обробку:

$$z_{1(\max)} = z_{1(\min)} + \frac{T_{d0} - T_{d1}}{2} = 0.98 + \frac{1.6 - 0.3}{2} = 1.63 \text{ мм.}$$

$$2 \cdot z_{1(\max)} = 3.25 \text{ мм.}$$

$$z_{2(\max)} = z_{2(\min)} + \frac{T_{d1} - T_{d2}}{2} = 0.12 + \frac{0.3 - 0.12}{2} = 0.21 \text{ мм.}$$

$$2 \cdot z_{2(\max)} = 0.43 \text{ мм.}$$

Розрахунковий максимальний розмір:

$$d_{2(\max)} = D = 160.00 \text{ мм.}$$

$$d_{1(\max)} = d_{2(\max)} + 2 \cdot z_{2(\max)} = 160 + 2 \cdot 0.21 = 160.43 \text{ мм. } d_{0(\max)} = d_{1(\max)} + 2 \cdot z_{1(\max)} = 160.43 + 2 \cdot 1.63 = 163.68 \text{ мм.}$$

Загальні припуски:

$$z_{0(\max)} = z_{1(\max)} + z_{2(\max)} + z_{3(\max)} = 1.63 + 0.21 = 1.84 \text{ мм.}$$

$$2 \cdot z_{0(\max)} = 3.68 \text{ мм.}$$

$$z_{0(\min)} = z_{1(\min)} + z_{2(\min)} + z_{3(\min)} = 0.98 + 0.12 = 1.1 \text{ мм.}$$

$$2 \cdot z_{0(\min)} = 2.2 \text{ мм.}$$

Перевірка правильності розрахунків: $T_{d0} - T_{d3} = 2 \cdot z_{0(\max)} - 2 \cdot z_{0(\min)}$;

$$T_{d0} - T_{d3} = 1.6 - 0.12 = 1.48 \text{ мм.}$$

$$2 \cdot z_{0(\max)} - 2 \cdot z_{0(\min)} = 2 \cdot 1.84 - 2 \cdot 1.1 = 1.48 \text{ мм.}$$

Умова виконується.

Розрахунок припусків

Операції та переходи		Заготовка	Чорн. точіння	Чист. точіння
Елементи прируски, мкм	$R_{z_{i-1}}$	$Rz_0 + h_0 = 0.8$	$Rz_1 = 0.04$	$Rz_2 = 0.03$
	$h_{z_{i-1}}$		$h_1 = 0.06$	$h_2 = 0.04$
	Δ	$\Delta_{\Sigma 0} = 0.18$	$\Delta_{\Sigma 1} = 0.011$	$\Delta_{\Sigma 2} = 0.007$
	ϵ		$\epsilon = 0.02$	$\epsilon = 0.02$
Розрахунковий припуск Z_{min} , мм			$z_{1min} = 0.98$	$z_{2min} = 0.12$
Розрахунковий мінімальний розмір, мм		$d_{0max} = 163.68$	$d_{1max} = 160.43$	$d_{2max} = 160$
Допуск на виготовлення Td , мм		$Td_0 = 1.6$	$Td_1 = 0.3$	$Td_2 = 0.12$
Граничний розмір, мм	d_{max}	$d_{0max} = 163.68$	$d_{1max} = 160.43$	$d_{2max} = 160$
	d_{min}	$d_{0min} = 162.08$	$d_{1min} = 160.13$	$d_{2min} = 159.88$
Граничні припуски, мм	Z_{max}		$z_{1max} = 1.63$	$z_{2max} = 0.21$
	Z_{min}		$z_{1min} = 0.98$	$z_{2min} = 0.12$

$$\Sigma_{max} = 3.7$$

$$\Sigma_{min} = 2.2$$

Остаточно приймаємо припуск на обробку отвору рівним $2 \cdot z_0 = 3.8$ мм

Розрахунок режимів різання розрахунково-аналітичним методом

Розрахунок режимів різання для операції 30 (чорнове розточування)

Верстат токарний 16K20, пристосування 3-х кулачковий патрон, центра.

Інструмент: різець прохідний упорний T15K6.

Глибина різання: $t = 1.8$ мм;

Подача: $s = 0.4$ мм/об

Швидкість різання:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_v$$

Значення коефіцієнта C_v і показників ступеня та періоду стійкості вибираємо за таблицями: $C_v=420$, $x=0.15$, $y=0.2$, $m=0.2$, $T=120$ хв.

Загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що враховує фактичні умови різання:

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{IV}$$

визначаємо за таблицями:

$$K_V = 1.0 \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{1,75} = \left(\frac{750}{530}\right)^{1,75} = 1.84$$

$$K_{ПV} = 0.8$$

$$K_{IV} = 1.0$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{IV} = 1.84 \cdot 0.8 \cdot 1.0 = 1.47$$

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_V = \frac{C_v}{120^{0.2} \cdot 1.8^{0.15} \cdot 0.4^{0.2}} \cdot 1.47 = 260.42 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 260.42}{\pi \cdot 160} = 518.089 \text{ об/хв.}$$

Приймаються за паспортом верстата: $n_\phi = 520$ об/хв.

Фактична швидкість різання:

$$V_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_\phi}{1000} = \frac{\pi \cdot 160 \cdot 520}{1000} = 261.381 \text{ м/хв.}$$

Сила різання:

$$P_Z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot B^n}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP}$$

Значення коефіцієнта C_p і показників ступеня та періоду стійкості вибираємо за таблицями: $C_p=300$, $x=1$, $y=0.75$, $n=-0.15$.

Поправочний коефіцієнт, який впливає на якість оброблюваного матеріалу:

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^{0,75} = \left(\frac{530}{750}\right)^{0,75} = 0.77$$

$$P_Z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot B^n \cdot K_{MP} = 10 \cdot 300 \cdot 1.8 \cdot 0.4^{0.75} \cdot 261.381^{-0.15} \cdot$$

$$0.771 = 908.362 \text{ Н.}$$

Визначаємо ефективну потужність при різанні:

$$N_E = \frac{P_z \cdot v_\phi}{1020 \cdot 60} = \frac{908.362 \cdot 261.381}{1020 \cdot 60} = 3.88 \text{ кВт.}$$

Так як ця потужність значно менше потужності верстата (10 кВт), швидкість різання обмежується лише економічною стійкістю інструмента.

Визначаємо основний час на обробку:

$$T_0 = \frac{L+l_1+l_2}{S_m};$$

де:

$L=57$ мм - довжина оброблюваної поверхні;

$S_m = s \cdot n_\phi = 0.4 \cdot 520 = 208$ мм/хв - хвилинна подача;

$l_1 = 10$ мм - відстань підведення інструменту, $l_2 = 5$ мм - перебіг інструменту.

$$T_0 = \frac{L+l_1+l_2}{S_m} = \frac{57+10+5}{208} = 0.35 \text{ хв.}$$

Розрахунок режимів різання для операції 30 (чистове розточування)

Верстат токарний 16К20, пристосування: повідковий патрон, центра,
Інструмент: різець прохідний упорний Т15К6.

Глибина різання: $t = 0.15$ мм;

Подача: $s = 0.15$ мм/об.

Швидкість різання:

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_v$$

Значення коефіцієнта C_v і показників ступеня та періоду стійкості вибираємо за таблицями: $C_v=420$, $x=0.15$, $y=0.2$, $m=0.2$, $T=120$ хв.

Загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, що враховує фактичні умови різання:

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{PV} \cdot K_{IV}$$

визначаємо за таблицями:

$$K_v = 1.0 \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{1.75} = \left(\frac{750}{530}\right)^{1.75} = 1.84$$

$$K_{PV} = 0.8$$

$$K_{IV} = 1.0$$

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{IV} = 1.84 \cdot 0.8 \cdot 1.0 = 1.47$$

$$v = \frac{C_v}{T^m \cdot t^x \cdot s^y} \cdot K_V = \frac{C_v}{120^{0.2} \cdot 0.15^{0.15} \cdot 0.15^{0.2}} \cdot 1.47 = 459.99 \text{ м/хв.}$$

Частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 459.987}{\pi \cdot 160} = 915.115 \text{ об/хв.}$$

Приймаються за паспортом верстата: $n_\phi = 910 \text{ об/хв.}$

Фактична швидкість різання:

$$v_\phi = \frac{\pi \cdot D \cdot n_\phi}{1000} = \frac{\pi \cdot 160 \cdot 910}{1000} = 457.416 \text{ м/хв.}$$

Сила різання:

$$P_Z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot B^n}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{MP}$$

Значення коефіцієнта C_p і показників ступеня та періоду стійкості вибираємо за таблицями: $C_p=300$, $x=1$, $y=0.75$, $n=-0.15$.

Поправочний коефіцієнт, який впливає на якість оброблюваного матеріалу:

$$K_{MP} = \left(\frac{\sigma_B}{750}\right)^{0.75} = \left(\frac{530}{750}\right)^{0.75} = 0.77$$

$$P_Z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot B^n \cdot K_{MP} = 10 \cdot 300 \cdot 0.15 \cdot 0.15^{0.75} \cdot 457.416^{-0.15} \cdot 0.771 = 33.354 \text{ Н.}$$

Визначаємо ефективну потужність при різанні:

$$N_E = \frac{P_Z \cdot v_\phi}{1020 \cdot 60} = \frac{33.354 \cdot 457.416}{1020 \cdot 60} = 0.249 \text{ кВт.}$$

Так як ця потужність значно менше потужності верстата (10 кВт), швидкість різання обмежується лише економічною стійкістю інструмента.

Визначаємо основний час на обробку:

$$T_0 = \frac{L+l_1+l_2}{S_m};$$

де:

$L=57 \text{ мм}$ - довжина оброблюваної поверхні;

$$S_m = s \cdot n_\phi = 0.15 \cdot 910 = 136.5 \text{ мм /хв} - \text{хвилинна подача};$$

$l_1 = 10 \text{ мм}$ - відстань підведення інструменту, $l_2 = 5 \text{ мм}$ - перебіг інструменту.

$$T_0 = \frac{L+l_1+l_2}{S_m} = \frac{57+10+5}{136.5} = 0.53 \text{ хв.}$$

Розрахунок режиму різання при свердлінні (операція 40)

Верстат вертикально-свердлильний моделі 2A125;

Свердло: спіральне, зі швидкорізальної сталі Т15К6; $D=14 \text{ мм.}$, $L=25 \text{ мм.}$;

Визначаємо глибину різання при свердлінні: $t=D/2=7 \text{ мм.}$;

Подача при свердлінні $s=0.141 \text{ мм/об.}$;

Коректуємо подачу за паспортом верстата.

Для розрахункового значення, приймаємо $s=0.14 \text{ мм/об.}$

Визначаємо розрахункову швидкість різання при свердлінні

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot s^y} \cdot K_V$$

де $K_V = K_{LV} \cdot K_{UV} \cdot K_{MV}$ - поправочний коефіцієнт.

$K_{LV} = 1$ - коефіцієнт, що враховує глибину отвору в залежності від діаметра свердла;

$K_{UV} = 1$ - коефіцієнт, що враховує матеріал свердла;

$K_{MV} = K_\Gamma \cdot \left(\frac{750}{\sigma_B}\right)^{n_V} = \left(\frac{750}{530}\right)^{-0.9} = 0.73$ - поправочний коефіцієнт, враховує

вплив оброблюваного матеріалу.

$$K_V = K_{LV} \cdot K_{UV} \cdot K_{MV} = 1 \cdot 0.73 = 0.73$$

За таблицями: $T=25 \text{ хв.}$

Для $s < 0.2$ знаходимо: $C_v=7$, $q=0.4$, $y=0.7$, $m=0.2$

Тоді:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot s^y} \cdot K_V = \frac{7 \cdot 0.4^{0.4}}{25^{0.2} \cdot 0.14^{0.7}} \cdot 0.73 = 30.62 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо розрахункову частоту обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 30.62}{\pi \cdot 14} = 696.12 \text{ об/хв.}$$

Коректуємо оберти за паспортними даними верстата.

Приймаються найближчим менше значення: $n=707$ об/хв.

Визначаємо крутний момент: $M_{\text{КР}} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_{\text{МР}}$

За таблицями знаходимо: $K_{\text{МВ}} = K_{\text{Г}} \cdot \left(\frac{\sigma_{\text{В}}}{750}\right)^{n_m} = \left(\frac{530}{750}\right)^{0.75} = 0.77$

А також: $C_M=0.0345$, $q=2$, $y=0.8$.

$M_{\text{КР}} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot s^y \cdot K_{\text{МР}} = 10 \cdot 0.03 \cdot 14^2 \cdot 0.14^{0.8} \cdot 0.77 = 10.81$ Нм;

Визначаємо потужність на шпинделі верстата:

$N_{\text{Е}} = \frac{M_{\text{КР}} \cdot n}{9750} = \frac{10.81 \cdot 707}{9750} = 0.78$ кВт;

$N_{\text{ПОТ}} = \frac{N_{\text{Е}}}{\eta} = \frac{0.78}{0.8} = 0.98$ кВт;

де $\eta = 0.8$ (ККД верстата по паспорту).

Коефіцієнт використання верстата по потужності:

$$K = \frac{N_{\text{ПОТ}}}{N_{\text{СТ}}} \cdot 100 = \frac{0.98}{2.2} \cdot 100 = 44.54\%$$

де $N_{\text{СТ}}=2.2$ кВт - потужність головного електродвигуна верстата по паспорту. Визначаємо технологічний (машинний) час:

$$T_0 = \frac{L}{n \cdot s}$$

$L = l + l_1 + l_2$ - розрахункова довжина оброблюваної поверхні,

де

$l = 7$ мм - дійсна довжина оброблюваної поверхні;

$l_1 = \frac{D}{2 \cdot \text{tg}(60^\circ)} + 1.5 = \frac{14}{2 \cdot \text{tg}(60^\circ)} + 1.5 = 5.54$ мм - величина врізання;

$l_2 = 2$ мм - вихід інструменту;

$T_0 = \frac{l+l_1+l_2}{s \cdot n} = \frac{57+10+5}{0.14 \cdot 707} = 0.15$ хв.

Пристосування для обробки дванадцяти отворів Ø22 мм.

У кондукторі обробляється одна заготовка. Заготовка встановлюється на чашу 6, базуючись по діаметру 137 мм. Для забезпечення заданого встановлення оброблюваних отворів щодо заготовки, передбачений фіксатор. Фіксатор складається з корпусу 12, пальця 8 і пружини 9. На чаші 6 виконані отвори, що визначають положення заготовки. Чаша 6 встановлена на підшипниках, встановлених на центрі 4. На плиті 3 встановлена стійка з кондукторною втулкою 11. Кондукторна втулка фіксується від провороту гвинтом 13. Заготовка кріпиться в пристосуванні швидкозамінною шайбою 10 і гайкою 15.

Розрахунок пристосування

На даному пристосуванні виконується операція свердління дванадцяти отворів діаметром 22 мм.

Розрахунок виконаємо для виконання умов рівноваги заготовки під дією сил різання з боку інструменту і сил тертя з боку пристосування.

Визначимо значення моменту сили різання M_z , що діє при свердлінні отвору.

Крутний момент при свердлінні розрахований вище $M=10.81$ Нм.

Крутний момент сил різання врівноважується моментом сил опору фіксатора, розташованого на радіусі $R=105$ мм.

Приймаючи коефіцієнт запасу $K=2.5$, визначимо момент опору:

$$M_C = K \cdot M = 2.5 \cdot 10.81 = 27.025 \text{ Нм.}$$

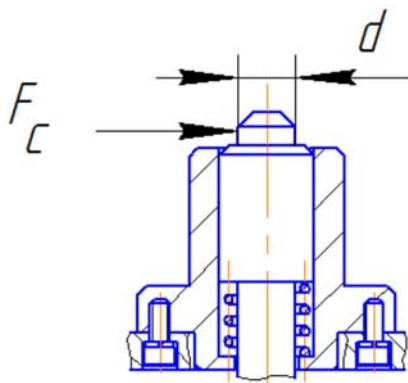
$$\text{Сила опору: } F_C = \frac{M_C \cdot 1000}{R} = \frac{27.025 \cdot 1000}{105} = 257.381 \text{ Н.}$$

Приймаємо допустимі напруги на зріз: $[\sigma_{CP}] = 60 \text{ МПа.}$

Визначимо діаметр пальця:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F_C}{\pi \cdot [\sigma_{CP}]}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 257.381}{\pi \cdot 60}} = 2.337 \text{ мм.}$$

Враховуючи великий знос пальця за час служби пристосування, вибираємо $d=12$ мм.



Розрахунок точності пристосування

Для обробки отвору $\varnothing 22$ H14 в заготовці, спроектовано кондуктор з швидкозмінною втулкою.

На операції, що розглядається необхідно забезпечити дві вимоги:

- ✓ $\varnothing 22$ H14, $305 \pm 0,1$ мм. Пристрій впливає тільки на точність розміру $305 \pm 0,1$ мм.
- ✓ Допуск розташування отвору, тобто зміщення від номінального положення вісі отвору відносно торця, повинен бути не більше 0,1 мм.

Отже, максимальна допустима похибка обробки $T_3=0.1$ мм.

1. Основними розмірами кондуктора є:

- діаметр кондукторної втулки під свердло, d_1 - діаметр отвору кондукторної втулки з полем допуску G7 становить $\varnothing 22$ (0.016/0.004) мм; - діаметр кондукторної втулки в сполученні з отвором d_2 , становить за ГОСТ 18431 на змінні кондукторні втулки 26 мм, а посадка в їх з'єднанні H7/g6.

- граничне відхилення відстані від упору до вісі отворів змінних кондукторних втулок повинне враховувати усі зазори, які виникають в сполученнях "заготовка – установча втулка", "змінна кондукторна втулка – постійна кондукторна втулка з плитою" та ексцентриситет змінної втулки,

тобто цей допуск з сумарною похибкою пристрою, яка визначається за формулою:

$$\varepsilon_{\Pi} = \varepsilon_{\Pi 1} + \varepsilon_{\Pi 2} + \varepsilon_{\Pi 3} + \varepsilon_{\Pi 4}.$$

де $\varepsilon_{\Pi 1}$ - допуск положення осей кондукторних втулок відносно упорної поверхні установчої втулки.

Наближене значення величини похибки отримаємо, використовуючи співвідношення:

$$\varepsilon_{\Pi 1} = 0,3 \cdot 0,1 = 0,03 \text{ мм.}$$

Для знаходження точнішого рішення знаходимо діаметр свердління для обробки отвору $\varnothing 22$ мм. Діаметр свердла 22 мм.

Максимальний діаметр отвору втулки $\varnothing 22,216$ мм.

Максимальний зазор між свердлом і отвором кондукторної втулки:

$$S_{3\max} \text{ мм.}$$

Максимальне значення діаметра $\varnothing 22\text{H}7$ отвору під втулку складе $\varnothing 22,015$ мм.

Мінімальне значення зовнішнього діаметра $\varnothing 22\text{g}6$ втулки складе $\varnothing 21,96$ мм.

Максимальні зазори між втулкою і отвором у кондукторі:

$$S_{1\max} \text{ мм.}$$

Вибираємо допуски радіального биття отворів під втулки і самих втулок.

Оскільки діаметри менші за 50 мм, то: $E_1=0.007$ мм., $E_2=0.007$ мм.

За формулою, похибка розміщення отвору кондукторної втулки

$$\varepsilon_{\Pi 1} = 0,8 \cdot 0,1 - 0,25 \cdot (0,035 + 0,016 + 2 \cdot 0,007) = 0,064 \text{ мм.}$$

$\varepsilon_{\Pi 2}$ - похибка, яка викликається неперпендикулярністю осі кондукторної втулки до вісі А площини та розраховується за формулою:

$$\varepsilon_{\Pi 2} = \frac{l+h}{L} \cdot a = \frac{25+10}{250} \cdot 0,1 = 0,014 \text{ мм.}$$

де l - глибина оброблюваного отвору, мм; h - відстань між торцем втулки і поверхнею заготовки, мм; a - величина неперпендикулярності (непаралельності), задана на базовій довжині L ;

$\epsilon_{п3}$ - похибка, яка викликається зміщенням осі кондукторної втулки гнізда, враховується при використанні швидкозмінних втулок з урахуванням допуску на знос обох поверхонь (ми приймаємо 0,02 мм на сторону). Цю похибку можна визначити за формулою:

$$\epsilon_{п3} = \frac{S_{3H_{max}}}{2 \frac{0.014+0.017+0.04}{2}} \text{мм.}$$

$\epsilon_{п4}$ - похибка, яка дорівнює ексцентриситету змінної або швидкозмінної втулки, $\epsilon_{п4} = 0.005 \text{мм.}$

$$\epsilon_{п} = \sqrt{0.064^2 + 0.05^2 + 0.036^2 + 0.005^2} = 0.089 \text{ мм.}$$

2. Виконаємо перевірочний розрахунок:

$$T_{\zeta} \geq \frac{1}{\hat{E}_{\tilde{n}}} \cdot \sqrt{\epsilon_{\hat{a}}^2 + \epsilon_{\hat{a}\zeta}^2 + \epsilon_{\hat{i}}^2 + \epsilon_{\hat{i}\zeta}^2}$$

де:

$T_3=0.1$ мм;

$K_c=1$ мм. - відповідно до рекомендацій, приведених вище;

$\epsilon_{в3}$ - похибка встановлення заготовки дорівнює нулю, оскільки заготовка встановлюється до упора торцевою поверхнею установчої втулки і затискається механізмом;

$\epsilon_{н1}$ - похибка налагодження інструмента, яка розраховується за формулою:

$$\epsilon_{н1} = s_{ивт} \cdot \left(\frac{1+h}{H} + \frac{1}{2} \right) = 0.032 \cdot \left(\frac{12+10}{26} + \frac{1}{2} \right) = 0.043 \text{мм.}$$

де $s_{ивт} = 0.032$ мм - найбільший зазор між кондукторною втулкою і свердлом.

Призначаємо допуск на знос кондукторної втулки $T_{3H}=0.02$ мм.

Тоді: $s_{\text{ІВТЗН}} = 0.018 + 0.02 = 0.038\text{мм}$.

Підставимо знайдені значення в нерівність і отримаємо:

$$0.1 > 1 \cdot \sqrt{0.064^2 + 0.038^2} = 0.074$$

Нерівність виконується, а тому кондуктор автоматично забезпечує задану точність положення отвору в межах допуску на знос робочих поверхонь пристрою. На кресленні кондуктора вказується величина похибки пристрою $\varepsilon_{\text{п}}=0,072$ мм, яка необхідна для перевірки його придатності.

8. ВИМОГИ ЩОДО МОНТАЖУ І ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ

Правила експлуатації

Технічне обслуговування виконується безпосередньо на місці експлуатації апарату. Для цього повинні закріплюватися спеціально підготовлені робітники. На всіх етапах технічного обслуговування апарату ведеться журнал обліку неполадок.

Технічне обслуговування включає наступні роботи:

- нагляд в період роботи і усунення окремих дефектів “на ходу”;
- періодичні огляди за графіком (не рідше одного разу в декаду) і усунення окремих дефектів і неполадок без зупинки апарату;
- усунення неполадок в усіх випадках зупинок апарату (наперед запланованих або раптових і тривалих);
- поточний ремонт апарату після закінчення кожного сезону переробки буряків.

В період роботи дифузійного апарату нагляд за його роботою ведуть оператор і черговий персонал ремонтної служби.

Електротехнічне обладнання, засоби контрольно-вимірювальних приладів і автоматизації обслуговуються в відповідності з інструкціями по експлуатації заводу-виготовлювача.

Перед пуском апарату необхідно:

- наповнити мастилом редуктори і мастильні ванни;
- перевірити електродвигуни та мотор-редуктори;
- перевірити наявність електропроводки приводних систем;
- перевірити чи відрегульовані стрічкові ваги згідно технічної експлуатації обслуговування і консервації стрічкових ваг;
- перевірити чи змащені всі точки.

Монтаж

Перед тим як приступити до монтажу дифузії потрібно:

- на основі комплектуючої відомості переконатися в комплектності поставки;
- перевірити чи не пошкодились під час транспортування окремі частини апарату; можливі пошкодження видалити перед монтажем.

Через великі габарити дифузійних апаратів і значну масу монтаж їх має ряд особливостей. З великою відповідальністю слід підходити до виготовлення фундаментів і точності установки фундаментних болтів у відповідності з проектом. У верхній площині фундаменту - для колонних апаратів роблять спеціальний монтажний приямок. Готують спеціально вирівняний складальний майданчик по можливості ближче до місця монтажу та вантажопідйомного обладнання.

Перед монтажем апаратів перевіряють комплектність поставки вузлів і деталей по відвантажувальних документів заводу-виробника, незалежно від того, робилася чи попередня перевірка при отриманні апарату. Монтаж апаратів починають з перевезення до складального майданчику окремих вузлів і секцій.

Підготовчий монтаж. Монтаж царг

Колонний дифузійний апарат монтують на постаменті, який попередньо збирають на спеціальному майданчику із заготовок деталей, що поставляються заводом-виробником. Після контрольного складання його розбирають і збирають на фундаменті, закріплюючи башмаки опор на анкерних болтах. При цьому нівеліром контролюється точність установки по горизонту опорних місць верхньої рами. Вивірений постамент підливають високомарочним цементним розчином і дають витримку не менше 120 год., перш ніж навантажувати його корпусом апарату. На постамент, встановлюють опорну царгу колони за рівнем, але не зварюючи остаточно вертикальний стик і розріз верхнього фланця. Потім збирають полуцарги першої основної царги,

розміщуючи їх на фланці опорної царги з маркування заводу-виробника. Таке маркуванням зазвичай є червона риска на фронтальній лінії царг. Полуцарги всередині корпусу піднімають одну за одною за допомогою баштового, порталного або іншого крана. При правильній маркуванні полу царг розріз їх фланців не повинен збігатися з розрізом фланця наступній царги. Встановивши полуцарги на опорному кільці, фіксують їх по фланцю, забиваючи оправки. Відправки забивають в найближчі від розрізу фланця болтові отвори і надають цим фланцям опорної царги форму, близьку до кола. Потім чотирма гвинтовими домкратами досягається максимальне усунення овальності. При цьому обов'язково виступ верхнього фланця повинен зайти в заточку нижнього. Встановлюють і затягують всі болти фланцевого з'єднання, зварюють вертикальні стики полуцарг. Під опорні подушки ставлять прокладки з листової сталі. Збірку інших царг виконують в тому ж порядку. Вертикальні стики зварюють тільки після закінчення перевірки на відсутність овальності ярусу. Гранично допустимі відхилення від кола складають ± 10 мм.

Закінчивши збірку царг корпусу, переходять до монтажу деталей верхньої опорного вузла. Після перевірки вертикальності установки корпусу і овальності царг усувають відхилення і остаточно затягують болти на фланцях. Стики царг всередині корпусу обварюють якісними електродами і починають збірку трубовалу. Якщо царги трубовалу поставлені з непривареними лопатями, то на складальному майданчику їх приварюють до царгах за шаблоном, звертаючи особливу увагу на кут «атаки», під яким лопать повинна знаходитися в апараті.

Далі встановлюють на верхній опорний вузол приводну вінцеву шестерню трубовалу. Потім подають на фундамент верхню царгу, піднімають її всередині корпусу на висоту, рівну висоті наступній царги, використовуючи поліспасти, лебідку або баштовий кран. Розкріплюють царгу з лопатями, під неї підводять другу царгу, центрують з нею і зварюють встик. У такій послідовності всередині корпусу збирають всі царги трубовалу. З'єднують

верхню царгу з вінцевої шестернею. Закріплюють нижню частину трубовалу в корпусі, попередньо забезпечивши вертикальність з відхиленням ± 5 мм.

Монтаж опорної рами та встановлення мотор-редукторів

Монтують опорну раму приводу трубовалу і встановлюють мотор-редуктори. Установка мотор-редукторів - особливо відповідальна операція, так як при цьому повинна забезпечуватися точна збірка шестерних пар із зачепленням за розрахунковими початковими параметрами і з контактом зубів по всій довжині. При ревізії мотор-редукторів першочергову увагу звертають на працездатність системи мастила і накріплення планетарних шестерень. Регулюючи товщини прокладок під опорами мотор-редукторів, забезпечують вертикальність їх установки. Проверяючи вручну (при виведених із зачеплення мотор-редукторів) трубовал, перевіряють зазори між кінцями лопатей і корпусом. Допустиме відхилення ± 10 мм.

Монтаж лопатей

Виготовляють кутовий шаблон для установки контрлопатей і по ньому в кільцевих просторах, розмічених на внутрішній стінці корпусу, приварюють контрлопаті згідно з інструкцією заводу-виробника. Спочатку їх прихоплюють зварюванням. Після прихватки одного ряду контрлопатей роблять один-два оберти трубовалу, переконуються, що лопаті і контрлопаті не зачіплюються між собою, і остаточно приварюють їх. Зазори між контрлопатями і лопатями повинні бути рівномірними по всій довжині контакту, щоб уникнути заклинювання при обертанні трубовалу.

Зварні шви піддають ретельному візуальному контролю. Бажано проведення ультразвукової дефектоскопії, проби на гас та інших спеціальних методів контролю. Неприпустимі раковини, непровари, тріщини швів, погане заповнення катетів. Міцність зварювання деталей - одна з складових успішної експлуатації апарату. Після монтажу і зварювання всіх деталей всередині

корпусу колони і зварювання вертикальних і горизонтальних швів самого корпусу ще раз перевіряють відсутність овальності царг, що перевищує допустимі межі, усувають відступ, і остаточно контролюють зазори між лопатями і контрлопатями.

Монтаж ситового поясу

Монтують нижню частину колони - ситовий пояс, розподільник стружки, очистні лопаті, опорний вузол і систему соковідводу. Перед установкою ретельно перевіряють з розбиранням всіх деталей вузли нижньої частини, а також працездатність підшипників, зазори між нерухомими і обертовими деталями, стан різьбових з'єднань. Особливо оглядають зазор між нерухомою обичайкою, на якій закріплюються сектори сит, і трубою сокостружкової суміші. Цей зазор повинен бути не більше 3-4 мм. Найретельнішим чином інспектують систему змащення нижніх підшипників: наявність канавок, правильність розташування мастильних отворів і т. д. При монтажі нижньої частини спочатку піднімають і закріплюють кількома болтами обидві половини царги ситового поясу, а потім одну половину верхньої частини нижнього конуса. Піднімають на фундамент і заводять в монтажний прямокутник фундаменту нижній конус з Г-подібним валом, закріплюючи його на дерев'яних брусках по центру корпусу. На нижньому конусі зміцнюють обидві половини верхнього конуса, піднімають всі деталі в зборі в царгу і закріплюють болтами і шпильками. Ретельно регулюють половинки царги ситового поясу, усувають овальність, контролюють по схилу точність центрування по відношенню до верхньої точки приводу трубоваду. Проводять повну затяжку болтових і шпилькових з'єднань і зварювання швів царги і конусів. Після цього ще раз перевіряють овальність і центрування. Потім зібраний нижній конус опускають і монтують сектори щілинних сит, забезпечуючи їх горизонтальність і розташування в одній площині з відхиленням не більше ± 2 мм.

Монтаж підшипникового вузла та механізму жомовідведення

Збирають підшипниковий вузол, встановлюють прилади мастила, монтують сальниковий вузол і запаковують сальник. Ретельно перевіряють оптимальність зазорів втулок і сальникового вузла.

Монтують механізм жомовідведення: закріплюють кільцевий ланцюговий транспортер, перевіряючи його на овальність. Биття овальності корпусу кільцевого транспортера не повинно перевищувати 5 мм. У разі, якщо овальність вище, гідравлічними домкратами (або прогріванням кільця) її усувають. Збирають згрібаючі лопаті, встановлюють кільцевий жолоб, жолоби для видалення жому.

Монтують опорні ролики ланцюгового транспортера, привод з приводною зірочкою, два вертикальних мотор-редуктора, розташовуючи їх у точках, діаметрально протилежних.

Виконання завершальних робіт

Встановлюють комплект обладнання маслоподаючої станції - маслобаки, фільтри, насоси, збірники - на спеціальній металоконструкції. Виконують монтаж маслопроводів до місць мастила. Ставлять огорожі. Проводять теплоізоляційні та фарбувальні роботи.

Ще раз ретельно оглядають всередині і зовні всі вузли та деталі колонного апарату і провертають кілька разів вручну, щоб бути готовим до випробування вхолосту.

Випробування починають з гідравлічного випробування, яке виконують після монтажу трубопроводів і запірної арматури, збірки люків, лазів, оглядових вікон, сокопоказуючої арматури, установки щитків та огорож. Заливають редуктори і маслосистемм мастилом. Вхолосту обертають трубовал не менше 24 год., прослуховуючи вузли, змащуючи всі крапки по карті змащення, після цього апарат зупиняють, ретельно оглядають всі вузли, підтягують різьбові з'єднання, замінюють масло в системі.

Ремонт

Ремонт. Для проведення всіх видів ремонту дифузійних апаратів підготовлюють добре освітлену площадку для очищення, промивання і складування складових частин, а також необхідні матеріали, запасні частини, інструменти і пристосування. Склад спеціалістів визначається за обсягом виконуваних робіт і часу їх проведення.

Поточний ремонт включає очищення всіх вузлів і деталей, всіх комунікацій і арматури, зняття і ремонт огорож і щитків, роз'єднання напівмуфт, жирування і прогонку різьблення кріпильних деталей, розбирання і ремонт сальникових вузлів із заміною втулок; розбирання підшипників, промивання їх деталей, зняття кришок редукторів: розбирання мотор-редукторів із заміною масел; ремонт трубопровідної арматури без зняття корпусів; заміну прокладок і ущільнень; шліфовку шийок валів від рірок і потемнінь, відновлення зношених місць, антикорозійних покриттів, зняття і ремонт сит, скребків, очищувачів, промивку маслосистеми і зміну фільтрів.

Середній ремонт, включаючи всі операції поточного ремонту, передбачає ремонт підшипників ковзання з пришабровкою вкладишів, часткову заміну підшипників кочення, ремонт маслосистеми з частковою заміною деталей, ремонт трубопровідної арматури зі зняттям корпусу, перевірку шестерних і зубчастих зачеплень з підгонкою зубів, Зняття і розбирання мотор-редукторів з ревізією вузлів, заміну окремих ділянок комунікацій, деяких кріпильних різьбових деталей, зняття ланцюгових передач, очищення і перегородку їх деталей, часткову заміну фільтруючих сит, перебивання сальників із заміною втулок, відновлення термоізоляції та гідравлічне випробування.

При **капітальному ремонті**, крім операцій, що входять до складу поточного та середнього ремонту, необхідно виконати заміну підшипників кочення; заміну або перезаливку вкладишів підшипників ковзання; поглиблений ремонт трубопровідної арматури з заміною деталей або окремих одиниць арматури; відновлення елементів шестерень і зірочок або їх заміну,

установку нових трубопроводів замість зношених, заміну приводних ланцюгів, вузлів або ступенів мотор-редукторів, сит, покриття транспортної системи антикорозійними складами, перевірку міцності корпусів, здійснення модернізації окремих вузлів і деталей.

Крім всіх перерахованих операцій піддають огляду деталі транспортної системи - трубовал, лопаті і контрапи, які схильні до інтенсивного зносу в нижній частині апарату і в місці підведення жомопресової води. Оглядають всі зварні з'єднання, обстукуванням перевіряють товщину стінок в місцях, що викликають сумнів, роблять контрольне засверлювання або визначають товщину електронним приладом.

Обов'язковому щорічному контролю підлягають вузол подачі сокостружкової суміші, Г-подібна труба, розподільник стружки, шарнірне з'єднання зворотного клапана, кромки ситоочищувачів і поверхня сит - по всій довжині зазор не повинен перевищувати 1,5...2,0 мм. У роботу не допускаються щілинні сита, якщо товщина їх зменшилася до 4 мм.

9. ОПИС СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

Дифузійна установка серії ЕКА-3 забезпечується системою автоматизації та керування. Контрольно-вимірювальні, регулюючі та сигналізуючі прилади і органи управління розміщені на щиті (рис. 9.1) з чотирьох панелей. Система автоматизації побудована в основному на базі пневматичних приладів і використовує стиснене повітря під тиском не менше 0,2 МПа і змінний електричний струм з напругою 220 В.

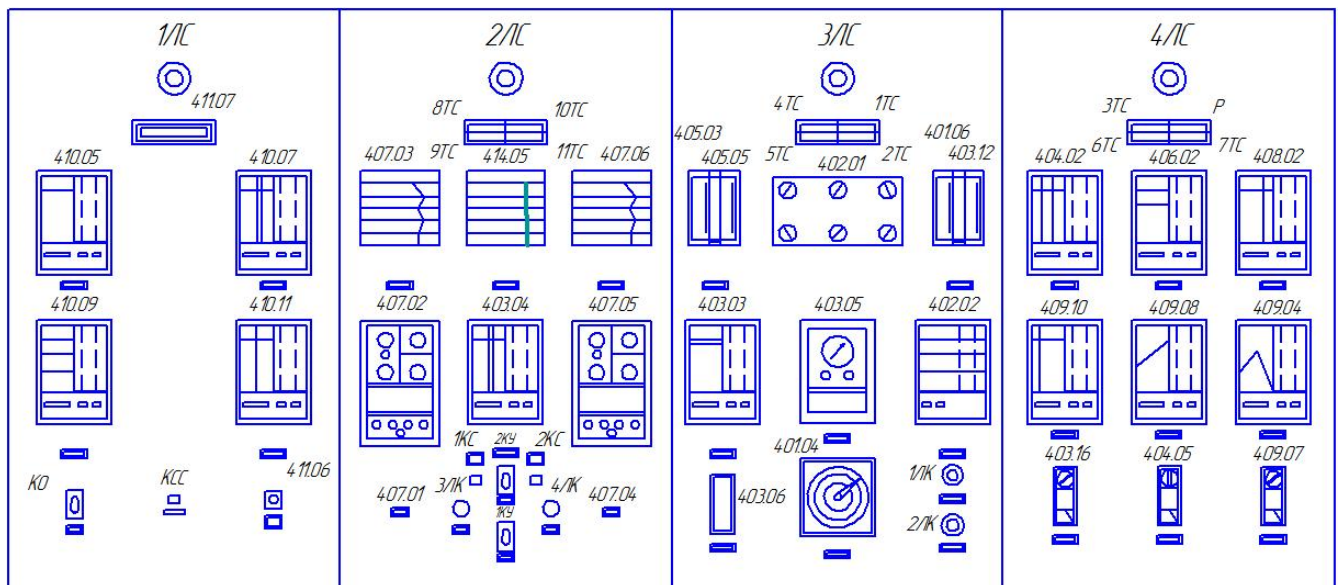


Рис. 9.1. Щит контролю та регулювання колонним дифузійним апаратом

Системою автоматизації передбачаються на першій панелі щита: регулювання, дистанційне керування, запис і показання температури циркулюючого соку, що виходить з підігрівача і направляється в мішалку ошпарювача (прилад 410.05), що виходить з підігрівача і надходить у відстійник жомопресової води (прилад 410.07), що спрямовується в дифузійний апарат жомопресової води (прилад 410.09), свіжої (сульфітованої) води у збірнику (прилад 410.11), показання температури сокостружкової суміші в трьох точках по висоті дифузійного апарату, в мішалці і шахті ошпарювача (прилад 411.07 і перемикач 411.06), випробування роботи

звукової та світлової сигналізації (перемикач КО), відключення звукового сигналу (кнопка КСС) і сигналізація подачі напруги на панель (лампа 1ЛС).

На другій панелі щита цією системою передбачаються: регулювання, дистанційне керування, запис і показання крутного моменту трубовалів ошпарювача (прилади 407.01, 407.02, 407.03) і дифузійного апарату (прилади 407.04, 407.05, 407.06), запис і показання рН-рівня соку в трьох точках по висоті дифузійного апарату (прилад 414.05), регулювання, дистанційне керування, запис і показання рН-рівня сульфатованої води, що виходить із сульфітатора (прилад 413.04), дистанційне керування вентилем на продувному трубопроводі відбірного пристрою рН-метра дифузійного апарату (перемикач 2КУ), вентилями на трубопроводах подачі формаліну в дифузійний апарат (кнопка 1КС) і ошпарювач (кнопка 2КС), а також засувкою на трубопроводі подачі сокостружкової суміші в апарат (перемикач 1КУ і лампи 3ЛК і 1ЛК), сигналізація мінімального рН-рівня соку в апараті (табло 8ТС); надходження формаліну в дифузійний апарат (табло 9ТС) і в ошпарювач (табло 10ТС), подача напруги на панель (лампа 2ЛС), а також сигналізація про те, що у відбірний пристрій рН-метра дифузійного апарату не надходить сік для аналізу (табло 11ТС).

На третій панелі щита системою автоматизації передбачаються: показання перепаду тиску соку на торцевому ситі ошпарювача (прилад 405.03) і горизонтальному ситі дифузійного апарату (прилад 405.05); регулювання, дистанційне керування, запис і показання витрати дифузійного соку, що виходить з ошпарювача і направляється на станцію очищення (прилад 403.03), а також показання загальної кількості дифузійного соку, що пройшов за певний час (прилад 403.05); запис і показання відбору дифузійного соку, тобто відношення витрати соку до витрати стружки (прилади 402.02 і 402.01), показання рівня соку в збірнику після ошпарювача (прилад 401.06) і в збірнику після апарату першої сатурації (прилад 403.12), регулювання, запис і показання витрати стружки в дифузійний апарат (прилади 401.04 і 403.06), сигналізація про збільшення (лампа 1ЛК) і зменшення (лампа 2ЛК) частоти

обертання бурякорізок, максимального перепаду тиску соку на торцевому ситі ошпарювача (табло 4ТС) і горизонтальному ситі дифузійного апарату (табло 5ТС), мінімальної витрати стружки, що подається в ошпарювач (табло 1ТС), максимального рівня в збірнику дифузійного соку після ошпарювача (табло 2ТС) і зупинки при цьому бурякорізок, а також сигналізація подачі напруги на третю панель (лампа 3ЛС).

На четвертій панелі системою автоматизації передбачаються: регулювання, дистанційне керування, запис і показання рівня соку в шахті ошпарювача (прилад 404.02); сигналізація максимального рівня в шахті ошпарювача (табло 3ТС), при якому припиняється відбір соку з дифузійного апарату; дистанційне керування клапаном відбору соку з апарату (прилад 404.05), регулювання, дистанційне керування, запис і показання рівня в мішалці ошпарювача (прилад 406.02) і рівня води в дифузійному апараті (прилад 408.02), дистанційне керування клапаном на трубопроводі виходу дифузійного соку з песколовушки і після ошпарювача (прилад 403.16), регулювання, дистанційне керування, запис і показання рівня в збірнику жомопресової (прилад 409.08) і сульфітованої (прилад 409.04) води у відстійнику жомопресової води (прилад 409.10), автоматичне і дистанційне керування клапаном подачі аміачного конденсату в сульфітатор за відсутності барометрической води (прилад 409.07), сигналізація мінімального рівня в шахті ошпарювача (табло 3ТС), в мішалці ошпарювача (табло 6ТС) і в дифузійному апараті (табло 7ТС); сигналізація подачі напруги на четверту панель (лампа 4ЛС); табло Р - резерв.

Поруч зі щитом контролю і регулювання встановлюється пульт, на якому зосереджені прилади контролю і сигналізації та органи дистанційного управління електродвигунами дифузійного апарату, ошпарювача та допоміжного обладнання.

10. ЗАХОДИ ЩОДО ОХОРОНИ ПРАЦІ

Законодавство України про охорону праці

Закон України «Про охорону праці», а також «Кодекс законів про працю України» є основною законодавчою базою охорони праці. Їх доповнюють державні міжгалузеві та галузеві нормативні акти про охорону праці – це стандарти, правила, норми, положення, статuti, інструкції та інші документи, яким надано чинність правових норм, обов'язкових для виконання усіма установами і працівниками України.

Аналіз виробничого травматизму

Метою дослідження виробничого травматизму є розроблення до запобігання нещасних випадків на підприємстві. Для цього необхідно систематично аналізувати і узагальнювати їх причини.

Для вивчення виробничого травматизму використовують різні методи. Найпоширеніші і взаємодоповнюючі – статистичний, монографічний, економічний методи.

Для характеристики рівня виробничого травматизму на підприємстві і в галузі використовують кількісні і якісні показники, що засновані на вивченні первинних документів про травматизм. Кількісний показник травматизму або показник частоти K_v нещасних випадків розраховується на 1000 середньоспискової кількості працюючих:

$$K_v = 1000 \cdot T/P;$$

де T – кількість нещасних випадків та захворювань на підприємстві за звітний період із втратою працездатності на 1 і більше днів;

P – середньоспискова кількість працюючих на підприємстві за той же звітний період часу.

Якісний показник травматизму K_g характеризує середню втрату працездатності в днях на одного потерпілого за звітний період:

$$K_g = D/T;$$

де D – загальна кількість днів непрацездатності у потерпілих для випадків із втратою працездатності на 1 і більше днів;

T – загальна кількість таких нещасних випадків за той же період часу.

Цей показник не враховує стійкої втрати працездатності і тому не характеризує важкості травматизму. Таким чином, коефіцієнт нещасних випадків – це середня тривалість непрацездатності одного потерпілого, виражена в робочих днях за відповідний період (півріччя, рік).

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

$$K_3 = 1000 \cdot D/T.$$

Ці показники використовуються при проведенні статистичного аналізу виробничого травматизму.

Інструктажі з охорони праці

Попередження аварій і нещасних випадків на виробництві не можливо без проведення спеціальних інструктажів. У відповідності з чинним законодавством керівники підприємств повинні забезпечувати своєчасне і якісне проведення інструктажів працюючих по безпечним прийомам та методам роботи, ознайомлення їх з правилами поведінки на території цехів і дільниць підприємства. Інструктажі проводяться для всіх працівників незалежно від їх кваліфікації та досвіду праці, а також для осіб, які прибули на підприємство для проходження виробничої практики.

За характером і часом проведення інструктажі з питань охорони праці поділяються на: вступний, первинний, періодичний, позаплановий та цільовий.

Вступний інструктаж по техніці безпеки з усіма влаштованими на підприємстві працівниками проводить інженер з охорони праці.

Перед допуском до роботи з кожним новоприбулим, що виконує нову роботу, безпосередньо на робочому місці проводиться первинний інструктаж.

Він проводиться майстром з кожним працівником окремо по кожному виду робіт.

Періодичний інструктаж проводить майстер на робочому місці з встановленою для даного виду робіт періодичністю (1 раз на квартал, 1 раз на півроку).

Позаплановий інструктаж проводиться майстром індивідуально або з групою працівників однієї професії. Він проводиться при зміні правил охорони праці, технологічного процесу, порушення працівниками вимог техніки безпеки. Модернізація, що передбачається в даному проекті призводить до зміни процесу роботи обладнання, отже, в такому випадку має проводитися позаплановий інструктаж з періодичністю 1 раз на квартал.

Затвержені головним інженером інструктажі, видаються під підпис кожному працюючому відповідно до роботи, яку він виконує.

Фінансування заходів по ОП

Щорічні витрати на охорону праці складається з затрат на впровадження заходів, направлених на покращення умов праці і підвищення її безпечності, пільги та компенсації.

Витрати направлені на покращення умов праці і підвищення її безпеки на підприємствах складається з двох основних статей:

- номенклатурні заходи передбачені договорами по охороні праці;
- придбання спеціального одягу, взуття і інших засобів захисту, а також запобіжних пристроїв.

Фінансування заходів по охороні праці проводиться власником підприємства. Робітник не несе ніяких витрат при проведенні заходів по охороні праці.

Згідно закону України про охорону праці № 2695-12 від 14.10.92р. начисляються відрахування у розмірі 0,5 % від реалізованої продукції у фонд охорони праці України. Ці фінанси використовуються для проведення заходів з охорони праці.

Мікрокліматичні умови

Для підвищення працездатності та збереження здоров'я важливо створити для організму людини стабільні метеорологічні умови праці.

В поняття метеорологічні умови повітряного середовища входять:

- температура;
- відносна вологість;
- швидкість руху повітря;
- інтенсивність теплового випромінювання.

Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень встановлюють оптимальні та допустимі норми:

- температуру;
- відносна вологість;
- швидкість руху повітря;
- інтенсивність теплового випромінювання.

В приміщенні проводять заміри температури, відносної вологості, швидкості руху повітря та зрівнюють їх з нормативними значеннями .

Повітря робочої зони виробничого приміщення повинно відповідати стандартам. Для забезпечення здорових безпечних умов праці оточуюче повітряне середовище на виробництві відповідає встановленим санітарно-гігієнічним нормативам. Значення ГДК для нейтрального пилу, не маючого отруйних властивостей, дорівнює 10 мг/м^3 .

Норми мікроклімату встановлюють в залежності від сезону року та категорії робіт. Сезони року діляться на теплий та холодний (середньо добова температура $> +10$; $< +10$ °С). Категорія робіт - розмежування робіт на основі загальних енерговитрат організму. У дифузійному відділенні цукрозаводу встановлені норми, які узгоджені з технологічним процесом, який не дозволяє підвищувати температуру вище 40°C . Для виконання робіт повинні дотримуватися оптимальні норми : $t = 20 \dots 24$ °С ; $W = 40 \dots 60$ % і $V = 0,1$ м/с. Зрівняємо допустимі та фактичні значення мікроклімату дифузійного відділення.

З таблиці 10.1., ми бачимо, всі фактичні норми входять в оптимальні значення, тобто для робітників створюються найкращі умови.

Таблиця 10.1

Значення параметрів мікроклімату

Сезон року	Параметри	Отримані норми	Допустимі норми	Фактичні значення
Холодний	Температура	21...23	20...24	21
	Відносна вологість	20...40	75	40
	Швидкість повітря	0,1	Не більше 0,1	< 0,1
Теплий	Температура	22...24	21...28	22
	Відносна вологість	20...40	60	35
	Швидкість повітря	0,2	0,1...0,3	0,2

Освітлення

Освітлення у виробничих та побутових приміщеннях, а також на території підприємства відповідає вимогам СНиП II-4-79.

Освітлення в відділення комбіноване. Головна частина світла потрапляє через вікна, ліхтарі, як додаткове використовується штучне освітлення в денні часи і як головне в нічний час. Для штучного освітлення використовується система загального освітлення, виконана стельовими (люмінесцентними) лампами білого світла ЛБ – 80 потужністю 80 Вт. В даному приміщенні максимально використовується саме природне освітлення, що дає можливість нормально проводити технологічний процес, а також обслуговувати і ремонтувати обладнання. Норми штучного освітлення на робочих поверхнях: зорова робота – середньої точності, найменший розмір об'єкта розрізнення від

0,5 до 1,0 мм, розряд зорової роботи – IV, підрозряд зорової роботи – 6, освітленість: при комбінованому освітленні 500 лк; при загальному освітленні 200 лк. Норми природного освітлення на робочих поверхнях: зорова робота – середньої точності, найменший розмір об’єкта розрізнення від 0,5 до 1,0 мм, розряд зорової роботи – IV, при верхньому та комбінованому освітленні – КПО(e_n^{IV})=3,2%, при бічному освітленні в зоні із стійким сніговим покриттям – КПО(e_n^{IV})=1,2%, при бічному освітленні на іншій території – КПО(e_n^{IV})=1,4%.

Шум і вібрація, методи боротьби

У приміщенні, де розташований дифузійний апарат, утворюється шум та вібрація від роботи основного технологічного обладнання, а також від роботи інших допоміжних механізмів. За ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ та ГОСТ 12.1.012-90 рівень шуму тут повинен складати 80 дБА, а фактично є 83 дБА. Еквівалентні рівні звуку і рівні звукового тиску на робочих місцях в активних полосах частот подано в таблиці 10.2.

Таблиця 10.2

Професія	Рівні звукового тиску дБ, в активних смугах із середньгеометричними частотами, Гц									Рівень звуку і еквівалентні рівні звуку, дБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Оператор-наладник	103	99	92	86	83	80	78	76	74	80

Заходи по боротьбі з шумом і вібраціями:

– використання основ і фундаментів, що відповідають динамічному навантаженню обладнання;

– ізоляція фундаментів від несучих конструкцій і технологічних комунікацій;

– теплоізоляція трубопроводів.

Головними напрямками боротьби з шумом є його послаблення або ліквідація безпосередньо в джерелі утворення.

Заходи з електробезпеки

Розглядаючи приміщення відділення, можна визначити, що зона де встановлене обладнання належать згідно з класифікації ПУЕ до підвищеної небезпеки (фактор небезпеки - можливість одночасного доторкання до заземлених конструкцій і до конструкцій, що працюють під напругою, в разі пошкодження ізоляції, або непрофесійних дій працівника).

Засоби електрозахисту:

1) заземлення всіх металевих неструмоведучих конструкцій електричного обладнання;

2) застосування системи захисного відімкнення електричного струму живлення у разі замикання на корпус електродвигунів приводу машини, або їх перевантаження;

3) усі машини відділення, що живляться змінною напругою 220/380 В обладнуються заземленням і аварійним відімкненням;

4) електричне освітлення здійснюється струмом напругою 127/220 В за обов'язкового встановлення світильників загального освітлення на висоті не нижче 4 м;

5) всі електричні щити живлення мають бути закриті захисними коробками. Під щитами повинні бути діелектричні ковдри (або підставки);

6) приміщення цехів обладнуються знаками безпеки;

7) ремонт та профілактика обладнання здійснюється тільки за відімкненого електричного живлення.

8) використання спеціального одягу, ізолюючого взуття та рукавиць при ремонтах.

Вентиляція виробничих приміщень

Вентиляція виробничих приміщень на цукровому заводі є механічна, припливно-витяжна, розрахована на забезпечення необхідних санітарних норм в приміщеннях. Вона здійснюється штучним шляхом із встановленням дефлекторів на даху будівлі. Приточне повітря потрапляє у приміщення крізь щілини у дверях і крізь спеціальні канали, створені у нижній частині панелей будівлі, попередньо очищаючись у фільтрах, для стерильного середовища у приміщенні.

У фіксованих місцях виділення шкідливих речовин передбачене улаштування місцевих відсмоктувачів, пилевиділяюче обладнання має аспіраційні установки з очисткою повітря, що викидається.

Для швидкої заміни повітря у приміщенні дифузійного відділення на випадок аварії передбачена система аварійної вентиляції, яка вмикається автоматично при досягненні допустимої концентраційної межі шкідливих або небезпечних виділень (вуглекислого газу).

Повітряні обміни в підсобних приміщеннях прийняті у відповідності з відповідними санітарними нормами.

Згідно технологічному завданню в приміщенні підтримують температуру $18\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ за санітарними нормами (СН 245-84). Це досягається шляхом кондиціювання, вентиляювання повітря.

Заходи з пожежної безпеки

Згідно НПБ в Україні приміщення дифузійного відділення цукрового заводу за ступенем небезпеки відносяться до категорії “Д” згідно з НПБ 105-03.

На входних дверях головного корпусу заводу, повинні бути виконані надписи категорії приміщення по вибухопожежній та пожежній небезпеці та класів приміщення по ПЕУ, а також прізвище та посада особи, відповідальної за пожежну безпеку.

Приміщення дифузійного відділення забезпечене первинними засобами пожежогасіння. До них належать: вогнегасники, пожежний інвентар (покривало з негорючого теплоізоляційного полотна, грубововняної тканини або повсті, ящики з піском, бочки з водою, пожежні відра, совкові лопати); пожежний інструмент (гаки, ломи, сокири тощо).

На цукровому заводі користуються переважно вогнегасниками: вуглекислотними – ОУ-2, ОУ-3, ОУ-5; порошковими – ОПУ-2, ОП-100; повітрянопінними – ОВП-100 згідно ISO №3941-77.

Пожежні щити (стенди) з первинними засобами пожежогасіння встановлюються на території об'єкта з розрахунку - один щит (стенд) на площу 5000 кв.м. До комплекту засобів пожежогасіння, які розміщуються на ньому, слід включати: вогнегасники - 3, ящик з піском - 1, покривало з теплоізоляційного матеріалу, гаки - 3, лопати - 2, ломи - 2, сокири - 2.

Розрахункові витрати води на підприємствах складаються із загальної її витрати на зовнішнє і внутрішнє пожежогасіння і максимальної витрати на виробничі потреби.

Витрати води на внутрішнє пожежогасіння (n_1) приймаються 5 л/с (два струменя по 2,5 л/с). Розрахункова потреба води на зовнішнє пожежогасіння на харчових підприємствах регламентується за СНиП і визначається в залежності від ступеня вогнестійкості будівлі, категорії виробництва за вибухопожежонебезпекою і об'єму будівлі, для дифузійного відділення вона складає 10 л/с.

В дифузійному відділення в доступному місці змонтовано один пожежний кран. Розрахунковий запас води при 3-годинному пожежогасінні визначається із формули, м³:

$$Q = 3 \times 3600 \times (n_1+n_2) / 1000 = 3 \times 3600 \times (5+10) / 1000 = 162 \text{ м}^3$$

В будівлях і приміщеннях передбачені 2 шляхів евакуації людей. Ефективність евакуації оцінюється часом, необхідним для евакуації людей із приміщень будівлі.

Заходи безпеки при роботі і обслуговуванні колонного дифузійного апарату

Обслуговування дифузійного апарату пов'язане з наступними небезпечними чинниками:

- тепловиділення;
- робота на великій висоті;
- небезпека ураження електричним струмом;
- небезпека травмування обертовими частинами апарату.

Тому до роботи на дифузійних апаратах, його технічного обслуговування і ремонту допускаються особи, які пройшли теоретичну і практичну підготовку, перевірку по виконаній роботі і інструктажі з безпечних методів праці.

Дифузійні апарати безперервної дії обладнані надійними огорожами, всі рухомі частини закриті захисними кожухами. Відкриті жолоби, збірники і т. ін. закривають кришками або сітками. Зовнішня поверхня апарата теплоізольована з розрахунком на те, щоб температура зовнішньої поверхні ізоляції не перевищувала 40...45 °С.

З метою запобігання утворення мікробіологічних процесів, в дифузійний апарат вводять розчин формаліну.

При роботі апарату необхідно:

- слідкувати за чистотою підлоги, площадок обслуговування і сходів;
- зупинити апарат при виявленні в механізмах неполадок, різких стуків, сильних вібрацій і перевантажень;
- зупинити подачу стружки і живильної води при різкій зупинці відкачки дифузійного соку;
- здійснювати постійний контроль за виконанням заданих технологічних параметрів за приладами, які встановлені в шафах і щитах оператора;

Пропозиції щодо покращення умов праці

Для запобігання захворювань і травматизму потрібно:

- ліквідувати протяги (шляхом ущільнення дверних коробок і віконних рам спеціальним герметиком, або волокнистим матеріалом);
- біля апаратів, які експлуатуються розмістити інструкції по експлуатації;
- огородити всі рухомі частини і пофарбувати огорожі в червоний колір;
- на видному місці розмістити план евакуації виробничого персоналу в разі виникнення надзвичайних ситуацій.

ВИСНОВКИ

У ході виконання кваліфікаційної роботи на тему «Модернізація колонного дифузійного апарату марки ЕКА-3» було виконано комплексне технічне, економічне й технологічне обґрунтування доцільності модернізації обладнання дифузійного відділення.

В першому розділі проведено аналіз технічних рішень поставленої задачі. Проведено техніко-економічне та соціальне обґрунтування. В розділі 4 описано принцип роботи модернізованого дифузійного апарату. Розраховано продуктивність дифузійного апарату колонного типу. Було проведено підбір конструкційних матеріалів для апарату та представлено технологічний маршрут виготовлення окремої деталі обладнання. В розділі 8 наведено вимоги до монтажу, ремонту та експлуатації обладнання. Описано систему автоматизації апарату та заходи з охорони праці та техніки безпеки.

Технічний результат від використання запропонованого технічного рішення полягає в зменшенні втрат сахарози з жомом, збільшенні продуктивності колонного дифузійного апарату та підвищенні ефективності процесу екстрагування.

За темою кваліфікаційної роботи проведено апробацію на Міжнародній науковій конференції молодих учених, аспірантів і студентів: Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті. Київ: НУХТ, 2025.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості. Підруч./ В.Г. Мирончук, І.С. Гулий, М.М. Пушанко та ін. За ред. В.Г. Мирончука. Вінниця: Нова книга, 2007. 648 с.
2. Інноваційне обладнання харчових виробництв: навч. посіб. [Електронний ресурс] / О.М. Чепелюк, О.М. Гавва, В.Г. Мирончук, та ін. За ред. О.М. Гавви. К.: НУХТ, 2024. 584 с.
3. Пушанко, М.М. Інноваційне обладнання підприємств цукрової промисловості: Навч. посіб. / М.М. Пушанко, Н.М. Пушанко. К.: НУХТ, 2024. 334 с.
4. Люлька, Д.М. Розроблення конструкцій транспортних систем дифузійних апаратів з метою інтенсифікації процесу екстрагування : дис. ... канд. техн. наук : 05.18.12 / Люлька Дмитро Миколайович; Національний університет харчових технологій. Київ, 2014. 250 с.
5. Процеси і апарати харчових виробництв: Підручник / І.Ф. Малезик, В.Л. Зав'ялов, О.Ю. Шевченко, В.Г. Мирончук та ін. За ред. проф. І.Ф. Малезика. Київ: НУХТ, 2021. 419 с.
6. Люлька, Д.М. Обладнання харчових виробництв. Модуль 1. Базове обладнання харчових виробництв [Електронний ресурс] [Текст]: конспект лекцій для здобувачів освіт. ступ. «Бакалавр» спец. 181 «Харчові технології» освіт.-проф. програми "Технологічна експертиза та безпека харчової продукції" ден. та заоч. форм здобуття освіти / Д.М. Люлька; Нац. ун-т харч. технол. Київ: НУХТ, 2024. 272 с.
7. Германов Б. Інтенсифікація процесу теплової обробки бурякової стружки в ошпарювачах дифузійних апаратів / Б. Германов, Д. М. Люлька // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті : матеріали 85 Ювілейної Міжнар. наук. конф. молодих учених, асп. і студ., присвячена 135-річчю НУХТ; Нац. ун-т харч. технол. Київ: НУХТ, 2019. Ч. 2. С. 110.

8. Розроблення методів і засобів діагностики з підвищенням надійності екстракційного обладнання / Д.М. Люлька, О.О. Серьогін, І.Є. Изволенський, О.А. Мащенко, Ю.А. Чорний // Харчова промисловість. Київ: НУХТ, 2023. № 33–34. С. 127–136.

9. Монтаж і технічний сервіс обладнання [Текст]: підручник / В.Г. Мирончук, М.В. Якимчук, Д.М. Люлька, С.О. Володін; Нац. ун-т харч. технол. иїв: НУХТ, 2024. 267 с.

10. Люлька, Д.М. Розробка конструкцій транспортних систем дифузійних апаратів з метою інтенсифікації процесу екстрагування : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.12 «Процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв» / Люлька Дмитро Миколайович ; Національний університет харчових технологій. Київ, 2014. 24 с.

11. Монтаж та технічний сервіс обладнання. Практикум: навч. посібник [Електронний ресурс] / В.Г. Мирончук, Д.М. Люлька, О.А. Єщенко, О.І. Свідерська; Міністерство освіти і науки України, Національний університет харчових технологій. Київ: НУХТ, 2017. 162 с.

12. Food Process Engineering and Technology, Third Edition / Zeki Berk. Academic Press, 2018. 744 p.

13. Lelieveld H. Handbook of Hygiene Control in the Food Industry (Second Edition) / H. Lelieveld, J. Holah, D. Gabrić. Elsevier, 2016. 736 p.

14. Солодовникова, Л.П. Розрахунок і проектування обладнання харчових виробництв. Одеса: ОНАХТ, 2014. 304 с.

15. Liulka, D. Simulation of compression of juice chips mixtures in diffusive device // 8 th Central European Congress on Food 2016 - Food Science for Well-being (CEFood 2016): Book of Abstracts. 23-26 May 2016. K.: NUFT, 2016. p. 243.

16. Люлька, Д. Модернізація колонного дифузійного апарату / Д. Люлька, В. Пономаренко, Д. Каркасов // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у XXI столітті: матеріали 91-ї

Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, 7-11 квітня 2025 р. Київ: НУХТ, 2024. Ч. 2. С. 130.

17. Машинобудування харчової та переробної промисловості : наук.-допом. бібліогр. покажч. / [упоряд. О. В. Олабоді] ; Нац. ун-т харч. технол., Наук.-техн. б-ка. Київ, 2022. 206 с.

18. 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.

19. Основи комп'ютерного проектування: нав. посібник / В.Г. Мирончук, О.А. Єщенко, Д.М. Люлька, Р.Л. Якобчук. Київ: НУХТ, 2020. 256 с.

20. Люлька, Д. М. Розробка конструкцій транспортних систем дифузійних апаратів з метою інтенсифікації процесу екстрагування : автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.18.12 «Процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв» / Люлька Дмитро Миколайович ; Національний університет харчових технологій. Київ, 2014. 24 с.

21. Патент на корисну модель 154231 UA, C13B 10/08 (2011.01) Колонний дифузійний апарат [Електронний ресурс] / Люлька Д.М., Пономаренко В.В., Слюсенко А.М., Скопець В.В. ; заявник Національний університет харчових технологій. - № u202300566 ; заявл. 15.02.2023 ; опубл. 25.10.2023, Бюл. № 43, 2023 р.

22. Патент на винахід 108039 UA, C13B 10/08 (2011.01) Колонний дифузійний апарат [Електронний ресурс] / Пушанко М.М., Пономаренко В.В., Люлька Д.М., Никитюк Т.В.; заявник Національний університет харчових технологій. - № a201313510; заявл. 20.11.2013 ; опубл. 10.03.2015, Бюл. №5, 2015 р.

23. Патент на корисну модель 89553 UA, C13B 10/00 Колонний дифузійний апарат [Електронний ресурс] / Пушанко М.М., Пономаренко В.В., Люлька Д.М., Никитюк Т.В.; заявник Національний університет харчових

технологій. - № u201313515; заявл. 20.11.2013 ; опубл. 25.04.2014, Бюл. №8, 2014 р.

24. Pushanko, M. Modernising of the columned diffusive device / M. Pushanko, V. Ponomarenko, D. Lulka // The second north and east european congress on food, NUFT, Kyiv, Ukraine, May 26-29, 2013. P. 174.

25. Никитюк, Т. Модернізація колонного дифузійного апарата ЕКА-3 / Тарас Никитюк, Віталій Пономаренко, Дмитро Люлька // Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті : програма і матеріали 80 міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів, 10–11 квітня 2014 р. К.: НУХТ, 2014. Ч. 2. С. 113-114.

ДОДАТКИ