

**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)

«  »                      2025р.

**«До захисту допущено»**

Завідувач кафедри

Микола ЯКИМЧУК

(підпис)

(ім'я та прізвище)

«  »                      2025р.

**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 утфелемішалки-кристалізатора Ш1-ПКВ з удосконаленням системи охолодження утфеля

Виконав: здобувач 4 курсу, групи ОХ-4-7ск

Тищенко Владислав Дмитрович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник Погорілий Тарас Михайлович

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

(підпис)

Консультанти                     

(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 - 2025р.**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ**

Інститут ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого

Кафедра Технологічного обладнання та комп'ютерних технологій  
проектування

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

(код і назва)

Освітньо-професійна програма Інжиніринг харчових та біотехнологічних  
виробництв

(назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри ТОКТП

проф. Микола ЯКИМЧУК

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2025 року

**З А В Д А Н Н Я**

**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧ**

Тищенко Владислава Дмитровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи: Модернізація utfелемішалки-кристалізатора Ш1-ПКВ з  
удосконаленням системи охолодження utfеля

1. Керівник роботи Погорілий Тарас Михайлович, доцент, к.т.н.

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

затвердені наказом закл. вищої осв. від “ 10 ” квітня 2025 року № 218-кв

2. Строк подання здобувачем роботи 01 червня 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи технічний паспорт обладнання;

кресленики обладнання; навчальна нормативна та спеціальна  
література

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)  
анотація, зміст; вступ, аналіз існуючого обладнання аналогічного  
призначення, техніко-економічне обґрунтування, характеристика вихідної  
сировини і готового продукту; опис запропонованого технічного рішення,  
принцип роботи, розрахункова частина, вибір конструкційних матеріалів,  
технологічний маршрут виготовлення деталі, вимоги щодо монтажу,  
експлуатації, ремонту, опис системи управління, заходи щодо охорони  
праці, екології; загальні висновки, список використаної літератури,  
специфікація

5. Перелік графічного матеріалу

Загальний вигляд -2 арк., Основні вузли модернізації-1 арк., Деталювання -1  
арк., Технологія машинобудування- 1 арк.

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Технологія машинобудування</i>			

7. Дата видачі завдання 11 квітня 2025 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	<i>Анотація, зміст; перелік умовних позначень, термінів</i>	<i>12.04.2025р.</i>	
2	<i>Вступ</i>	<i>13.04.2025р.</i>	
3	<i>Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі</i>	<i>14.04.2025р.</i>	
4	<i>Техніко-економічне обґрунтування</i>	<i>15.04.2025р.</i>	
5	<i>Характеристика вихідної сировини і готового продукту</i>	<i>18.04.2025р.</i>	
6	<i>Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи.</i>	<i>22.04.2025р.</i>	
7	<i>Вибір конструкційних матеріалів</i>	<i>24.04.2025р.</i>	
8	<i>Розрахункова частина</i>	<i>30.04.2025р.</i>	
9	<i>Технологічний маршрут виготовлення деталі</i>	<i>7.05.2025р.</i>	
10	<i>Вимоги щодо монтажу і технічного сервісу</i>	<i>12.05.2025р.</i>	
11	<i>Опис системи управління</i>	<i>18.05.2025р.</i>	
12	<i>Заходи щодо охорони праці</i>	<i>23.05.2025р.</i>	
13	<i>Висновки</i>	<i>27.05.2025р.</i>	
14	<i>Список використаних літературних джерел</i>	<i>27.05.2025р.</i>	
15	<i>Графічна частина: 5 аркушів формату А1</i>	<i>27.05.2025р.</i>	
	<i>Подача кваліфікаційної роботи на кафедру</i>	<i>01.06.2025р.</i>	

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

\_\_\_\_\_ Владислав ТИЩЕНКО

..... Тарас ПОГОРІЛИЙ \_\_\_\_\_

## Анотація

Кваліфікаційна робота на тему «Модернізація утфелемішалки-кристалізатора Ш1-ПКВ з удосконаленням системи охолодження утфеля». виконана з метою підвищення технічного рівня та підвищення продуктивності апарату.

Проектом передбачається заміна нерухомих труб охолодження з мішалкою, що обертається, на перемішування за допомогою охолоджуючих труб, що здійснюють вертикальні коливання. Ця зміна забезпечить протитечійний процес теплообміну з мінімальним часом перебування утфелю в апараті в режимі його охолодження.

Пояснювальна записка включає аналіз існуючого обладнання і пошук нових рішень згідно з сучасними науковими розробками, конструктивні, міцнісні і теплові розрахунки апарату. Також розглянуті питання монтажу і технічного сервісу, системи автоматизації, заходів з охорони праці на підприємстві.

Кваліфікаційна робота виконана на 67 аркушах пояснювальної записки, та 5 листах креслень формату А1 на яких представлено загальний вигляд обладнання, основні вузли модернізації та деталі, а також аркуш з технології машинобудування.

Ключові слова: утфель, кристалізація, охолодження, апарат, мішалка.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Погорілий Т.М.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i>  НУХТ	<i>Розробник документу</i> Тищенко В. Д.	<i>Назва, додаткова назва</i>  <b>Анотація</b>	<b>230544.KP.020.000.ПЗ</b>			
	<i>Документ затверджен</i> Якимчук М.В.		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i> 1/66

## Abstract

Qualification work on the topic "Modernization of the massecuite mixer-crystallizer Sh1-PKV with the improvement of the massecuite cooling system". was carried out in order to improve the technical level and increase the productivity of the apparatus.

The project provides for the replacement of stationary cooling pipes with a rotating mixer with mixing using cooling pipes that perform vertical oscillations. This change will ensure a countercurrent heat exchange process with a minimum time for the massecuite to stay in the apparatus in its cooling mode.

The explanatory note includes an analysis of existing equipment and the search for new solutions in accordance with modern scientific developments, structural, strength and thermal calculations of the apparatus. The issues of installation and technical service, automation systems, and occupational safety measures at the enterprise are also considered.

The qualification work was carried out on 67 sheets of an explanatory note, and 5 sheets of A1 format drawings, which present the general view of the equipment, the main modernization components and parts, as well as a sheet on mechanical engineering technology.

Keywords: mass, crystallization, cooling, apparatus, mixer.

## Зміст

стор.

Анотація.....	
Вступ.....	
1. Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі.....	
2. Техніко-економічне обґрунтування .....	
3. Характеристика вихідної сировини і готового продукту.....	
4. Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи обладнання.....	
5. Вибір конструкційних матеріалів.....	
6. Розрахункова частина	
7. Технологічний маршрут виготовлення деталі.....	
8. Вимоги щодо монтажу і технічного сервісу.....	
9. Опис системи управління.....	
10. Заходи щодо охорони праці.....	
Висновки .....	
Список використаних літературних джерел.....	
Додатки.....	

## Вступ

Цукрова промисловість – є однією з провідних галузей харчової промисловості. За величиною технологічного потенціалу Україна може бути і нині однією з провідних держав у виробництві цукру з буряку. Цьому сприяють кліматичні умови, географічне положення, наявність якісних ґрунтів. На даний момент одна з галузей харчової промисловості, як і вся промисловість знаходиться у кризовому стані.

Одна з основних причин кризи - це стан сільськогосподарського виробництва та фізично і морально застаріле, енергоємне, обладнання, що експлуатується в цукровій промисловості і тягне за собою такі наслідки:

- зниження якості продукції;
- підвищення собівартості продукції;
- малу продуктивність, не конкурентноздатність;
- збитки від простою та ремонту обладнання.

Скорочення простоїв стає можливим за рахунок створення нового обладнання та модернізації старого, створення прогресивних технологічних схем.

В майбутньому ставиться задача збільшити об'єми заготовки цукрового буряку та прискорити технічне переозброєння виробництва. Поворот до ефективності і якості виробництва пов'язаний з роботою по вдосконаленню виробництва на базі сучасної техніки і науки. Інтенсивність технічних процесів передбачає максимальне використання сучасних досягнень науки і техніки, праці і управління, прискорення НТП, удосконалення організації

виробництва, введення в практику досвіду новаторів. Харчові підприємства майбутнього 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 виробництва.

Неперервне підвищення технологічного рівня виробництва повинно здійснюватися в таких напрямках:

- впровадження нової, більш ефективної техніки, що підвищує вихід і покращує якість цукру, безпосереднього застосування глибокої хімічної очистки соку;
- інтенсифікація виробничих процесів і скорочення терміну виробничого циклу;
- здійснення комплексної механізації всіх трудомістких та важких процесів.
- Впровадження енергозберігаючих технологій та устаткування.

Сучасні цукрові заводи є високо механізованими підприємствами. Вони оснащуються новими видами обладнання: дифузійними апаратами безперервної дії, високопродуктивними випарними апаратами, автоматичними центрифугами та іншим автоматичним обладнанням.

**Метою кваліфікаційної роботи** є удосконалення системи охолодження утфелю в утфелемішалці-кристалізаторі Ш1-ПКВ для підвищення продуктивності апарату.

**Об'єкт дослідження:** процес охолодження утфелю в утфелемішалці-кристалізаторі Ш1-ПКВ.

**Предмет дослідження:** закономірності впливу конструктивних параметрів і режимів роботи утфелемішалки-кристалізатора Ш1-ПКВ на підвищення надійності роботи та збільшення продуктивності апарату.

Запропонована нами модернізація утфелемішалки-кристалізатора Ш1-ПКВ приведе до збільшення поверхні теплообміну одночасно зі збільшенням продуктивності по утфелю і зменшенням втрат електричної енергії.

## **1. Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі.**

Кристалізація цукру - важливий етап технологічного процесу. Його мета виділення розчиненої в сиропі цукрози. В ході кристалізації технічно досяжне знецукрення розчину обмежене вмістом кристалів в утфелі. Тому кристалізація проводиться в декілька ступенів. Кількість одержуваного цукру залежить від чистоти меляси, залежної, що досягається в ході процесу, в першу чергу, від якості кристалізації (особливо її останнього ступеня) і від умов насичення. В ході фізичного процесу кристалізації може бути досягнуте гарне відділення цукру від нецукрів. Передумовою для цього є правильне ведення процесу кристалізації, з отриманням утфеля з малою часткою конгломератів і невеликою кількістю помилкових кристалів. Цим забезпечується високий вихід продукту на кожному ступені кристалізації. Аж до 80-х рр. ХХ століття випарна кристалізація цукру проводилася майже виключно в апаратах періодичної дії. Першим кроком у напрямі підвищення якості цукру і зниження енерговитрат при кристалізації було застосування механічних мішалок у випарних вакуум-апаратах періодичної дії. Проте процес кристалізації підрозділяється на декілька технологічних кроків з власними режимами. Для фази кристалоутворення більше підходить вакуум-апарат з невеликою площею гріючої поверхні, оскільки на цьому етапі технологічного процесу випарна здатність повинна відповідати малій продуктивності по кристалізації. В кінці процесу площа гріючої поверхні часто буває недостатньою для досягнення бажаної випарної здатності. Проте вакуум-апарати періодичної дії розраховані на роботу в усередненому режимі.

Вирішальним кроком на шляху до отримання однорідного утфеля з малою кількістю конгломератів було впровадження кристаллогенераторов для роботи з кристалічною затравкою. Фаза утворення кристалів була виділена із загального процесу і зосереджена на ділянці отримання кристалічної затравки.

Проте найбільш важливим технологічним нововведенням у області кристалізації цукру було впровадження процесу безперервної випарної кристалізації. Тільки цей крок дозволив реалізувати в продуктовому відділенні нові технологічні і теплотехнічні концепції в поєднанні із значним зниженням первинного енергоспоживання.

Кристалізація для знецукрення міжкристального розчину цукру останньої кристалізації протікає в два наступні один за одним етапи.

Перший етап - випарна кристалізація, в ході якої досягають зниження чистоти міжкристального розчину приблизно на 15 % і одержують приблизно 85 % утфеля останньої кристалізації. Після цього утфель останньої кристалізації охолоджують при витримці майже постійного співвідношення нецукри/вода.

Це робиться для того, щоб забрати з міжкристального розчину якомога більше цукрози шляхом нарощування вже наявних кристалів. Кристалізація охолодженням надзвичайно важлива, оскільки вона є останнім ступенем знецукрення в процесі виробництва цукру і помилки у веденні процесу ведуть до безповоротних втрат цукру в мелясі.

Параметри процесу кристалізації охолодженням повинні бути оптимізовані. Визначальними параметрами для швидкості викристалізовування сахарози з міжкристального розчину є перенасичення і температура міжкристального розчину. Проте маса сахарози, що викристалізувалася за одиницю часу, є результатом множення площі поверхні кристалів на швидкість їх росту. Площа поверхні кристалів визначається вмістом кристалів в розчині і їх розміром.

Зміст кристалів обмежений максимально можливою в'язкістю; розмір кристалів істотно впливає на роботу центрифуг. Абсолютне знецукрення, що досягається при однаковій кінцевій температурі, залежить від специфічних умов насичення. Воно підвищується із зростанням співвідношення «нецукри/вода» і зниженням залишкового перенасичення. Проте на практиці

при вищих значеннях співвідношення «нецукри/вода» можна розраховувати швидше на зростання залишкового перенасичення, якщо одночасно не буде збільшена тривалість перебування продукту в апараті.

Як показує досвід роботи сучасних відділень останньої кристалізації, а також дослідження кафедри технології вуглеводів Інституту технічної хімії (Інституту цукру), який входить до складу Технічного університету Брауншвейга, при переробці буряка процес йде оптимально при співвідношенні «нецукри/вода» від 3,8 до 4,0. Проте за таких умов зростання в'язкості утфеля вже настільки значний, що доцільно контролювати все устаткування відділення.

Конструкція апарату впливає на такі параметри, як температурний режим, тривалість перебування продукту в апараті і розподіл температури утфеля повинно відбуватися лише настільки швидко, наскільки це допустить швидкістю росту кристалів. У іншому випадку існує небезпека дуже сильного зростання перенасичення міжкристального розчину і утворення дрібних кристалів. На практиці в правильно розрахованому апараті утфель охолоджується з швидкістю приблизно в 1 К/ч.

### **Утфелемішалка-кристалізатор Ш1-ПКВ/1.**

Призначена для оснащення бурякопереробних заводів з метою додаткової кристалізації утфеля останнього продукту шляхом примусового охолодження його при безперервному перемішуванні.

Утфелемішалка-кристалізатор і змішувач вмонтовуються в продуктовому відділенні цукрового заводу і працюють протягом всього сезону цукроваріння.

Утфелемішалка-кристалізатор є циліндричним вертикальним апаратом з плоским днищем і теплообмінними трубами, закріпленими зваркою в горизонтальних площинах, до колекторів яких подається охолоджуюча вода.

По осі апарату встановлено перемішувач, що складається з трубовала з лопатями і його приводу, що включає зубчасту передачу і два

мотор-редуктори. Трубовал встановлений таким чином, що його перемішуючі лопаті чергуються з теплообмінними трубами.

Змішувач є горизонтальною двохвальною мішалкою з двома шнеками, розташованими в корпусі, і служить для змішування утфеля з водою або відтоком. Привід перемішуючих шнеків здійснюється від електродвигуна через редуктор. Компоненти для змішування подаються в змішувач через відповідні штуцера, перемішуються, і одержана суміш через спеціальний шибер безперервно вивантажується в утфелемішалку-кристалізатор.

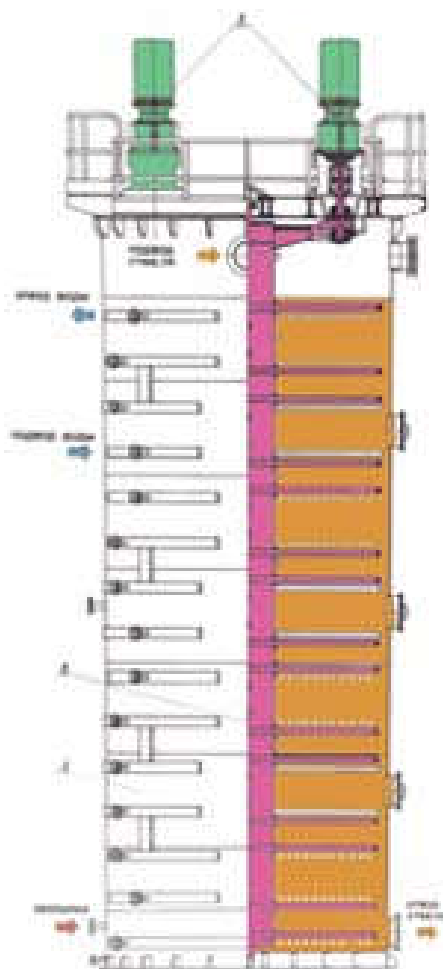


Рис.1.1. Утфелемішалка-кристалізатор Ш1-ПКВ.

В утфелемішалці-кристалізаторі утфель, пересуваючись зверху вниз, охолоджується в результаті контакту з поверхнями теплообміну.

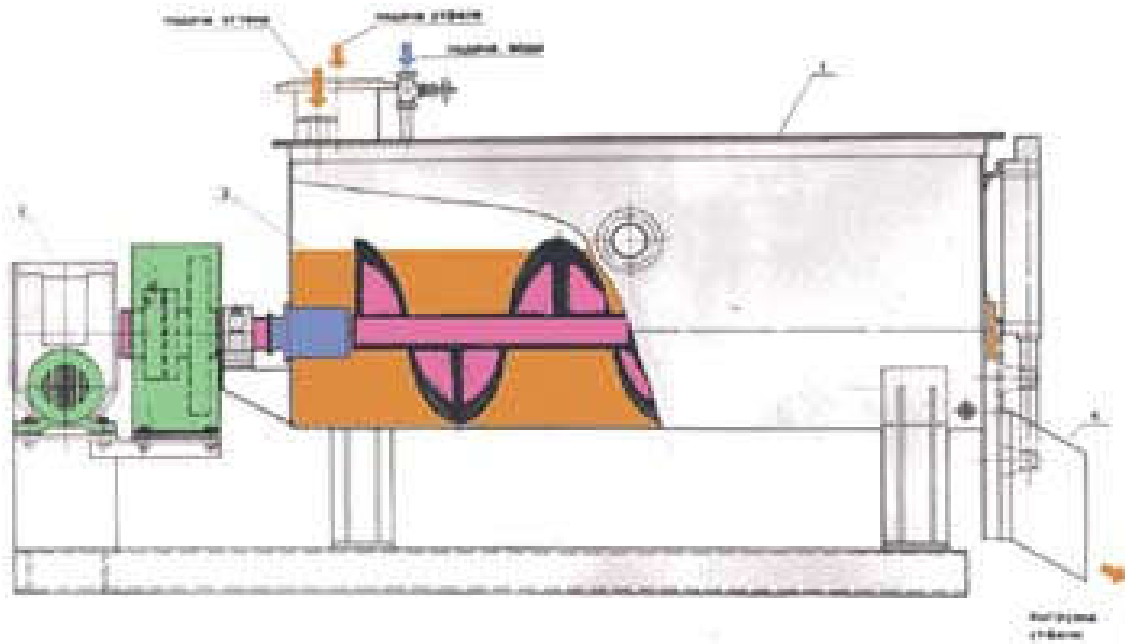


Рис.1.2. Змішувач.

Утфелешалка-кристалізатор поставляється окремими царгами з поверхнями теплообміну, з технологічними штуцерами і відповідними фланцями до них; трубовал і привід - у вигляді окремих вузлів максимальної заводської готовності; змішувач - в зібраному вигляді.

Комплект поставки: утфелешалка-кристалізатор і змішувач з електроустаткуванням; вимірювальна і регулююча апаратура.

***Технічна характеристика***

Параметр	Утфелешалка-кристалізатор	Змішувач
Продуктивність по утфелю, т/год	8,5	8,5
Поверхня теплообміну, м <sup>3</sup>	170	---
Корисна ємність, м <sup>3</sup>	150	1,4
Частота обертання перемішуючого пристрою, мин <sup>-1</sup>	---	10
Сумарна потужність ел.двигунів, кВт	22	3
Маса, кг	41630	1080
Габаритні розміри, мм	15180 x 5600 x 4800	1422 x 2812 x 1185

**Вертикальна утфелешалка-кристалізатор з охолодженням і з пучками охолоджуючих труб, що коливаються фірми ВМА.**

В даний час ВМА пропонує виключно вертикальну модель.

**Стандартні тіпоразмери утфелешалок-кристалізаторів з охолодженням і з пучками охолоджуючих труб, що коливаються**

Корисна ємність	м <sup>3</sup>	220	300	340	400	467	533	600	667
Висота циліндричної частини	м	15,5	19,5	21,5	24,7	27,5	30,1	33,5	36,4
Поверхня теплообміну, мін	м <sup>2</sup>	406	406	580	580	638	754	870	870
Поверхня теплообміну, макс	м <sup>2</sup>	406	580	638	754	870	986	1102	1218

Успіх цього кристалізатора заснований на наступній конструктивній особливості: охолоджуюча система з блоків охолоджуючих елементів, де вода перекачується протитечією до утфеля. Вся охолоджуюча система коливається на 1м по вертикалі. Ці коливання, а також симетричне розташування охолоджуючих труб забезпечують оптимальний режим часу перебування і охолодження утфеля. Систему приводять в рух шість гідравлічних циліндрів, розташованих на кришці кристалізатора. Розташований вгорі розподільник, що поволі обертається, рівномірно розподіляє утфель, що поступає, по всьому поперечному перетину апарату. На стороні утфеля у всьому апараті немає ні підшипників кочення або ковзання, ні сальникових ущільнень.

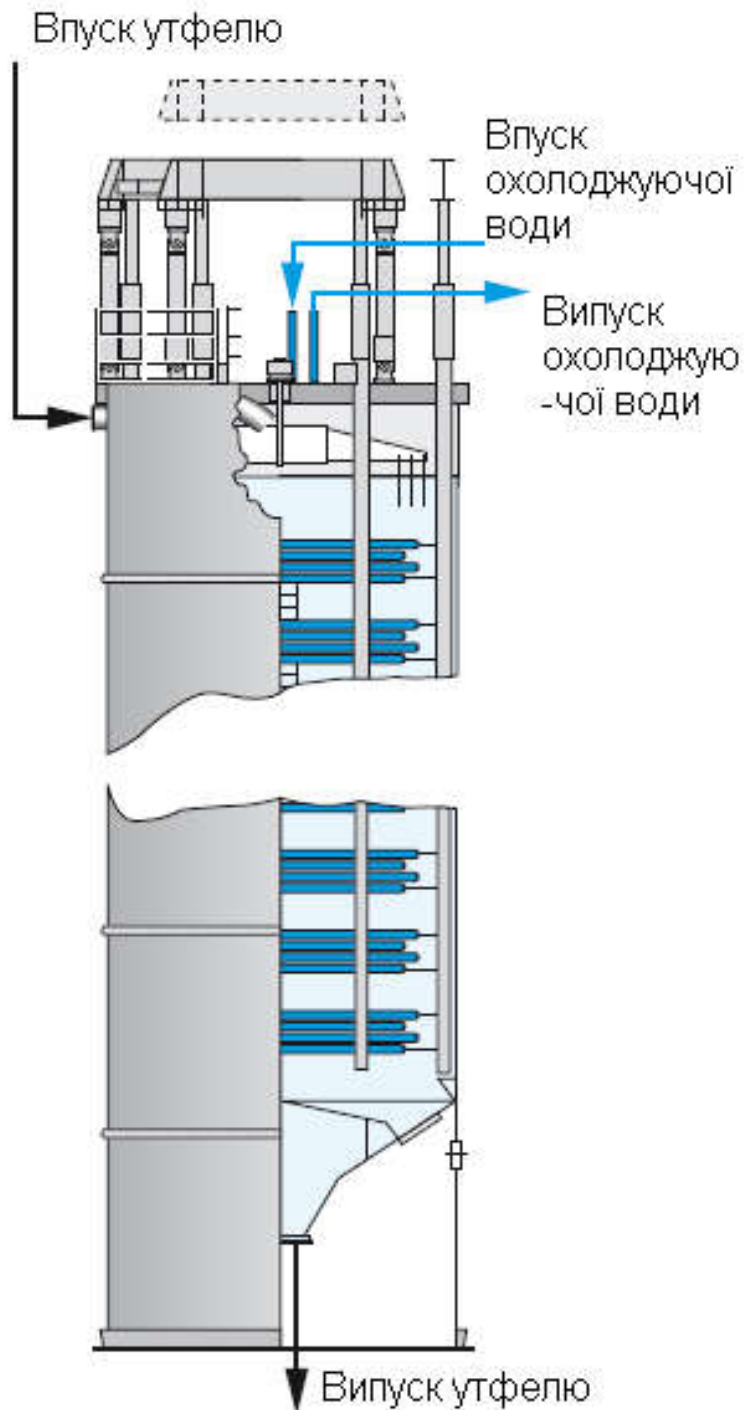


Рис.1.3. Утфелемішалка-кристалізатор з охолодженням і з пучками охолоджуючих труб, що коливаються

## 2. Техніко-економічне обґрунтування .

Цукрова промисловість є базовою для багатьох галузей харчової промисловості, має великий вплив на національну економіку України.

В загальному балансі виробництва товарів народного споживання цукор складає більше 11 %. Він завжди був і повинен надалі залишатись основою експортного потенціалу України.

В умовах сучасного ринку виживає тільки той, чия продукція більш якісна і дешевша від подібної продукції конкурентів. Цього важко досягнути без застосування сучасних технологій і обладнання. Аналіз показав, що купівля сучасних дорогих технологічних ліній, не завжди оправдовує надії. Це трапляється із-за недостатньо кваліфікованого обслуговуючого персоналу, невідповідності стандартів води, сировини, параметрів електроенергії. Тому вітчизняному виробництву вигідніше створювати або модернізувати вже існуюче обладнання безпосередньо в Україні. Це значно дешевше і практичніше.

Утфелемішалка-кристалізатор Ш1-ПКВ призначена для оснащення бурякопереробних заводів з метою додаткової кристалізації утфеля останнього продукту шляхом примусового охолодження його при безперервному перемішуванні.

Утфелемішалка-кристалізатор і змішувач вмонтовуються в продуктовому відділенні цукрового заводу і працюють протягом всього сезону цукроваріння. Даним проектом пропонується на вертикальну існуючу ємність кристалізатора Ш1-ПКВ встановити нову завантажуючу кришку. На відміну від кристалізатора ВМА , в якому уся охолоджуюча система коливається на 1м по вертикалі, в модернізованому кристалізаторі Ш1-ПКВ нами пропонується зробити середній контур рухомим, а два інших —нерухомими. Система подачі охолоджуючої води, таким чином, буде окремо в рухомий і нерухомий контур, що забезпечить легке керування процесом. Ємність для води рухомого контура буде легше, тому в якості приводу використаємо

чотири, а не шість гідравлічних циліндрів, розташованих на кришці кристалізатора. Також, як і в кристалізаторі ВМА розташовуємо вгорі розподільник, що поволі обертається і рівномірно розподіляє утфель, що поступає, по всьому поперечному перетину апарату. На стороні утфеля у всьому апараті немає ні підшипників кочення або ковзання, ні сальникових ущільнень.

Параметр	Кристалізатор Ш1-ПКВ до модернізації	Кристалізатор Ш1-ПКВ після модернізації
Продуктивність по утфелю, т/год	8,5	12
Поверхня теплообміну, м <sup>3</sup>	170	406
Корисна ємність, м <sup>3</sup>	150	150
Частота обертання перемішуючого пристрою, хв <sup>-1</sup>	10	---
Сумарна потужність приводів, кВт	22	8
Тип приводу	електричний	гидравлічний+електричний
Маса, кг	41630	35500
Габаритні розміри, мм	15180 x 5600 x 5600	12200 x 5600 x 5600

Модернізований апарат має наступні переваги:

- простіший в управлінні та конструкції, що не вимагає високої кваліфікації обслуговуючого персоналу;
- Збільшується поверхня теплообміну, внаслідок чого покращується якісні характеристики процесу;
- продуктивність барабанного водовідділювача становить 12000 т/добу, - це набагато більше, ніж було раніше, що дає змогу підвищити продуктивність відділення.

Крім того, в запропонованій конструкції будуть застосовані стандартні вироби та уніфіковані складальні одиниці і деталі за ДСТУ. Покупні вироби, що застосовуються при виготовленні нового апарату випускаються машинобудівними заводами України.

Запропонована вертикальна утфелемішалка-кристалізатор спроектована на основі утфелемішалки-кристалізатора Ш1-ПКВ, що веде до зменшення вартості нової машини.

Основним техніко-економічним результатом цієї розробки буде задоволення потреб цукрової промисловості України.

Таким чином, економічна доцільність і технічна можливість очевидна.

### **3.Характеристика вихідної сировини і готової продукції.**

Кристалізаційне відділення цукрового заводу є одним з найважливіших, тому що від його роботи залежить не тільки вихід готової продукції, але й її якість. У кристалізаційному відділенні відбувається практично перекристалізація, яка, як відомо, є потужним засобом очищення речовини. Тому якість цукру в значній мірі залежить від того, в якій послідовності проводиться процес кристалізації, та з яких продуктів кристалізується цукроза і як ведеться процес кристалізації.

На сьогоднішній час відомо декілька способів покращання якості цукру, що можна застосувати в продуктовому відділенні:

- заведення кристалів на основі спеціальних паст;
- уварювання утфелів у в/а з перемішувачами;
- промивання цукру цукромістким розчином та водою;
- уварювання утфелів на кристалічній основі;
- отримання цукру-піску з утфеля, що уварювався тільки з клерівки жовтих цукрів.

В основі всіх перерахованих способів закладено принцип зменшення кількості та підвищення якості плівки маточного розчину на поверхні кристалів цукру. Зменшення кількості плівки можливо досягнути покращанням гранулометричного складу цукру, тобто отриманням більш крупних та однорідних кристалів, що мають меншу поверхню в порівнянні з дрібними або за рахунок більш повного відділення її шляхом використання афінації та пробілювання водою. Покращання якості плівки досягається шляхом використання для уварювання утфелів продуктів більш високої якості.

До основних заходів щодо підвищення ефективності роботи кристалізаційних відділень в першу чергу потрібно віднести:

- Оптимізацію уварювання утфелів, що включає ефективний спосіб заведення кристалів;

- Автоматизацію процесів уварювання;
- Ритмічну роботу вакуум-апаратів.

Стратегічним напрямком є уварювання утфелів за понижених температур, коли розчинність цукрози менша. Необхідний для цього вакуум досягається шляхом підтримування температури барометричної води в конденсаторі для утфелів I та II кристалізації 50° С, а утфеля III кристалізації - 45° С.

Ще одним заходом, що сприяє зменшенню вмісту цукру в мелясі, є ретельний контроль за роботою центрифуг, особливо утфеля останньої кристалізації. Відомо, що при відхиленнях в роботі центрифуг чистота меляси може збільшитись на 0,3...2,0%. Головною причиною такого є прохід через сито дрібних кристаликів цукру. Експериментально встановлено, що через сито з комірками в 40 мкм проходить від 0,2 до 1,3% дрібних кристалів, а через сито з розмірами комірок в 60 мкм – 0,4...2,2%, тобто лише заміна сита на густіше сприяє пониженню чистоти меляси на 0,1...0,3%.

Одним із напрямків подальшої інтенсифікації процесів, що відбуваються в продуктовому відділенні, є додаткова кристалізація цукру із утфелю його охолодженням в кристалізаторах під вакуумом, яка отримує все більшого розповсюдження в цукровій промисловості Франції, Німеччини, Італії. За рахунок охолодження утфелю і додаткового випарювання води зменшується розчинність цукру, збільшується пересичення розчину, що підвищує ефект кристалізації без додаткових витрат тепла.

Об'єднання трьох факторів, що забезпечують кристалізацію цукрози (охолодження, випарювання води, перемішування утфелю), досягнуто в апаратному оформленні, яке отримало назву Multistage Evulism Tank (MET) або трьохступінчастий вакуумний кристалізатор - охолоджувач.

Вакуумний кристалізатор - охолоджувач має вертикальний корпус, розділений на три секції, кожна з яких обладнана мішалкою, патрубками для введення цукромісних розчинів і води, клапаном для вивантаження утфелю і

водяною „ сорочкою" під конічним дном. В кожній секції підтримується автономний тиск і відповідна температура. Кристалізатор-охолоджувач працює в безперервному режимі, який регулюється системою управління, яка підтримує на постійному рівні вихід утфелю, ступінь охолодження, витрати сиропу ат відтоків, вміст сухих речовин в них. Середня тривалість перебування утфелю, необхідна для росту кристалів, складає не більше 35 хв. для всіх трьох секцій, тобто для всієї установки.

Трьохступінчатий кристалізатор - охолоджувач працює за наступним принципом: в умовах поступового зниження тиску відбувається випарювання води і охолодження утфелю. Поступова дегідратація та зниження температура приводять до пересичення , що, в свою чергу, веде до утворення кристалів цукру. При цьому виток останньої фази кристалізації повинен обов'язково повертатися в установку для підтримання кількості кристалів на необхідному рівні.

#### Якість цукру

Цукор-пісок і цукор-рафінад повинні мати білий колір, розчин їх у воді без муті й осаду. Вологість цукру-піску звичайного – не більше 0,14%. Вміст сахарози в сухій речовині – не менше 99,75%. У всіх видах рафінаду вміст сахарози – не менше 99,9% сухої речовини, вологість залежно від виду від 0,1 до 0,4%.Зберігають цукор-пісок на складах за відносної вологості повітря не вище 70%, а цукор-рафінад – не вище 80%. Через великий вміст домішок цукор-пісок гігроскопічніше за рафінад. Кусковий рафінад не можна зберігати за температури нижче 0° С, оскільки різке охолодження викликає перекристалізацію сахарози і поверхня шматків покривається скупченням дрібних кристалів. Цукор-пісок повинен бути сипучим, а в цукрі-піску для промислової переробки допускаються грудки, що розпадаються при легкому надавлюванні. Розчин має бути прозорим або зі слабкою опалесценцією, без нерозчинного осаду, механічних або інших сторонніх домішок. Смак передбачено солодкий, без сторонніх присмаку і запаху як у сухому цукрі,

так і в його водному розчині (10г цукру-піску у 100 см<sup>3</sup> дистильованої води). Колір цукру-піску повинен бути білим, в цукрі для промислової переробки допускається жовтуватий відтінок.

Цукор-пісок відрізняється від цукру-піску для промислової переробки мінімальною масовою часткою сахарози відповідно 99,75 і 99,55%, граничною масовою часткою редукуючих речовин 0,050 і 0,065, золи — 0,04 і 0,05, вологи 0,14 і 0,15%.

### Цукор-рафінад

Цукор-рафінад чистіший порівняно з цукром-піском. Вміст домішок у ньому не більше 0,1%. Основною сировиною для виробництва цукру-рафінаду є цукор-пісок, а на деяких заводах також рідкий цукор 2-го сорту чи тростинний цукор-сирець.

Передбачений випуск цукру рідкого для використання на підприємствах переробної промисловості і для реалізації у роздрібній торговельній мережі. Залежно від способу отримання він може бути вищого, 1-го, 2-го сортів і у вигляді харчового сиропу. Рідкий цукор містить 64% СР, сахарози (у перерахунку на суху речовину) від 99,8 до 97%, редукуючих речовин від 0,04 до 2,5% на суху речовину.

### Перевезення і зберігання цукру

Цукор перевозять всіма видами транспорту, проте цукор, фасований в поліетиленові пакети і упакований в ящики з гофрованого картону, можна транспортувати тільки автомобільним транспортом. Криті вагони, цукровози і контейнери повинні бути сухими, без щілин, з верхом, який не протікає.

При перевезенні цукру автомобільним транспортом мішки слід складати на дерев'яні піддони, а коли вони відсутні кузов автомобіля застелити брезентом чи папером. Після укладання мішки з цукром або ящики треба накрити брезентом.

Перед закладанням на зберігання склади слід ретельно очистити, провітрити і просушити. Для зберігання цукру-піску необхідно дотримуватись таких умов: відносна вологість повітря не повинна бути вищою за 70% на рівні поверхні нижнього ряду упакованого цукру, а цукру-рафінаду — 75%; температура не вище 40° С, а при тривалому зберіганні — не вища 12° С. Строк зберігання упакованого цукру-піску в опалювальних складах — до 8 років, у неопалювальних — від 1,5 до 4 років з урахуванням умов зберігання і виду тари; цукру-рафінаду в опалювальних складах — до 8, у неопалювальних — до 5 років.

Під час зберігання цукор може адсорбувати сторонні запахи, вологу, внаслідок чого втрачає сипкість і утворює грудки.

#### **4.Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи обладнання.**

На основі матеріалів аналізу існуючих конструкцій впливає, що для модернізації утфелемішалки-кристалізатора Ш1-ПКВ найбільш доцільним є використання диференціально-струменевого протиточного принципу теплообміну.

Даним проектом пропонується на вертикальну існуючу ємність кристалізатора Ш1-ПКВ встановити нову завантажуючу кришку. На відміну від кристалізатора ВМА , в якому уся охолоджуюча система коливається на 1м по вертикалі, в модернізованому кристалізаторі Ш1-ПКВ я пропоную зробити середній контур рухомим, а два інших —нерухомими. Система подачі охолоджуючої води, таким чином, буде окремо в рухомий і нерухомий контур, що забезпечить легке керування процесом. Ємність для води рухомого контура буде легше, тому в якості приводу використаємо шість гідравлічних циліндрів, розташованих на кришці кристалізатора. Також , як і в кристалізаторі ВМА розташовуємо вгорі розподільник, що поволі обертається і рівномірно розподіляє утфель, що поступає, по всьому поперечному перетину апарату.

Опис роботи модернізованого апарату: утфелемішалка-кристалізатор Ш1-ПКВ являє собою вертикальну циліндричну ємність 1, в верхню частину якої через трубу 2 подається уварений в вакуум-апараті утфель. Після початку подачі утфеля починається подача холодної води в контури охолодження 4 та 5 і починає обертатись розподільник утфелю. Система охолодження являє собою набрані вертикально зварені шестикутником 2 незалежних контури: рухомий 5 і нерухомий 4 . Рух одного контура відносно іншого додатково інтенсифікує процес перемішування. В нерухомий контур вода подається безпосередньо, а в рухомий – за допомогою збірника холодної води 7.Збірник разом з закріпленим до нього рухомим контуром здійснює вертикальні

переміщення за допомогою 6 гідроциліндрів 6.

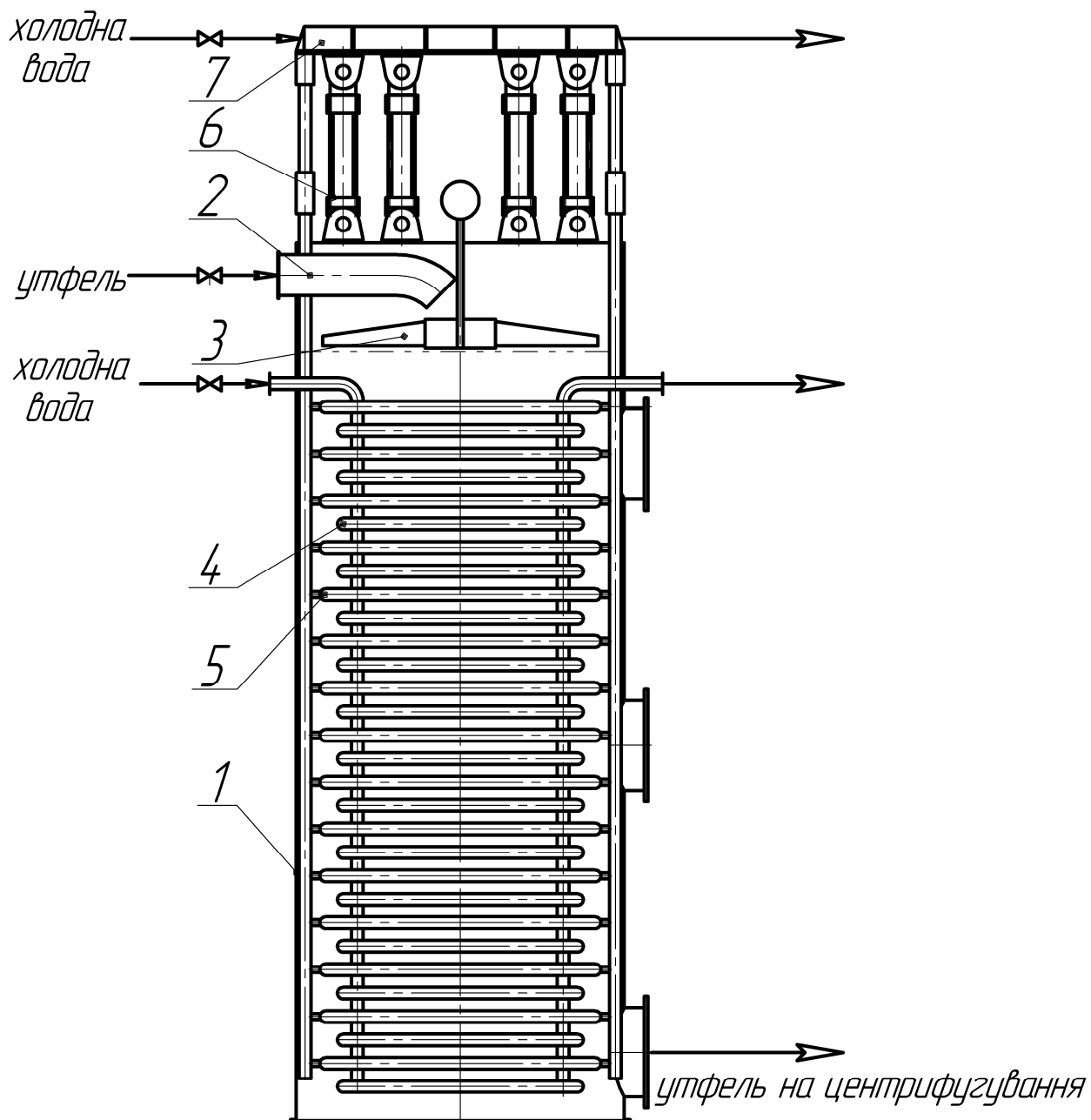


Рис.4.1. Модернізована утфелешалка-кристалізатор Ш1-ПКВ.

1 – корпус, 2 – труба, 3 – розподільувач утфелю, 4 – нерухомий контур, 5 – рухомий контур, 6 – гідроциліндр, 7 – збірник холодної води.

## 5.Вибір конструкційних матеріалів.

Утфелемішалка-кристалізатор Ш1-ПКВ призначена для оснащення бурякопереробних заводів з метою додаткової кристалізації утфеля останнього продукту шляхом примусового охолодження його при безперервному перемішуванні.

*Утфелемішалка-кристалізатор і вмонтовуються в продуктовому відділенні цукрового заводу і працюють протягом всього сезону цукроваріння.*

*Утфель є одним з основних напівпродуктів кінцевої стадії цукрового виробництва.*

Утфель являє собою суміш кристалів цукру і міжкристальної рідини.

При його фугуванні відтік міжкристальної рідини утворює патоку.

*При двохпродуктій схемі заводу мають два види утфелів : утфель 1*

і утфель 2. В результаті фугування утфеля 1 отримують білий цукор, білу і зелену патоки, а при фугуванні утфеля 2 – жовтий цукор, буру патоку і меласу.

Утфелі містять в середньому 40 – 50 % кристалів цукру, 23 – 32 % розчиненої цукрози і деяку кількість нецукрів (до 4 % в утфелі 1 і до 20 % в утфелі 2).

Кристали цукрози в утфелі виконують абразивний вплив на метали що труться. Про це свідчать багаточисельні подряпини на поверхнях тертя, розташованих паралельно напрямку руху абразивів.

Інтенсивність абразивного впливу кристалів цукру на поверхні, що труться, залежить від товщини прошарку міжкристальної рідини між ними, визначається величиною нормального тиску. Міжкристальна рідина має велику в'язкість, містить багато розчиненої цукрози і тому перешкоджає зчепленню металів.

Запропонована в даному дипломному проекті конструкція модернізованої утфелешалки-кристалізатора виключає будь-які опори кочення чи ковзання там, де є утфель. Зношуються під дією утфеля, таким чином, тільки ємність апарату і охолоджуючі труби.

На основі досвіду, для виготовлення частин нової перемішуючої системи, що мають контакт з утфелем приймаємо такі матеріали :

1. Штоки гідроциліндрів виготовляємо з сталі 45;
2. Збірник води виготовляємо з звичайного прокату (Ст3);
3. Рухомий і нерухомі контури виготовляємо з труб (Ст3);
4. Всі напрямні ковзання для штоків гідроциліндрів виготовляємо з капролону;

## 6. Розрахункова частина.

### 6.1. Визначення температурних умов кристалізації.

Середню різницю температур між водою і утфелем, що охолоджується, визначають як середньо логарифмічну різницю:

$$\Delta t_C = \frac{\Delta t_{\sigma} - \Delta t_m}{\ln \frac{\Delta t_{\sigma}}{\Delta t_m}} = \frac{60 - 20}{\ln \frac{60}{20}} = 36,4$$

де  $\Delta t_{\sigma}, \Delta t_m$  — різниці температур між утфелем і водою;

Середня температура утфеля:

$$t_C = t_{\text{поч}} - \Delta t_C = 80 - 36,4 = 43,6$$

При середній температурі  $t_C$  і концентрації **Б** теплофізичні параметри утфелю та води визначаються за допомогою рівнянь або таблиць.

В'язкість

$$\mu = \left( 470 - \frac{470 - 406}{10} \cdot 4 \right) \cdot 10^{-6} = 4,444 \cdot 10^{-4} (\text{Па} \cdot \text{с})$$

Густина

$$\rho = 983 - \frac{983 - 978}{10} \cdot 4 = 981 (\text{кг} / \text{м}^3)$$

$$c = \left( \frac{4,19 - 4,18}{10} \cdot 4 + 4,18 \right) \cdot 10^3 = 4,184 \cdot 10^3 (\text{Дж} / (\text{кг} \cdot \text{К}))$$

$$\lambda = \frac{0,668 - 0,659}{10} \cdot 4 + 0,659 = 0,663 (\text{Вт} / (\text{м} \cdot \text{К}))$$

Теплоємність

Теплопровідність

### 6.2. Теплове навантаження і витрати холоду.

Теплове навантаження з урахуванням теплових втрат, Дж/с або Вт,

$$Q = xGc(t_k - t_n) = 1,04 \cdot 26,389 \cdot 4,184 \cdot 10^3 (16 - 87) = -8.153 \cdot 10^6 (\text{Вт})$$

де  $x$  — коефіцієнт, що враховує втрати теплоти в навколишнє середовище;

$x = 1,02...1,05$ ;  $G$  — витрата рідини, кг/с;  $c$  — теплоємність рідини, Дж/(кг • К).

$$G = \frac{2 \cdot 10^6}{24 \cdot 60 \cdot 60} \cdot 0.57 = 26.389 \text{ кг/с}$$

Витрати холодної води, кг/с:

$$D = \frac{Q}{I - i} = \frac{8,153 \cdot 10^6}{2566 \cdot 10^3 - 8,38 \cdot 10^3} = 3,188 (\text{кг} / \text{с})$$

де  $I, i$  — ентальпія холодної води, Дж/кг.

### 6.3. Розрахунок коефіцієнта теплопередачі.

Загальний коефіцієнт теплопередачі визначають за такою формулою:

$$K_0 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda_{ст}} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

$$K_{01} = \frac{1}{\frac{1}{3.519 \cdot 10^3} + \frac{1,5 \cdot 10^{-3}}{17,5} + \frac{1}{2,986 \cdot 10^3}} = 1.135 \cdot 10^3$$

$$K_{02} = \frac{1}{\frac{1}{3.519 \cdot 10^3} + \frac{1,5 \cdot 10^{-3}}{17,5} + \frac{1}{4,779 \cdot 10^3}} = 1.727 \cdot 10^3$$

$$K_{03} = \frac{1}{\frac{1}{3.519 \cdot 10^3} + \frac{1,5 \cdot 10^{-3}}{17,5} + \frac{1}{6,414 \cdot 10^3}} = 1.902 \cdot 10^3$$

$$K_{04} = \frac{1}{\frac{1}{3.519 \cdot 10^3} + \frac{1,5 \cdot 10^{-3}}{17,5} + \frac{1}{7,949 \cdot 10^3}} = 2.017 \cdot 10^3$$

де  $\alpha_1$  — коефіцієнт тепловіддачі від води до стінки, Вт/(м<sup>2</sup> • К);  $\delta$  — товщина стінки, м;  $\lambda_{ст}$  — теплопровідність стінки, Вт/(м<sup>2</sup> • К);  $\alpha_2$  — коефіцієнт тепловіддачі від стінки до утфелю, Вт/(м<sup>2</sup> • К).

$$\text{Re} = \frac{w \cdot d_e \cdot \rho}{\mu}$$

$$\text{Re}_1 = \frac{0,5 \cdot 0,03 \cdot 981}{4,444 \cdot 10^{-4}} = 3,311 \cdot 10^4$$

$$\text{Re}_2 = \frac{0,9 \cdot 0,03 \cdot 981}{4,444 \cdot 10^{-4}} = 5,96 \cdot 10^4$$

$$\text{Re}_3 = \frac{1,3 \cdot 0,03 \cdot 981}{4,444 \cdot 10^{-4}} = 8,609 \cdot 10^4$$

$$\text{Re}_4 = \frac{1,7 \cdot 0,03 \cdot 981}{4,444 \cdot 10^{-4}} = 1,126 \cdot 10^5$$

Коефіцієнт тепловіддачі  $\alpha_2$  визначається залежно від режиму руху рідини.

При  $\text{Re} > 10000$

$$\text{Nu} = 0,15 \text{Re}^{0,33} \text{Pr}^{0,43}$$

$$\text{Nu}_1 = 0,1 \cdot (3,311) \cdot 10^4)^{0,33} \cdot (2,808)^{0,43} = 135,213$$

$$\text{Nu}_2 = 0,1 \cdot (5,96 \cdot 10^4)^{0,33} \cdot (2,808)^{0,43} = 216,39$$

$$\text{Nu}_3 = 0,1 \cdot (8,609 \cdot 10^4)^{0,33} \cdot (2,808)^{0,43} = 290,401$$

$$\text{Nu}_4 = 0,1 \cdot (1,126 \cdot 10^5)^{0,33} \cdot (2,808)^{0,43} = 359,917$$

де Nu, Re, Pr, Gr — відповідно критерії Нуссельта, Рейнольдса, Прандтля, Грасгофа;

$$\text{Pr}_{CT} = 2,808$$

$\text{Pr}_{CT}$  — критерії Прандтля при температурі стінки.

У рівняннях фізичні константи треба вибирати за середньою температурою рідини.

Визначальний геометричний розмір — внутрішній діаметр трубки  $d_B$ , м.

За знайденою величиною Nu:

$$\alpha_2 = \frac{Nu\lambda}{d_B}$$

$$\alpha_{21} = \frac{135,213 \cdot 0,663}{0,03} = 2,986 \cdot 10^3$$

$$\alpha_{22} = \frac{216,39 \cdot 0,663}{0,03} = 4,779 \cdot 10^3$$

$$\alpha_{23} = \frac{290,401 \cdot 0,663}{0,03} = 6,414 \cdot 10^3$$

$$\alpha_{24} = \frac{359,917 \cdot 0,663}{0,03} = 7,949 \cdot 10^3$$

Розрахункове рівняння для обчислення коефіцієнта тепловіддачі  $\alpha_1$ :

$$\alpha_1 = 2,04 A_4 \sqrt[4]{\frac{r}{H\Delta t_1}} = 2,04 \cdot 170 \cdot \sqrt[4]{\frac{2417}{3 \cdot 4}} = 3.519 \cdot 10^3$$

де  $A = 170$  — розрахунковий коефіцієнт, який залежить від фізичних властивостей охолоджуючої рідини,

$$r = 2417 \cdot 10^3 \text{ (Дж/кг)} \quad \text{— питома теплота;}$$

$H=3\text{м}$  — висота вертикальної трубки;

$$t_p - t_{cm1} = 10 - = 76^\circ \text{C} \quad \text{— різниця температур;}$$

$$t_p = 10^\circ \text{C} \quad \text{— температура охолоджуючої води;}$$

$$t_{nr} = \frac{t_p + t_{CT1}}{2} = \frac{4 + 80}{2} = 42^\circ \text{C}$$

У зв'язку з тим, що температура стінки зі сторони холодної води  $t_{cII}$  невідома, її визначають методом послідовного наближення. Для цього задаються значенням,  $t_{cm1}$  яке знаходиться між  $t_p$  і  $t_c$  при цьому буде ближче до  $t_p$ .

$$t_{cm1} = t_p - \frac{K}{\alpha_1} \Delta t_c = 10 - \frac{1,135 \cdot 10^3}{3.519 \cdot 10^3} \cdot 36 = 25.856^\circ \text{C}$$

Задану температуру перевіряють за таким рівнянням:

Де  $K = K_0 \varphi = 1,419 \cdot 10^3 \cdot 0,8 = 1,135 \cdot 10^3$  — розрахунковий коефіцієнт теплопередачі.

Різниця між заданою і розрахунковою температурами повинна бути не вища  $1^{\circ}\text{C}$ .

#### 6.4. Визначення площі поверхні теплопередачі.

Площа поверхні охолодження трубок визначається за такою формулою:

$$F = \frac{Q}{K \Delta t_c}$$

$$F_1 = \frac{1,952 \cdot 10^6}{1,419 \cdot 10^3 \cdot 0,8 \cdot 36} = 606,406(\text{m}^2)$$

$$F_2 = \frac{1,952 \cdot 10^6}{1,727 \cdot 10^3 \cdot 0,8 \cdot 36} = 201,576(\text{m}^2)$$

$$F_3 = \frac{1,952 \cdot 10^6}{1,902 \cdot 10^3 \cdot 0,8 \cdot 36} = 405,79(\text{m}^2)$$

$$F_4 = \frac{1,952 \cdot 10^6}{2,017 \cdot 10^3 \cdot 0,8 \cdot 36} = 301,441(\text{m}^2)$$

#### 6.5. Конструктивний розрахунок теплообмінних труб.

Важливою частиною конструктивного розрахунку є розрахунок проточної частини трубного простору. Виходячи із заданої продуктивності апарата і швидкості руху рідини з рівняння витрат визначають площу прохідного перерізу трубок одного ходу,  $\text{m}^2$ :

$$f = \frac{G}{\rho w}$$

$$f_1 = \frac{26,389}{981 \cdot 0,5} = 0,054(\text{m}^2)$$

$$f_2 = \frac{26,389}{981 \cdot 0,9} = 0,03(\text{m}^2)$$

$$f_3 = \frac{26,389}{981 \cdot 1,3} = 0,021(\text{m}^2)$$

$$f_4 = \frac{26,389}{981 \cdot 1,7} = 0,016(\text{m}^2)$$

Де  $G$  — витрата рідини,  $\text{кг/с}$ ;  $\rho$  — густина рідини,  $\text{кг/м}^3$ ;  $w$  — швидкість руху рідини всередині трубок,  $\text{м/с}$ .

Звідси число трубок одного ходу

$$n = \frac{f}{0,785d_e^2}$$

$$n_1 = \frac{0,054}{0,785 \cdot 0,03} = 76,638 \approx 77$$

$$n_2 = \frac{0,03}{0,785 \cdot 0,03} = 42,577 \approx 43$$

$$n_3 = \frac{0,021}{0,785 \cdot 0,03} = 28,976 \approx 29$$

$$n_4 = \frac{0,016}{0,785 \cdot 0,03} = 22,541 \approx 23$$

де  $d_b$  — внутрішній діаметр трубки, м.

Розрахункова довжина всіх ходів, м.

$$L = \frac{F}{\pi d_p n}$$

$$L_1 = \frac{66,406}{3,14 \cdot 0,03 \cdot 77} = 9,053(\text{м})$$

$$L_2 = \frac{51,576}{3,14 \cdot 0,03 \cdot 42} = 12,016(\text{м})$$

$$L_3 = \frac{45,79}{3,14 \cdot 0,03 \cdot 29} = 16,479(\text{м})$$

$$L_4 = \frac{41,441}{3,14 \cdot 0,03 \cdot 23} = 19,696(\text{м})$$

де  $d_p$  — розрахунковий діаметр трубки, який визначають залежно від співвідношення

$\alpha_1$  і  $\alpha_2$  (при  $\alpha_1 \approx \alpha_2$   $d_p = 0,5(d_e - d_3)$ ; при  $\alpha_1 \gg \alpha_2$   $d_p = d_e$ ; при  $\alpha_1 \ll \alpha_2$   $d_p = d_3$ )

$d_3$  — зовнішній діаметр трубки, м. Загальна кількість трубок:

$$z = \frac{L}{H}$$

$$z_1 = \frac{9.053}{3} = 2.018 \approx 3$$

$$z_2 = \frac{12.016}{3} = 3.339 \approx 4$$

$$z_3 = \frac{16.479}{3} = 4.493 \approx 5$$

$$z_4 = \frac{19.696}{3} = 5.565 \approx 6$$

$$n_3 = z \cdot n$$

$$n_{31} = 3 \cdot 76 = 228$$

$$n_{32} = 4 \cdot 42 = 168$$

$$n_{33} = 5 \cdot 29 = 145$$

$$n_{34} = 6 \cdot 22 = 132$$

### 6.6. Гідравлічний розрахунок теплообмінних труб.

Гідравлічний розрахунок теплообмінних труб потрібний для визначення потужності насосів і та встановлення оптимального режиму роботи апарата.

Потужність, потрібну для переміщення теплоносія через апарат, Вт,

$$N = \frac{V \Delta p}{\eta}$$

$$N_1 = \frac{0,027 \cdot 7.321 \cdot 10^3}{0,6} = 328.236 (Вт) \quad N_2 = \frac{0,027 \cdot 3.219 \cdot 10^4}{0,6} = 1443 (Вт)$$

$$N_3 = \frac{0,027 \cdot 8.442 \cdot 10^4}{0,6} = 3.785 \cdot 10^3 (Вт) \quad N_4 = \frac{0,027 \cdot 17.340 \cdot 10^4}{0,6} = 7.774 \cdot 10^3 (Вт)$$

де  $V = \frac{G}{\rho} = \frac{26,389}{981} = 0,027 (м^3 / с)$  — об'ємні витрати рідини;

$$\Delta p = \Delta p_{\text{тер}} + \Delta p_{\text{м}} = \left( \lambda \frac{L}{d} + \sum \xi \right) \frac{w^2 \rho}{2}$$

$$\Delta p_1 = \left( \frac{0,023 \cdot 27,053}{0,033} + 40,5 \right) \cdot \frac{0,5^2 \cdot 981}{2} = 7,321 \cdot 10^3 \text{ (Па)}$$

$$\Delta p_2 = \left( \frac{0,02 \cdot 40,016}{0,033} + 56,5 \right) \cdot \frac{0,9^2 \cdot 981}{2} = 3,219 \cdot 10^4 \text{ (Па)}$$

$$\Delta p_3 = \left( \frac{0,018 \cdot 52,479}{0,033} + 72,5 \right) \cdot \frac{1,3^2 \cdot 981}{2} = 8,442 \cdot 10^4 \text{ (Па)}$$

$$\Delta p_4 = \left( \frac{0,017 \cdot 64,696}{0,033} + 88,5 \right) \cdot \frac{1,7^2 \cdot 981}{2} = 1,743 \cdot 10^5 \text{ (Па)}$$

$\Delta p$  — перепад тисків в апараті,  $\eta$  — К.К.Д. насоса або вентилятора.

Гідрравлічний опір апарата складається з опору тертя  $\Delta p_{\text{тер}}$  і місцевих опорів  $\Delta p_{\text{м}}$ . Отже, повний гідрравлічний опір

$$\lambda = \frac{0,316}{\text{Re}^{0,25}}$$

$$\lambda_1 = \frac{0,316}{(3,311 \cdot 10^4)^{0,25}} = 0,023$$

$$\lambda_2 = \frac{0,316}{(5,96 \cdot 10^4)^{0,25}} = 0,02$$

$$\lambda_3 = \frac{0,316}{(8,609 \cdot 10^4)^{0,25}} = 0,018$$

$$\lambda_4 = \frac{0,316}{(1,126 \cdot 10^5)^{0,25}} = 0,017$$

де  $\lambda$  — коефіцієнт гідрравлічного тертя;  $L$  — загальна довжина труби, м;  
 $d$  — діаметр труби, м;  $\xi$  — коефіцієнт місцевого опору;  $w$  — швидкість руху теплоносія, м/с;  $\rho$  — густина теплоносія, кг/м<sup>3</sup>.

$$\xi_1 = 1,5 \quad \xi_2 = 2,5 \quad \xi_3 = 0,5 \quad \xi_4 = 1$$

$$\sum \xi = 2 \cdot \xi_1 + (z-1) \cdot \xi_2 + z \cdot \xi_3 + z \cdot \xi_4$$

$$\sum \xi_1 = 2 \cdot 1,5 + (10-1) \cdot 2,5 + 10 \cdot 0,5 + 10 \cdot 1 = 40,5$$

$$\sum \xi_2 = 2 \cdot 1,5 + (14-1) \cdot 2,5 + 14 \cdot 0,5 + 14 \cdot 1 = 56,5$$

$$\sum \xi_3 = 2 \cdot 1,5 + (18-1) \cdot 2,5 + 18 \cdot 0,5 + 18 \cdot 1 = 72,5$$

$$\sum \xi_4 = 2 \cdot 1,5 + (22-1) \cdot 2,5 + 22 \cdot 0,5 + 22 \cdot 1 = 88,5$$

Значення коефіцієнтів місцевих опорів беремо з таблиць відповідних літературних джерел [10].

### 6.7. Розміщення труб в апараті.

Труби в трубних контурах розміщуємо правильним шестикутником. Для даного випадку при визначенні в теплообміннику загальної кількості труб  $n$  виходять з кількості труб  $a$ , розміщених на стороні найбільшого шестикутника:

$$n = 3a(a - 1) + 1 = 3 \cdot 5(5 - 1) + 1 = 61 \quad \text{при } a = 5$$

Кількість труб, розміщених по діагоналі найбільшого шестикутника,

$$D = t(b - 1) + 4d_3 = 0,041 \cdot (9 - 1) + 4 \cdot 33 \cdot 10^{-3} = 0,462 \approx 0,5 \text{ м}$$

### 6.8. Розрахунок флацевого з'єднання за умови невидавлювання прокладки.

В апаратах найбільшого застосування мають плоскі прокладки, зажаті між двома фланцями.

Повна сила що видавлює прокладку з фланця:

$$P = p \cdot \pi \cdot D_3 \cdot \delta = 0,111 \cdot 10^6 \cdot 3,14 \cdot 56,2 \cdot 1 = 2,267 \cdot 10^7 \text{ Па}$$

де  $\delta = 1 \text{ см}$  – товщина прокладки

Сила тертя:

$$T = f \cdot \sigma_y \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (D_3^2 - D_n^2) = 0,125 \cdot 60 \cdot 10^4 \cdot \frac{3,14}{4} (65,8^2 - 65,0^2) = 1,004 \cdot 10^8 \text{ Па}$$

$\sigma_y = 60 \cdot 10^4 \text{ Па}$  – граничний тиск необхідний для деформації прокладки,  $f = 0,125$  – коефіцієнт тертя при грубій обробці

Прокладка не видавиться зі з'єднання, якщо сила тертя буде більше ніж сила, що видавлює прокладку з фланця.  $T > P$

$$1,004 \cdot 10^8 < 2,267 \cdot 10^7$$

$$d_n = 1,13 \sqrt{\frac{G}{\rho w}} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{0,027}{0,9}} = 0,195 \approx 0,2 \text{ м}$$

### 6.9. Визначення товщини теплової ізоляції.

Теплова ізоляція — один із основних факторів, які зменшують втрати теплоти і зберігають паливо. Товщина ізоляції повинна бути такою, щоб температура на її поверхні була не більшою за 20°C.

Товщина ізоляції

$$\delta = \frac{\lambda(t_a - t_i)}{\alpha(t_i - t_n)} = \frac{0,058 \cdot (80 - 40)}{11,16 \cdot (40 - 20)} = 0,01 \text{ м}$$

де  $\lambda = 0,034 + 0,0003 \cdot t_a = 0,058$  Вт/м • К — теплопровідність ізоляційного матеріалу,

$t_a = 80, t_i = 40, t_n = 20$  — температура відповідно в апараті, на поверхні ізоляції та повітря, що оточує апарат, °С;

$\alpha$  — сумарний коефіцієнт тепловіддачі від стінки до повітря, Вт/м<sup>2</sup> • К),

$$\alpha = 9,76 + 0,07(t_i - t_n) = 9,76 + 0,07(40 - 20) = 11,16$$

Для апаратів, що працюють у закритих приміщеннях, береться в інтервалі 35...45 °С, а на відкритому повітрі в зимовий час — в інтервалі 0...10 °С.

### 6.10. Визначення тиску на штоки.

Вхідні дані:

$G=480$ кг – вага перемішувачого пристрою, виходячи з якої обираємо гідроциліндр з параметрами:

$D=0,1$  м- діаметр поршня гідроциліндра.

$d = 0,05$  м– діаметр штока гідроциліндра.

$A = 0,3$  м – амплітуда коливань;

$n_k = 2$  с<sup>-1</sup>– частота коливань.

Визначаємо тиск на штоки по формулі:

$$P = N / V,$$

де  $N$  – потужність нагнітання, кВт;

$V$  – швидкість ходу поршня, м/с.

Прийнято  $V=0,6$  м/с.

Потужність нагнітання визначається по формулі:

$$N = N_Y * S_M,$$

де  $N_Y$  – питома потужність, кВт/м<sup>2</sup>;

$S_M$  – площа тарілки, м<sup>2</sup>.

$N_Y = 3,5$  кВт/м<sup>2</sup> по [10]. Для трьох тарілок  $N_Y = 10,5$  кВт/м<sup>2</sup>.

Площа тарілки  $S_M = 3,14 * 0,2^2 / 4 = 0,03$  м<sup>2</sup>.

$$N = 10,5 * 0,03 = 315 \text{ Вт.}$$

$$P = 315 / 0,6 = 525 \text{ Н,}$$

Визначаємо зусилля на один шток:

$$P_1 = P / 3 = 175 \text{ Н,}$$

#### **6.11. Визначення площі перерізу штока.**

$$S = P_1 / \sigma,$$

де  $P_1$  – зусилля на один шток Н;

$\sigma$  – допустиме напруження для матеріалу штока

(Сталь 45) кгс/мм<sup>2</sup>.

$$\sigma = 250 \text{ Н/мм}^2.$$

$$S = 175 / 250 = 0,7 \text{ мм}^2.$$

#### **6.12. Розрахунок діаметра штока**

$$d = \sqrt{(4 * S) / \pi},$$

$$d = \sqrt{(4 * 2,3) / 3,14} = 10 \text{ мм.}$$

У зв'язку з тим що для кріплення тарілок до штоків використовується зварювання і нарізуванням різьблення на хвостовику штока то діаметр штока приймаємо рівним 20 мм.

## 6.12. Перевірка штока на стійкість

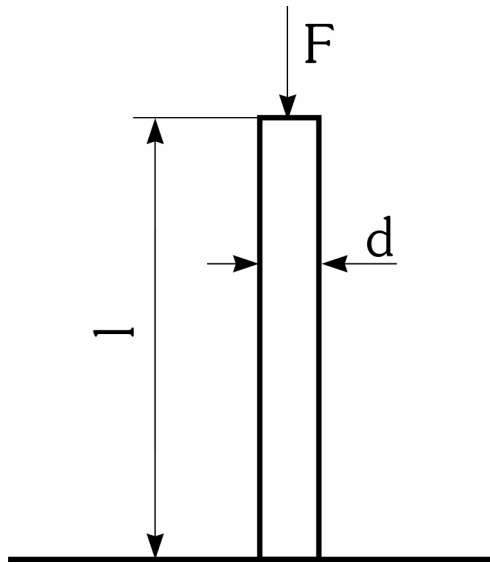


Рисунок 6.1 – Розрахункова схема

Розрахуємо критичне зусилля при якому шток збереже стійкість:

$$F_{кр} = (\pi^3 * d^4 * E) / (M * l),$$

де  $d$  – діаметр штока в мм;

$E$  – модуль пружності;

$M$  – коефіцієнт запасу;

$l$  – довжина штока мм.

$$F_{кр} = (3,14^3 * 6^4 * 250) / (0,5 * 980) = 20471,5 \text{ Н.}$$

$$F_{кр} > 175 \text{ Н.}$$

## 6.13. Розрахунок циліндричної обичайки

Розрахунковий тиск

$$P_p = P + P_{ст},$$

де  $P_{ст}$  – тиск стовбура рідини;

$$P_{ст} = \rho gH = 1320 \cdot 9,81 \cdot 0,3 = 0,0038 \text{ МПа.}$$

Так як  $P_{ст} \leq 5 \% \cdot P = 0,05 \cdot 1,3 = 0,065 \text{ МПа}$ , то тиск стовбура води не враховуємо [1].

Розрахункова товщина стінки циліндричної обичайки

$$S_{p1} = \frac{P_p D}{2\phi\sigma_{\text{дон}} - P_p};$$

$$S_{p1} = \frac{6 \cdot 200}{2 \cdot 0,95 \cdot 160 - 6} = 4,02 \text{ мм.}$$

Спробний тиск при гідравлічному випробуванні [1]

$$P_{i1} = \frac{1,25 P_p \sigma_{\text{дон}20}}{\sigma_{\text{дон}}};$$

$$P_{i2} = P_p + 0,3;$$

де  $\sigma_{\text{дон}20}$  – допустиме напруження матеріалу при температурі 20°C ( $\sigma_{\text{дон}20} = 160$  МПа [1]).

$$P_{i1} = \frac{1,25 \cdot 6 \cdot 160}{160} = 7,5 \text{ МПа};$$

$$P_{i2} = 7,5 + 0,3 = 7,8 \text{ МПа};$$

$$P_{i\text{max}} = 7,8 \text{ МПа.}$$

Розрахункова товщина стінки циліндричної обичайки при гідравлічних випробуваннях

$$S_{p2} = \frac{P_{i\text{max}} D}{2\phi\sigma_{\text{дон}i} - P_{i\text{max}}},$$

де  $\sigma_{\text{дон}i} = \frac{\sigma_{T20}}{1,1}$  – допустиме напруження для гідравлічних іспитів;

$\sigma_{T20} = 240$  МПа – для сталі Ст3 при +20°C [1].

$$\sigma_{\text{дон}i} = \frac{240}{1,1} = 218,18 \text{ МПа,}$$

тоді 
$$S_{p2} = \frac{7,8 \cdot 200}{2 \cdot 0,95 \cdot 218,18 - 7,8} = 3,83 \text{ мм.}$$

Вибираємо максимальну розрахункову товщину стінки  $S_{p\text{max}} = 5$  мм.

Виконавча товщина стінки

$$S = S_{p\text{max}} + C + C_0,$$

де  $C = C_1 + C_2 + C_3$  – прибавка до розрахункової товщини;

$C_1 = \nu_{кар} \tau_6 + C_{ер}$  – прибавка для компенсації корозії та ерозії;

$C_2$  – прибавка для компенсації мінусового допуску;

$C_3$  – технологічна прибавка;

$C_{ер}$  – прибавка для компенсації ерозії

(приймаємо  $C_2 = 0, C_3 = 0$  і  $C_{ер} = 0$  [1]);

$C_1 = 0,1 \cdot 5 = 0,5$  мм, тоді  $C = 0,5$  мм;  $C_0 = 1,94$  мм із умови округлення товщини стінки до більшої стандартної товщини (ГОСТ 19903 – 74\*).

$$S = 5 + 0,5 + 1,94 = 8 \text{ мм.}$$

Так як  $\frac{S-C}{D} = \frac{8-0,5}{200} = 0,0375 < 0,1$ , то умова застосування формул

ВИПОВНЮЄТЬСЯ.

Допустимий тиск в робочому стані

$$P_{\text{доп.р}} = \frac{2\phi\sigma_{\text{дон}} \cdot (S-C)}{D+S+C};$$

$$P_{\text{доп.р}} = \frac{2 \cdot 0,95 \cdot 160 \cdot (8-0,5)}{200+8+0,5} = 10,9 \text{ МПа.}$$

Допустимий тиск при випробуваннях

$$P_{\text{доп.в}} = \frac{2\phi\sigma_{\text{доні}} \cdot (S-C)}{D+S+C};$$

$$P_{\text{доп.в}} = \frac{2 \cdot 0,95 \cdot 218,18 \cdot (8-0,5)}{200+8+0,5} = 14,91 \text{ МПа.}$$

## 7. Технологічний маршрут виготовлення деталі.

Номер операції, переходу	Назва операції, переходу	Технологічне обладнання, пристрої, інструмент оброблювальний, контрольний
1	2	3
<b>10</b>	<b>Заготівельна</b>	<b>Лиття в земляні форми</b>
10.1	Вилити заготовку з чавуну СЧ15	
<b>20</b>	<b>Токарна</b>	<b>Токарно-гвинторізний 16К20</b>
	УЗЗ	3-кулачковий патрон
20.1	Точити торець	Різець упорний, Т15К6
20.2	Точити поверхню $\varnothing 154$	Різець прохідний правий, $\varphi = 90^\circ$ , Т15К6
<b>30</b>	<b>Токарна</b>	<b>Токарно-гвинторізний 16К20</b>
	УЗЗ	3-кулачковий патрон
30.1	Точити торець в розмір 30	Різець упорний, Т15К6
30.2	Точити торець в розмір 20	Різець упорний, Т15К6
30.3	Точити поверхню $\varnothing 110h11$ начорно	Різець прохідний правий, $\varphi = 90^\circ$ , Т15К6
30.4	Точити поверхню $\varnothing 110h11$ начисто	Різець прохідний правий, $\varphi = 90^\circ$ , Т15К6
30.5	Точити фаску $1,6 \times 45^\circ$	Різець прохідний відігнутий правий, $\varphi = 45^\circ$ , Т15К6
<b>40</b>	<b>Свердлильна</b>	<b>Свердлильний 2А125</b>
	УЗЗ	Кондуктор
40.1	Свердлити 6 отворів $\varnothing 11$	Свердло $\varnothing 11$ , Р6М5

### Розрахунок припусків.

Розрахунок загального припуску литої заготовки проведемо по найточнішому розміру  $\varnothing 110h11$ .

Припуск на чистове точіння

$$2Z_{2min} = 2 \left( R_{z1} + D_1 + \sqrt{T_{pp1}^2 + \varepsilon_{y2}^2} \right),$$

де  $R_{z1}$ ,  $D_1$ ,  $T_{pp1}$  – відповідно висота мікронерівностей, глибина дефектного шару та сумарна просторова похибка при чорновому точінні;

$\varepsilon_{y2}$  – похибка установлення при чистовому точінні.

Вибираємо  $R_{z1} = 25$  мкм,  $D_1 = 25$  мкм.

При установленні деталі в патрон  $T_{pp1} = 100$  мкм і  $\varepsilon_{y2} = 100$  мкм.

Тоді маємо

$$2Z_{2min} = 2(25 + 25 + \sqrt{100^2 + 100^2}) = 383 \text{ мкм}$$

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

де  $T_2$  – допуск розміру при чистовому точінні,  $T_2 = IT11 = 220$  мкм

$T_1$  – допуск розміру при чорновому точінні,  $T_1 = IT14 = 870$  мкм

$$2Z_{2max} = 383 + 870 - 220 = 1033 \text{ мкм}$$

$$2Z_{2ном} = \frac{2Z_{2max} + 2Z_{2min}}{2} = \frac{1033 + 383}{2} = 708 \text{ мкм}$$

Припуск на чорнове точіння

$$2Z_{1min} = 2 \left( R_{z0} + D_0 + \sqrt{T_{pp0}^2 + \varepsilon_{y1}^2} \right),$$

де  $R_{z0}$ ,  $D_0$ ,  $T_{pp0}$  – відповідно висота мікронерівностей, глибина дефектного шару та сумарна просторова похибка лиття;

$\varepsilon_{y1}$  – похибка установлення при чорновому точінні.

Вибираємо для способу лиття по витоплюваних моделях  $R_{z0} + D_0 = 800$  мкм.

Просторову похибку маємо  $T_{pp0} = IT15 = 1400$  мкм

При установленні деталі в патрон  $\varepsilon_{y1} = 100$  мкм.

$$2Z_{1min} = 2(800 + \sqrt{1400^2 + 100^2}) = 4207 \text{ мкм}$$

Тоді загальний припуск

$$2Z_{\text{сум}} = \sum 2Zi_{\text{ном}} = 708 + 4207 = 4915 \text{ мкм}$$

Приймаємо  $2Z_{\text{сум}} = 5 \text{ мм}$ .

Маса деталі

$$M_{\text{дет}} = V_{\text{д}} \cdot \rho = 0,00024269 \cdot 7800 = 1,8 \text{ кг}$$

Маса заготовки

$$M_{\text{заг}} = V_{\text{з}} \cdot \rho = 0,00031798 \cdot 7800 = 2,4 \text{ кг}$$

Коефіцієнт використання матеріалу

$$K_{\text{м}} = \frac{M_{\text{дет}}}{M_{\text{заг}}} = \frac{1,8}{2,4} = 0,7$$

## 20. Токарна.

### **Перехід 20.1. Точити торець.**

Глибина різання в даному випадку

$$t = 1,5 \text{ мм}$$

Вибираємо подачу. Для різців перетином стержня 16x25 при обробленні заготовки з чавуну діаметром більше 100 мм при глибині різання до 3 мм рекомендуються подачі 1,0-1,5 мм/об.

Приймаємо  $s = 1,0 \text{ мм/об}$ .

Вибираємо залежність для визначення швидкості різання

$$V = \frac{C_v}{T^{m_t} t^{x_s} s^{y_s}} = \frac{143}{T^{0,2} t^{0,15} s^{0,4}}$$

Приймаємо стійкість свердла  $T = 60 \text{ хв}$ .

Тоді маємо

$$V = \frac{143}{60^{0,2} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 1,0^{0,4}} = 59,43 \text{ м/хв.}$$

Необхідна частота обертання шпинделя

$$n = \frac{1000V}{\pi d_s} = \frac{1000 \cdot 59,43}{3,14 \cdot 159} = 119 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо  $n_b = 100 \text{ об/хв}$ .

Тоді дійсна швидкість різання буде дорівнювати

$$V_{\text{д}} = \frac{\pi d_s n_b}{1000} = \frac{3,14 \cdot 159 \cdot 100}{1000} = 49,9 \text{ м/хв.}$$

Основний час на виконання переходу

$$t_{01} = \frac{L}{S \cdot n_B}$$

$$L = l + l_1 + l_2 + l_3$$

$l$  – довжина оброблення безпосередньо на деталі,  $l = 79,5$  мм;

$l_1$  – добавка довжини на підвід інструменту до початку різання з механічною подачею,  $l_1 = 2$  мм;

$l_2$  – величина врізання інструменту,  $l_2 = 2$  мм;

$l_3$  – величина перебігу різця,  $l_3 = 2$  мм.

$$L = 79,5 + 2 + 2 + 2 = 85,5 \text{ мм}$$

$$t_{01} = \frac{85,5}{1,0 \cdot 100} = 0,86 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_{д1} = t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_n$$

$t_1$  – допоміжний час, пов'язаний безпосередньо з переходом для поперечного обточування з установленням різця на розмір при автоматичній подачі,  $t_1 = 0,05$  хв;

$t_2$  – допоміжний час на заміну частоти обертів шпинделя або подачі, так як заміна не проводиться, то  $t_2 = 0$ ;

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

$$t_{д1} = 0,05 \text{ хв}$$

### **Перехід 20.2. Точити поверхню $\varnothing 154$ .**

Глибина різання в даному випадку

$$t = \frac{5}{2} = 2,5 \text{ мм}$$

Вибираємо подачу. Рекомендуються подачі 1,0-1,5 мм/об.

Приймаємо  $s = 1,0$  мм/об.

Вибираємо залежність для визначення швидкості різання

$$V = \frac{C_v}{T^{m_t} s^{x_s}} = \frac{143}{T^{0,2} t^{0,15} s^{0,4}}$$

Приймаємо стійкість свердла  $T = 60$  хв.

Тоді маємо

$$V = \frac{143}{60^{0.2} \cdot 2,5^{0.15} \cdot 1,0^{0.4}} = 54,8 \text{ м/хв.}$$

Необхідна частота обертання шпинделя

$$n = \frac{1000V}{\pi d_s} = \frac{1000 \cdot 54,8}{3,14 \cdot 159} = 109 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо  $n_B = 100$  об/хв.

Тоді дійсна швидкість різання буде дорівнювати

$$V_d = \frac{\pi d_s n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 159 \cdot 100}{1000} = 49,9 \text{ м/хв.}$$

Основний час на виконання переходу

$$t_{02} = \frac{L}{S \cdot n_B}$$

$$L = l + l_1 + l_2 + l_3$$

$l$  – довжина оброблення безпосередньо на деталі,  $l = 10$  мм;

$l_1$  – добавка довжини на підвід інструменту до початку різання з механічною подачею,  $l_1 = 2$  мм;

$l_2 = 0$ ;  $l_3 = 0$ .

$$L = 10 + 2 = 12 \text{ мм}$$

$$t_{02} = \frac{12}{1,0 \cdot 100} = 0,12 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_{д2} = t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_n$$

$t_1$  – допоміжний час, пов'язаний безпосередньо з переходом для поздовжнього обточування з установленням різця по упору або грубо по лімбу на верстатах з висотою центрів до 125 мм при автоматичній подачі,  $t_1 = 0,05$  хв;

$t_2$  – допоміжний час на заміну частоти обертів шпинделя або подачі,  $t_2 = 0$ ;

$t_3$  – допоміжний час на інші дії під час виконання переходу, час на заміну різця  $t_3 = 0,6$  хв.

$$t_{д2} = 0,05 + 0,6 = 0,65 \text{ хв}$$

Основний час на виконання операції під час виготовлення однієї деталі

$$T_0 = \sum t_{0i} = 0,86 + 0,12 = 0,98 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання операції

$$T_д = t_y + \sum t_{дi}$$

$t_y$  – допоміжний час на установлення, кріплення і зняття деталі, при закріпленні у 3-кулачковому патроні  $t_y = 0,26$  хв.

Тоді

$$T_д = 0,26 + 0,05 + 0,65 = 0,96 \text{ хв}$$

Операційний час

$$T_{оп} = T_0 + T_д = 0,98 + 0,96 = 1,94 \text{ хв}$$

Штучний час становить

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{об} + T_{пп}$$

Час на обслуговування робочого місця  $T_{об} = 2\% T_{оп}$  і час на відпочинок і природні потреби  $T_{пп} = 4\% T_{оп}$ .

$$T_{шт} = 1,94 + (0,02 + 0,04) \cdot 1,94 = 2,06 \text{ хв}$$

Підготовчо-завершальний час

$$T_{пз} = T_{пз1} + T_{пз2}$$

Час на одержання і здачу документів, пристроїв та інструментів  $T_{пз1} = 10$  хв, час на налагодження оброблення в патроні  $T_{пз2} = 8$  хв.

$$T_{пз} = 10 + 8 = 18 \text{ хв}$$

Калькуляційний час на виконання операції під час виготовлення однієї деталі

$$T_k = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n} = 2,06 + \frac{18}{200} = 2,15 \text{ хв}$$

Норма виробітку за годину становить

$$N = \frac{60}{T_k} = \frac{60}{2,15} = 27 \text{ деталей/год}$$

### 30. Токарна.

#### **Перехід 30.1. Точити торець в розмір 30.**

Глибина різання в даному випадку

$$t = 1,5 \text{ мм}$$

Вибираємо подачу. Для різців перетином стержня 16x25 при обробленні заготовки з сірого чавуну діаметром більше 100 мм при глибині різання до 3 мм рекомендуються подачі 1,0-1,5 мм/об.

Приймаємо  $s = 1,0$  мм/об.

Вибираємо залежність для визначення швидкості різання

$$V = \frac{C_v}{T^{m_t} s^{x_s}} = \frac{143}{T^{0,2} t^{0,15} s^{0,4}}$$

Приймаємо стійкість свердла  $T = 60$  хв.

Тоді маємо

$$V = \frac{143}{60^{0,2} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 1,0^{0,4}} = 59,43 \text{ м/хв.}$$

Необхідна частота обертання шпинделя

$$n = \frac{1000V}{\pi d_s} = \frac{1000 \cdot 59,43}{3,14 \cdot 115} = 165 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо  $n_b = 160$  об/хв.

Тоді дійсна швидкість різання буде дорівнювати

$$V_d = \frac{\pi d_s n_b}{1000} = \frac{3,14 \cdot 115 \cdot 160}{1000} = 57,78 \text{ м/хв.}$$

Основний час на виконання переходу

$$t_{01} = \frac{L}{S \cdot n_b}$$

$$L = l + l_1 + l_2 + l_3$$

$l$  – довжина оброблення безпосередньо на деталі,  $l = 57,5$  мм;

$l_1$  – добавка довжини на підвід інструменту до початку різання з механічною подачею,  $l_1 = 2$  мм;

$l_2$  – величина врізання інструменту,  $l_2 = 2$  мм;

$l_3$  – величина перебігу різця,  $l_3 = 2$  мм.

$$L = 57,5 + 2 + 2 + 2 = 63,5 \text{ мм}$$

$$t_{01} = \frac{63,5}{1,0 \cdot 160} = 0,4 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_{д1} = t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_n$$

$t_1$  – допоміжний час, пов'язаний безпосередньо з переходом для поперечного обточування з установленням різця на розмір при автоматичній подачі,  $t_1 = 0,05$  хв;

$t_2$  – допоміжний час на заміну частоти обертів шпинделя або подачі, так як заміна не проводиться, то  $t_2 = 0$ ;

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

$$t_{д1} = 0,05 \text{ хв}$$

### **Перехід 30.2. Точити торець в розмір 20.**

Глибина різання в даному випадку

$$t = 1,5 \text{ мм}$$

Вибираємо подачу. Для різців перетином стержня 16x25 при обробленні заготовки з сірого чавуну діаметром більше 100 мм при глибині різання до 3 мм рекомендуються подачі 1,0-1,5 мм/об.

Приймаємо  $s = 1,0$  мм/об.

Вибираємо залежність для визначення швидкості різання

$$V = \frac{C_v}{T^{0,2} t^{0,15} s^{0,4}} = \frac{143}{T^{0,2} t^{0,15} s^{0,4}}$$

Приймаємо стійкість свердла  $T = 60$  хв.

Тоді маємо

$$V = \frac{143}{60^{0,2} \cdot 1,5^{0,15} \cdot 1,0^{0,4}} = 59,43 \text{ м/хв.}$$

Необхідна частота обертання шпинделя

$$n = \frac{1000V}{\pi d_s} = \frac{1000 \cdot 59,43}{3,14 \cdot 154} = 123 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо  $n_b = 125$  об/хв.

Тоді дійсна швидкість різання буде дорівнювати

$$V_d = \frac{\pi d_s n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 154 \cdot 125}{1000} = 60,4 \text{ м/хв.}$$

Основний час на виконання переходу

$$t_{02} = \frac{L}{S \cdot n_B}$$

$$L = l + l_1 + l_2 + l_3$$

$l$  – довжина оброблення безпосередньо на деталі,  $l = 19,5$  мм;

$l_1$  – добавка довжини на підвід інструменту до початку різання з механічною подачею,  $l_1 = 2$  мм;

$l_2$  – величина врізання інструменту,  $l_2 = 2$  мм;

$l_3$  – величина перебігу різця,  $l_3 = 0$ .

$$L = 19,5 + 2 + 2 = 23,5 \text{ мм}$$

$$t_{02} = \frac{23,5}{1,0 \cdot 125} = 0,2 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_{d2} = 0,05 + 0,05 = 0,1 \text{ хв}$$

### **Перехід 30.3. Точити поверхню $\varnothing 110h11$ начорно.**

Глибина різання в даному випадку

$$t = 4,207 \text{ мм}$$

Вибираємо подачу. Для різців перетином стержня 16x25 при обробленні заготовки з чавуну сірого діаметром більше 100 мм при глибині різання до 5 мм рекомендуються подачі 0,8-1,3 мм/об.

Приймаємо  $s = 1,0$  мм/об.

Вибираємо залежність для визначення швидкості різання

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} = \frac{143}{T^{0,2} t^{0,15} S^{0,4}}$$

Приймаємо стійкість свердла  $T = 60$  хв.

Тоді маємо

$$V = \frac{143}{60^{0,2} \cdot 4,207^{0,15} \cdot 1,0^{0,4}} = 50,8 \text{ м/хв.}$$

Необхідна частота обертання шпинделя

$$n = \frac{1000V}{\pi d_s} = \frac{1000 \cdot 50,8}{3,14 \cdot 115} = 141 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо  $n_B = 160$  об/хв.

Тоді дійсна швидкість різання буде дорівнювати

$$V_d = \frac{\pi d_s n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 115 \cdot 160}{1000} = 57,8 \text{ м/хв.}$$

Основний час на виконання переходу

$$t_{03} = \frac{L}{S \cdot n_B}$$

$$L = l + l_1 + l_2 + l_3$$

$l$  – довжина оброблення безпосередньо на деталі,  $l = 20$  мм;

$l_1$  – добавка довжини на підвід інструменту до початку різання з механічною подачею,  $l_1 = 2$  мм;

$l_2 = 0$ ;  $l_3 = 0$ .

$$L = 20 + 2 = 22 \text{ мм}$$

$$t_{03} = \frac{22}{1,0 \cdot 160} = 0,14 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_{дз} = 0,05 + 0,05 + 0,6 = 0,7 \text{ хв}$$

#### **Перехід 30.4. Точити поверхню $\varnothing 110h11$ начисто.**

Глибина різання в даному випадку

$$t = 0,4 \text{ мм}$$

Вибираємо подачу. Рекомендуються подачі 0,2-0,27 мм/об.

Приймаємо  $s = 0,25$  мм/об.

Вибираємо залежність для визначення швидкості різання

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} = \frac{192}{T^{0,2} t^{0,15} S^{0,2}}$$

Приймаємо стійкість свердла  $T = 60$  хв.

Тоді маємо

$$V = \frac{192}{60^{0,2} \cdot 0,4^{0,15} \cdot 0,25^{0,2}} = 129 \text{ м/хв.}$$

Необхідна частота обертання шпинделя

$$n = \frac{1000V}{\pi d_s} = \frac{1000 \cdot 129}{3,14 \cdot 110,8} = 370,8 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо  $n_B = 400$  об/хв.

Тоді дійсна швидкість різання буде дорівнювати

$$V_d = \frac{\pi d_s n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 110,8 \cdot 400}{1000} = 139,2 \text{ м/хв.}$$

Основний час на виконання переходу

$$t_{04} = \frac{L}{S \cdot n_B}$$

$$L = l + l_1 + l_2 + l_3$$

$l$  – довжина оброблення безпосередньо на деталі,  $l = 20$  мм;

$l_1$  – добавка довжини на підвід інструменту до початку різання з механічною подачею,  $l_1 = 2$  мм;

$l_2 = 0$ ;  $l_3 = 0$ .

$$L = 20 + 2 = 22 \text{ мм}$$

$$t_{04} = \frac{22}{0,25 \cdot 400} = 0,22 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_{д4} = 0,05 + 0,1 = 0,15 \text{ хв}$$

### **Перехід 30.5. Точити фаску 1,6x45.**

При знятті фаски до 2 мм на поверхні діаметром більше 100 мм оперативний час на зняття фаски  $T_{оп5} = 0,2$  хв.

Основний час на виконання операції під час виготовлення однієї деталі

$$T_0 = \sum t_{0i} = 0,4 + 0,2 + 0,14 + 0,22 = 0,96 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання операції

$$T_d = t_y + \sum t_{дi}$$

$t_y$  – допоміжний час на установлення, кріплення і зняття деталі, при закріпленні у патроні  $t_y = 0,26$  хв.

Тоді

$$T_d = 0,26 + 0,05 + 0,1 + 0,7 + 0,15 = 1,26 \text{ хв}$$

Операційний час

$$T_{\text{оп}} = T_0 + T_d + T_{\text{оп}} = 0,96 + 1,26 + 0,2 = 2,42 \text{ хв}$$

Штучний час становить

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

Час на обслуговування робочого місця  $T_{\text{об}} = 2\% T_{\text{оп}}$  і час на відпочинок і природні потреби  $T_{\text{пп}} = 4\% T_{\text{оп}}$ .

$$T_{\text{шт}} = 2,42 + (0,02 + 0,04) \cdot 2,42 = 2,57 \text{ хв}$$

Підготовчо-завершальний час

$$T_{\text{пз}} = T_{\text{пз1}} + T_{\text{пз2}}$$

Час на одержання і здачу документів, пристроїв та інструментів  $T_{\text{пз1}} = 10$  хв, час на налагодження оброблення в оправці  $T_{\text{пз2}} = 8$  хв.

$$T_{\text{пз}} = 10 + 8 = 18 \text{ хв}$$

Калькуляційний час на виконання операції під час виготовлення однієї деталі

$$T_k = T_{\text{шт}} + \frac{T_{\text{пз}}}{n} = 2,57 + \frac{18}{200} = 2,66 \text{ хв}$$

Норма виробітку за годину становить

$$N = \frac{60}{T_k} = \frac{60}{2,66} = 22 \text{ деталі/год}$$

#### 40. Свердлильна.

##### *Перехід 40.1. Свердлити 6 отворів $\varnothing 11$ .*

Припуск на оброблення під час свердління становить половину діаметра свердла  $d_{\text{св}}$ , тобто

$$t = \frac{d_{\text{св}}}{2} = \frac{11}{2} = 5,5 \text{ мм}$$

Вибираємо подачу. Для чавуну при свердленні отворів  $\varnothing 11$  рекомендуються подачі 0,2-0,25 мм/об.

Приймаємо згідно паспортних даних  $s = 0,2$  мм/об.

Для визначення швидкості різання вибираємо залежність

$$V = \frac{8d_{\text{св}}^{0,4}}{T^{0,2}S^{0,7}}$$

Беремо стійкість свердла  $T = 30$  хв.

Тоді

$$V = \frac{8 \cdot 11^{0,4}}{30^{0,2} \cdot 0,2^{0,7}} = 33,13 \text{ м/хв.}$$

Необхідна частота обертання шпинделя

$$n = \frac{1000V}{\pi d_{\text{св}}} = \frac{1000 \cdot 33,13}{3,14 \cdot 11} = 959 \text{ об/хв.}$$

Приймаємо  $n_B = 1000$  об/хв.

Тоді дійсна швидкість різання буде дорівнювати

$$V_d = \frac{\pi d_{\text{св}} n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 11 \cdot 1000}{1000} = 34,54 \text{ м/хв.}$$

Основний час на виконання переходу

$$t_{01} = \frac{L}{S \cdot n_B}$$

$$L = l + l_1 + l_2 + l_3$$

$l$  – глибина свердлення,  $l = 10$  мм;

$l_1$  – величина на підведення свердла,  $l_1 = 2$  мм;

$l_2 + l_3$  – додаток на врізання і перебіг свердла,  $l_2 + l_3 = 7$  мм.

$$L = 10 + 2 + 7 = 19 \text{ мм}$$

$$t_0 = \frac{19}{0,2 \cdot 1000} = 0,1 \text{ хв}$$

Допоміжний час на перехід  $t_{\Delta} = 0,06$  хв.

Основний час на виконання операції під час виготовлення однієї деталі

$$T_0 = 6 \cdot t_0 = 6 \cdot 0,1 = 0,6 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання операції

$$T_d = t_y + 5t_{y1} + 6t_{\Delta}$$

$t_y$  – допоміжний час на установлення, кріплення і зняття деталі,  $t_y = 0,28$  хв.

$t_{y1}$  – допоміжний час на переустановлення деталі в кондукторі, приймаємо  $t_{y1} = 0,1$  хв.

Тоді

$$T_D = 0,31 + 5 \cdot 0,1 + 6 \cdot 0,06 = 1,17 \text{ хв}$$

Операційний час

$$T_{оп} = T_0 + T_D = 0,6 + 1,17 = 1,77 \text{ хв}$$

Штучний час становить

$$T_{шт} = T_{оп} + T_{об} + T_{пп}$$

Час на обслуговування робочого місця  $T_{об} = 1,5\% T_{оп}$  і час на відпочинок і природні потреби  $T_{пп} = 6\% T_{оп}$ .

$$T_{шт} = 1,77 + (0,015 + 0,06) \cdot 1,77 = 1,9 \text{ хв}$$

Підготовчо-завершальний час

$$T_{пз} = T_{пз1} + T_{пз2}$$

Час на одержання і здачу документів, пристроїв та інструментів  $T_{пз1} = 10$  хв, час на налагодження установки деталі у пристрої вручну  $T_{пз2} = 5$  хв.

$$T_{пз} = 10 + 5 = 15 \text{ хв}$$

Калькуляційний час на виконання операції під час виготовлення однієї деталі

$$T_K = T_{шт} + \frac{T_{пз}}{n} = 1,9 + \frac{15}{200} = 1,975 \text{ хв}$$

Норма виробітку за годину становить

$$N = \frac{60}{T_K} = \frac{60}{1,975} = 30 \text{ деталей/год}$$

## 8. Вимоги щодо монтажу і технічного сервісу.

### Монтаж модернізованої утфелемішалки-кристалізатора Ш1-ПКВ.

Майданчик, де встановлюється кристалізатор, повинен забезпечувати безпеку монтажу та обслуговування. Кристалізатор площею поверхні теплообміну 406 м<sup>2</sup> на заводі-виготовлювачі збирається укрупненими блоками (корпус, система охолоджуючих трубок, кришка), які проходять контрольну зборку.

Роботи по дозбиранню на збиральному майданчику або на місці монтажу проводяться згідно “Правилам будови та безпечної експлуатації ємкостей ,що працюють під тиском”, по технології заводу-виробника та під технічним наглядом представника технічного відділу контролю заводу-виробника.

В якості монтажних вісей приймається лінія, що проходить через центр трубної решітки та фронт апарату, та лінія перпендикулярна їй, що проходить через центр апарату. По цим вісям приварюються опорні лапи до на висоті, визначеній проектом установки апарата.

Після приварки опорних лап виставляється на підготовленій площі кришка. При цьому повинна бути витримана однакова мінімальна відстань корпуса апарата від усіх опорних балок. За допомогою рівня та віджимних болтів кришка виставляється вертикально. На парову камеру встановлюють збірник води. Після зварювання проводять контроль зварних швів.

Установлюють труби і приварюють, якість перевіряють зовнішнім оглядом.

Після зовнішнього огляду проводять гідравлічне випробування з'єднань. Тиск при випробуванні підіймають до 0,64 МПа і витримують його 10 хв. Якщо виявлено протікання – труби заварюють.

Потім на апарат монтують контрольні-вимірні прилади та арматуру.

Апарат підлягає технічному освідченню, після чого на апарат наносять термоізоляцію.

### **Ремонт модернізованої утфелемішалки-кристалізатора Ш1-ПКВ.**

Ремонт починають після огляду і виявлення сильно зношених поверхонь. Відновлення виконується наварюванням листів металу.

Після ручного доочищення поверхні охолодження перевіряють стан трубок та необхідність їх заміни. Ремонтують пази, зорові скельця з заміною прокладок та прогонкою різьбових з'єднань. Проводиться гідропроба апарата.

### **Технічний сервіс апарата**

Експлуатація випарного апарата повинна проводитись відповідно “Інструкції по веденню технологічного процесу цукробурякового виробництва”. Щорічно проводиться внутрішній огляд апарата заводською комісією під керівництвом головного інженера заводу з участю головного механіка та начальника цеха. При огляді перевіряють внутрішні поверхні з метою виявлення дефектів, особливо в зонах підводу води та утфелю.

Один раз за 8 років проводять внутрішній огляд випарного апарата та гідровипробування пробним тиском в присутності інспектора Держтехнагляду.

## 9.Опис системи управління.

### 9.1.Опис роботи утфелемішалки-кристалізатора, її аналіз як об'єкта автоматизації

Керування процесом кристалізації здійснюється шляхом впливу на подачу холодної води в контури охолодження. Поточне значення її витрати встановлюють з відповідністю до умов теплообміну, які характеризуюються температурою утфелю в певних зонах апарату.

Параметри процесу кристалізації охолодженням повинні бути оптимізовані. Визначальними параметрами для швидкості викристалізовування сахарози з міжкристального розчину є перенасичення і температура міжкристального розчину. Проте маса сахарози, що викристалізувалася за одиницю часу, є результатом множення площі поверхні кристалів на швидкість їх росту. Площа поверхні кристалів визначається вмістом кристалів в розчині і їх розміром.

*В системі автоматичного управління кристалізатором процес в автоматичному режимі здійснюється слідуючим чином.* Натискають кнопку "Пуск" відкривають засувку 7, яка забезпечує подачу утфелю в апарат. Утфель поступає в апарат, одночасно вмикається привод розподіювача утфелю 4 та подача холодної води 1а та 2а. Вмикається електродвигун і загорається на щиті сигнальна лампа HL2. Через 20 секунд з мікропроцесора прийде сигнал на вмикання гідроциліндрів.

При цьому знімаються покази температури відповідно утфелю та поступаючої холодної води і у відповідності з ними здійснюється моделювання процесу в МПК.Також вимірюється температура води, яка охолоджувала утфель.Вона використовується як уточнюючий параметр для коригування керуючої програми.Стан проходження процесу кристалізації визначають також за допомогою термометрів 4а та 5а.

Рівень утфелю контролюється за допомогою рівнемірів 8, 12, 14

## 9.2.Завдання на розроблення системи автоматизації.

Елемент ШІ-ПКВ	Параметр і місце відбору	Допустиме значення параметра	Вид автоматизації	Характер контролю або керування	Додаткові вимоги
Подача утфелю	Керування приводом		Регулювання	Стабілізація	Зміна швидкості або зупинка
	Температура утфелю	(80-60)±5%	Контроль	Покази	
Розподільувач утфелю	Керування приводом		Регулювання	Стабілізація	
Подача холодної води в нерухомий контур	Температура		Контроль	Покази	
	Керування приводом	360°	Регулювання	Стабілізація	
Подача холодної води в рухомий контур	Температура		Контроль	Покази	
	Керування приводом	360°	Регулювання	Стабілізація	
Механізм вертикального переміщення	Керування приводом	1000 мм	Регулювання	Стабілізація	(±100)мм
Контроль рівня	по місцю		Контроль	Покази	
Контроль температури	по місцю		Контроль	Покази	

### 9.3. Специфікація на прилади і засоби автоматизації

Номер позиції	Параметр середовища	Найбільше значення	Місце установки	Найменування і характеристика	Тип приладу	Кількість	Завод-виготовлювач
1	2	3	4	5	6	7	8
1а,3а, 5а,6а, 8а, 10а,11а	Температура		Ємності, трубопроводу	Термоперетворювач опору мідний Гр. 50М	ТСМ-0183	8	Приладобудівельний з-д Луцьк
14а,15а	Положення		За місцем	Гідропривод		6	Приладобудівельний з-д Луцьк
1б, 6б	Тиск		На щиті	Електропневмоперетворювач	ЗП-3211-ЦП6	3	Приладобудівельний з-д Луцьк
1а, 6а	Тиск		За місцем	Клапан	25с50нж	3	Приладобудівельний з-д Луцьк
4а,7а,9а	Рівень		За місцем	Датчик рівня	Метран-44-Ех-ДД модель 4420	3	Приладобудівельний з-д Луцьк

## 10. Охорона праці

В основу державної політики покладено принцип створення здорових та нешкідливих умов праці шляхом ліквідації тяжкої фізичної праці, впровадження нової техніки. Охорона праці в нашій країні регулюється на основі закону «Про охорону праці», «Кодексу законів про працю України», «Правил охорони праці в цукровому виробництві», закон «Про пожежну безпеку», а також іншими нормативноправовими актами і інструкціями.

### Організація охорони праці на виробництві

У відповідності з діючим законодавством України, на адміністрацію підприємств та організацій покладається проведення інструктажів працівників та службовців по техніці безпеки. Інструктаж працюючих на небезпечних ділянках проводять незалежно від їх кваліфікації та стану роботи, по наступних основних видах:

- ввідний інструктаж
- інструктажі на робочому місці
- цільовий інструктаж
- повторний інструктаж
- позачерговий інструктаж

Ввідний інструктаж по техніці безпеки з усіма влаштованими на підприємство працівниками, проводить інженер по охороні праці.

Перед допуском до самостійної роботи з кожним новоприбулим командированим, що виконує нову роботу, безпосередньо на робочому місці проводять первинний інструктаж. Проводиться майстром з кожним працівником окремо по кожному виду робіт.

Повторний інструктаж проводить майстер на робочому місці з встановленою для даного виду робіт періодичністю.

Позаплановий інструктаж проводиться майстром індивідуально. Він проводиться при зміні правил охорони праці, технологічного процесу, порушеннях працівниками техніки безпеки.

Цільові інструктаж проводиться з працівниками перед виконанням робіт, на які оформлюється наряд-допуск, в якому фіксується інструктаж.

### **Фінансування**

Щорічно витрати на охорону праці складаються з витрат на впровадження заходів, направлених на покращення умов і підвищення його безпечності, пільги і компенсації.

В зв'язку з несприятливими умовами праці, відшкодування наслідків несприятливого впливу умов праці на працюючих.

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

Номенклатурні заходи, передбачені договорами по охороні праці

Придбання спецодягу, взуття і інших засобів захисту і запобіжних пристроїв

Всі заходи по охороні праці фінансуються з фонду охорони праці підприємств, який складає 0.5% від прибутку підприємств.

### **Шкідливі речовини, методи боротьби.**

Продуктове відділення цукрового заводу характеризується підвищеним виділенням цукрового пилу. Він утворюється тертям кристалів в обладнанні при транспортуванні. Особливо багато його утворюється в сушильному барабані, а тому технологічна схема передбачає уловлення утвореного пилу.

Безпека гарантується постійним невеликим розрідженням, яке виключає запылення або більш великим вакуумом. Пил уловлюється в циклонах, мішкових, вовняних, смоляних фільтрах або мокрих пиловловлювачах. Розчинники вловлюються в конденсаторах і адсорберах.

## **Техніка безпеки при обслуговуванні обладнання**

Обслуговування та експлуатація обладнання для кристалізації утфеля пов'язана з наступними небезпечними чинниками: небезпека ураження електричним струмом, небезпека травмування частинами апарату, що обертаються, вибухо- та пожежонебезпекою.

При роботі в продуктовому відділенні необхідно:

- здійснювати постійний контроль за виконанням заданих технологічних параметрів по приладах, встановлених на шафах і щитах оператора;
- зупиняти апарат при виявленні в його механізмах різких стукотів, сильних вібрацій і перевантажень;
- дотримувати в постійній чистоті підлоги майданчиків обслуговування і ступеня драбин.

## **Посудини, що працюють під надлишковим тиском**

На цукрових заводах широко використовуються посудини та апарати, що працюють під тиском. Вони належать до обладнання з підвищеною небезпекою, тому при їх конструюванні, виготовленні та експлуатації важливо знати та виконувати правила безпеки.

Проектування, виготовлення, монтаж, налагодження, експлуатація та ремонт цього обладнання регламентується правилами "Правила будови і безпечної експлуатації парових і водогрійних котлів" та "Правилами будови та безпечної експлуатації посудин під тиском".

Для своєчасного виявлення можливих дефектів обладнання, що працює під тиском, воно підлягає технічному опосвідченню перед запуском, періодично в процесі експлуатації і в необхідних випадках - позачергово.

## **Вентиляція**

У продуктовому відділені передбачено витяжку вентиляцію з механічним збудженням. Повітря перед викидом в атмосферу проходить очистку у мокрому циклоні. Вентиляційне обладнання, що розміщується у вибухонебезпечному приміщенні, виконується в вибухозахисному виконанні. Для концепції повітря, що видаляється системою з приміщення, передбачено влаштування припливної камери. Регулювання подачі повітря здійснюється за допомогою решіток.

## **Побутові приміщення**

Побутові приміщення повинні відповідати вимогам СН 245-84, СНиП 2.09.04-87. Технологічний процес в продуктовому відділені обслуговує два працівника, а тому побутове і санітарне обслуговування для них передбачене в приміщеннях головного корпусу, які розташовані поряд з робочими місцями.

## **Заходи боротьби з шумом і вібрацією**

Систематична дія виробничих шумів і вібрації на працюючих призводить до зниження продуктивності їх праці, різним важким захворюванням. У зв'язку з цим особлива увага надається боротьбі з шумом і вібрацією.

Передбачений проектом кристалізатор не є джерелом підвищеного шуму та вібрації. Але деякі частини обладнання є джерелом шуму і вібрації. Це насоси і вентилятори. Всі вентилятори розміщені в середині приміщення. Зменшення шуму досягається встановлення їх на віброоснові, а також відгородження вентиляторів стінами від основного приміщення

## **Освітлення**

Для забезпечення освітленості передбачається природне і штучне освітлення. Освітлення відповідає вимогам СН і ПІ-4-79 і ДСТУ 18.384-81. В денний час максимально повинне використовуватися денне світло, що поступає в приміщення через вікна а у разі потреби - через засклені ліхтарі і кривлі . Робочі місця, які в денний час з технічних причин не можуть бути забезпеченні природним освітленням повинні освітлюватися електричним світлом. Для забезпечення освітленості в темний час доби використовують світильники з люмінесцентними лампами або лампами розжарювання.

При загальному освітленні (газорозрядні лампи) - 75 лк.

При загальному освітленні (лампи розжарювання) - 100 лк.

Передбачене джерело понижуючої напруги (24 В) для вмикання переносних світильників і ручного електроінструменту.

Перші використовуються для загального освітлення, другі - для місцевого і аварійного освітлення.

Мережі всіх видів освітлення роздільні і використовуються кабель марки АВВГ, що прокладаються по стінах на скобах.

## **Електробезпека, статична електрика, захист від блискавок**

Для обмеження можливості попадання обслуговуючого персоналу під безпеку для життя напругу, передбачається захисне занулення.

Занулення електрообладнання повинно виконувати згідно вимог ПУЕ.

Занулення електрообладнання (електродвигунів, постів управління) у вибухозахисному приміщенні продуктового відділення необхідно виконувати тільки приєднання спеціальної нульової захисної жили кабелів до заземленого електрообладнання. Нульова жила кабелю приєднується до глухо заземленої нейтралі опори.

Для захисту від електромагнітної індукції між трубопроводами та іншими металевими предметами в місцях їх взаємного зближення на відстані

10 см і менше, через кожні 20 см слід приварити перемички із сталевого дроту Ø6мм. Використовують два види захисту від ураження

Існує два види захисту від ураження електричним струмом:

колективні;

індивідуальні;

До колективних засобів захисту відноситься ізоляція усіх струмоведучих частин обладнання, а також встановлення огороження для двигунів.

До індивідуальних засобів захисту відносяться: ізолюючі рукавиці, резинові чоботи, спецодяг, також мають бути ізольовані усі інструменти, якими ремонтуються струмоведучі частини.

## Висновки

При виконанні кваліфікаційної роботи нами запропоновано на вертикальну існуючу ємність кристалізатора Ш1-ПКВ встановити нову завантажуючу кришку. На відміну від кристалізатора ВМА, в якому уся охолоджуюча система коливається на 1м по вертикалі, в модернізованому кристалізаторі Ш1-ПКВ середній контур виконано рухомим, а два інших — нерухомими. Система подачі охолоджуючої води, таким чином, буде подаватись окремо в рухомий і нерухомий контур, що забезпечить легке керування процесом. Ємність для води рухомого контура буде легше, тому в якості приводу використаємо чотири, а не шість гідравлічних циліндрів, розташованих на кришці кристалізатора. Також, як і в кристалізаторі ВМА розташовуємо вгорі розподільник, що поволі обертається і рівномірно розподіляє утфель, що поступає, по всьому поперечному перетину апарату. На стороні утфеля у всьому апараті немає ні підшипників кочення або ковзання, ні сальникових ущільнень.

Крім того, в запропонованій конструкції застосовані стандартні вироби та уніфіковані складальні одиниці і деталі за ДСТУ. Покупні вироби, що застосовуються при виготовленні нового апарату випускаються машинобудівними заводами України.

Проект по модернізації утфелемішалки-кристалізатора Ш1-ПКВ показав, що при втіленні його в життя покращується процес кристалоутворення, якість кристалів. технічний рівень апарату відповідає сучасним закордонним зразкам.

Впровадження модернізації дозволить значно підвищити технічний рівень продуктового відділення цукрових заводів, покращити якість кінцевої продукції, збільшити поверхню теплообміну, що також збільшить продуктивність апарату до 12 т/год з одночасним зменшенням споживаної потужності. Це дасть можливість зменшити витрати теплової і електричної енергії на виробництво цукру і знизити собівартість продукції.

### Список використаних літературних джерел

1. Мирончук В.Г. Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості : підручник / В.Г. Мирончук. – Вінниця: Нова книга, 2007.– 648 с.
2. Гулий І.С. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості / Гулий І.С. – Вінниця: Нова книга, 2001. – 575 с.
3. Мирончук В.Г. Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості; навчальний посібник / Мирончук В.Г., Орлов Л.О., Українець А.І. та ін. – Вінниця: Нова книга, 2004.– 288 с.
4. Дацишин О.В. Машина та обладнання переробних виробництв / Дацишин О.В., Ткачук А.І., Чубов Д.С. – К.: Вищ. освіта, 2005.– 159 с.
5. Закалов О.В. Дипломне проектування технологічного обладнання переробних і харчових виробництв: навчальний посібник / Закалов О.В., Ворощук В.Я. – Видавництво ТНТУ ім. І. Пулюя, 2011.- 344с.
6. Закалов О.В. Технологічне обладнання харчових виробництв / Закалов О.В., Закалов І.О. – Тернопіль : Видавництво ТДТУ, 2000 .– 406 с.
7. Павлице, В. Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин [Текст] / В. Т. Павлице. — К. : Вища школа, 1993. — 556 с.
8. Ковальчук І.В. Реальна економіка: навчальний посібник з економіки підприємства. – К:ВІПОЛ, 2004-393с.
- 9 Кодра Ю.В., Стоцько З.А. Технологічні машини. Розрахунок і конструювання:// Навч. Посібник - Львів: Видавництво “Бескід Біт”, 2004-466с.
10. Кулінченко В.Р. Гідравліка та гідравлічні машини:// Навч.посібник - К: ІЗМН, 1998- 192с.
11. Купчик М.П., Гандзюк М.П. Основи охорони праці.-К:Основа,2000-416с.

12. Домарецький В. А., Остапчук М. В., Українець А. І. “Технологія харчових продуктів”. Підручник/За ред. ди-ра техн.. наук., проф.. А. І. Українця. – К.: НУХТ, 2003-572 с.;
13. НПАОП 0.00-4.21-04. «Типове положення про службу охорони праці»
14. ДСТУ 2293-99 «Охорона праці. Терміни та визначення основних понять»