

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ШОСТКИНСЬКИЙ ІНСТИТУТ

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра: Хімічної технології високомолекулярних сполук

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВР**  
зі спеціальності 6.133: Галузеве машинобудування

Тема роботи: Виробництво крему для взуття. Змішувач крему потужністю 400 т/рік.

Виконав студент

Зеленський В.П.

Залікова книжка:

№ \_\_\_\_\_

Захищений з оцінкою:

\_\_\_\_\_

Керівник проекту

Закусило Р.В.

III Сум ДУ 2022

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ШОСТКИНСЬКИЙ ІНСТИТУТ**  
**СУМСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО УНІВЕРСИТЕТУ**

Спеціальність: Галузеве машинобудування

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**

Зав. Кафедрою

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВР**

Студенту: Зеленський В.П.

група ХМзт-81ш курс IV

1. **Тема курсової роботи:** «Виробництво крему для взуття. Змішувач крему потужністю 400 т/рік»

2. **Вихідні дані:** Початкова температура 80 °С компонентів, щільність розчину  $\rho_1 = 1350 \text{ кг/м}^3$ ; теплоємність  $c_1 = 1,96 \text{ кДж/кг}\cdot\text{К}$ ; об'єм апарата  $3,2 \text{ м}^3$

3. Перелік обов'язкового графічного матеріалу (листи А1)

3.1 Загальний вигляд А1;

3.2 Технологічна схема А1;

3.3 Складальні креслення 1,5хА1.

4. Література та матеріали, які рекомендуються: Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств: Примеры и задачи: Учеб. пособие для студентов / М.Ф. Михайлев, Н.П. Третьяков, А.И. Мильченко, В.В. Зобнин; Под общ. ред. М.Ф. Михайлева. Л.: Машиностроение, Ленингр. отдние, 1984. - 301 с., ил.

5. Контрольні терміни виконання: травень

Етап і розділи комплексного курсового проекту	Т И Ж Д Е Н Ь					
	1, 2	3, 4, 5,6	7, 8, 9	10, 11, 12, 13	14	15
1 Опис схеми, апарата	х х					
2 Технологічна частина		х х х х				
3 Розрахунки на міцність, герметичність та стійкість			х х х			
4 Розробка креслень				х х х х		
5 Оформлення записки					х	
6 Захист проекту						х

6. Дата видачі завдання Березень 2022 р

7. Термін захисту курсової роботи Червень 2022р.

Керівник комплексної курсової роботи Закусило Р.В.

## Реферат

Пояснювальна записка: 65 с, 3 рисунки, 1 таблиці, 14 літературних джерел.  
Графічні матеріали: складальне креслення апарату, технологічна схема, креслення складальних одиниць всього 3,5 листа формату А1.

Тема: Виробництво крему для взуття. Змішувач крему потужністю 400 т/рік.

Описані теоретичні основи процесу, описана конструкція реактора з перемішуючим пристроєм та вибір матеріалу з якого вона виготовлена. Приведений опис технологічної схеми установки з описом самого апарату та принцип його роботи. Зроблені технологічні розрахунки.

Виконані розрахунки на міцність такі як розрахунок стінки корпусу апарату та розрахунок міцності якірного перемішуючого пристрою, розрахунок вала перемішуючого пристрою. Розрахунок та вибір стандартної опори.

Зроблені конструктивні розрахунки товщин стінок апарату, розрахунки які підтверджують надійність апарату.

Описаний монтаж і ремонт апарату та охорона праці.

Ключові слова: АПАРАТ, КОРПУС, РЕАКТОР, КРЕМ.

## Зміст

Вступ.....	5
1 Технологічна частина .....	6
1.1 Опис технологічної схеми виробництва.....	6
1.2 Теоретичні основи процесу .....	8
1.3 Опис конструкції апарата та вибір конструкційних матеріалів.....	10
1.3.1 Опис конструкції апарата .....	10
1.3.2 Вибір конструкційних матеріалів .....	12
2 Технологічні розрахунки процесу і апарату .....	14
2.1 Матеріальний та тепловий баланси процесу.....	14
2.2 Технологічні та конструктивні розрахунки.....	16
2.3 Гідравлічний опір апарата .....	21
2.4 Вибір допоміжного обладнання.....	24
3 Розрахунок апарату на міцність та герметичність.....	28
3.1 Розрахунок навантажень в апараті .....	28
3.2 Розрахунок товщини стінки корпусу.....	33
3.3 Розрахунок товщини стінки днища .....	35
3.4 Розрахунок товщини еліптичного днища .....	37
3.5 Розрахунок і вибір опори .....	38
3.6 Розрахунок валу на вібростійкість .....	44
3.7 Розрахунок зміцнення отвору .....	46
3.8 Розрахунок якорного перемішуючого пристрою .....	48
4 Монтаж і ремонт апарату .....	51
4.1 Монтаж апарата .....	51
4.2 Проведення ремонтних робіт .....	53
5 Охорона праці .....	56
5.1 Аналіз потенційних небезпек під час роботи .....	56
5.2 Розрахунок занулення обладнання .....	59
Висновки .....	64
Література .....	65

					<b>6.133.22.06.00.00.00 ПЗ</b>			
<i>Зм.</i>	<i>Арку</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Зеленський</i>				<i>Виробництво крему для взуття. Змішувач крему потужністю 400 т/рік Пояснювальна записка</i>	<i>Літ</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перев.</i>	<i>Закусило</i>						4	
<i>Н. Контр.</i>					<i>ІІІ Сум ДУ гр. ХМЗт-81Ш</i>			
<i>Затверди</i>								

## Вступ

Проблеми виготовлення продуктів, застосовуваних населенням з метою гігієни, завжди вимагає великої уваги, оскільки неправильне і неякісне дотримання технологічних процесів, як із зберігання, і з його виготовлення може завдати шкоди здоров'ю людини.

Існує багато видів обладнання, на якому можна здійснити процес виготовлення крему, при цьому остаточний вибір типу обладнання здійснюється шляхом аналізу переваг та недоліків того чи іншого типу обладнання.

Вибір процесу приготування взуттєвого крему залежить від багатьох факторів і визначається економічною доцільністю, вартістю технологічного процесу і вимогами, що пред'являються до готового продукту. До основних вимог технологічного процесу є стерильність операцій, що виконуються.

Враховуючи насиченість ринку взуттєвим кремом, особливу увагу в проекті приділено якості взуттєвого крему, що забезпечується не тільки компонентами продукту, але вибором відповідного обладнання, що забезпечує герметичність процесу та виключення потрапляння сторонніх включень у готову продукцію.

Даний технологічний процес заснований на застосуванні типової номенклатури обладнання, що відповідає періодичному виготовленню взуттєвого крему з урахуванням вимог, що висуваються умовами виробництва.

У зв'язку з цим під прийняту технологію підібрано відповідне апаратне оформлення технологічного процесу, що забезпечує виконання виробничого завдання.

При виборі номенклатури обладнання, крім вимог до якості продукції, враховувалися критерії, що впливають на кількість обслуговуючого персоналу та забезпечення його умов праці.

Проведення заходів щодо апаратного оформлення технологічного процесу дозволило встановити сучасні засоби автоматизації та контролю за технологічним процесом, що забезпечило оперативне коригування технологічного процесу при виникненні будь-яких відхилень у ньому.

					6.133.22.06.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 Технологічна частина

## 1.1 Опис технологічної схеми виробництва

Сировину підвозять у цех машиною та розміщують у ємностях для сировини та стелажах.

За допомогою преса подрібнюють сировину та подають до реактора. Розміри шматків не повинні перевищувати 15 см. Скипидар підводять бензовозом і через запірний пристрій перекачують у ємність для зберігання (поз 1.), звідки він насосом (поз 2) подається до мірника (поз 3).

### Приготування нігрозину стеарину.

У реактор (поз 6) завантажують вручну рецептурну кількість стеарину і нагрівають до 80-90°C, потім доводять температуру до (120-125)°C і витримують при цій температурі до отримання однорідної маси при постійному перемішуванні після чого вводять в реактор нігрозин.

### Приготування крему

Для приготування крему в реактор (поз. 4) вручну завантажують відповідно до рецептури буровугільний віск, і отриману сировину нагрівають до температури (80-90)°C до повного розчинення. В отриману масу потім реактора (поз. 6) додають попередньо підготовлений стеарат нігрозину. Маса ретельно перемішується для отримання однорідної пофарбованої воскової основи. Куди потім не знижуючи температури вводять попередньо роздроблений парафін та церезин.

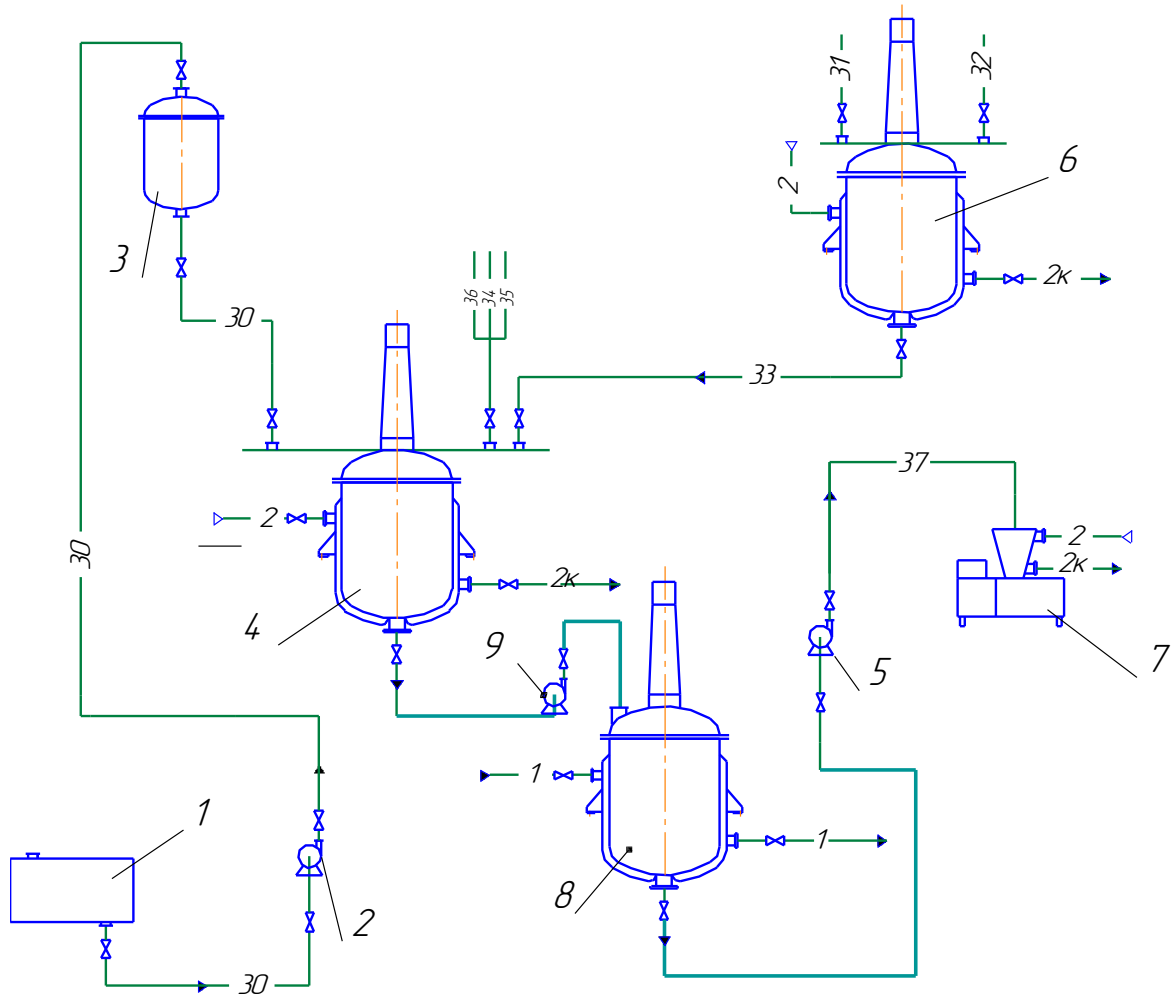
Після отримання однорідної маси поступово при вимкненому обігріві (а при необхідності охолодженні) і при перемішуванні з мірника (поз. 3) подають скипидар. Температура суміші має бути (40-50) °C.

Після повного перемішування готовий взуттєвий крем насосами перекачують у проміжну ємність, в якій температура підтримується на рівні 40-50°C.

					6.133.22.06.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

## Розлив крему в банки

Крем у реактор ( поз. 4) насосом (поз. 5) подають у бак напівавтомата розливу крему (поз. 8), який обігрівается паром.



- |   |  |
|---|--|
| <p>1 ————— Гріюча рідина</p> <p>————— 2 ————— Пар</p> <p>————— 2к ————— Конденсат</p> <p>————— 30 ————— Скипидар</p> <p>————— 31 ————— Стеарин</p> <p>————— 32 ————— Нігрозин</p> | <p>————— 33 ————— Стеарат нігрозина</p> <p>————— 34 ————— Віск</p> <p>————— 35 ————— Парафин</p> <p>————— 36 ————— Церезин</p> <p>————— 37 ————— Крем для взуття</p> |
|---|--|

Рисунок 1 - Технологічна схема приготування крему

1 – ємність скипидару, 2,5,9 – насоси, 3 – мірник скипидару, 4 – реактор приготування крему, 6 - реактор приготування нігрозину стеарату, 7 – напівавтомат дозування, 8 – проміжна ємність

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

6.133.22.06.00.00.00 ПЗ

Арк.

7

## 1.2 Теоретичні основи процесу [3]

Проблеми виготовлення продуктів, застосовуваних населенням з метою гігієни, завжди вимагає великої уваги, оскільки неправильне і неякісне дотримання технологічних процесів, як із зберігання, і з його виготовлення може завдати шкоди здоров'ю людини.

Зі всього технологічного ланцюга з виготовлення продукції, основну увагу слід віднести до технологічного процесу виготовлення взуттєвого крему, як основного продукту в комплексі упаковка - крем - товарний вигляд.

Існує багато видів обладнання, на якому можна здійснити процес виготовлення крему, при цьому остаточний вибір типу обладнання здійснюється шляхом аналізу переваг та недоліків того чи іншого типу обладнання.

Вибір процесу приготування взуттєвого крему залежить від багатьох факторів і визначається економічною доцільністю, вартістю технологічного процесу та вимогами до готового продукту. До основних вимог технологічного процесу є стерильність виконуваних операцій.

Враховуючи насиченість ринку взуттєвого крему, особливу увагу у проекті приділено якості крему, що забезпечується не тільки компонентами продукту, але вибором відповідного обладнання, що забезпечує герметичність процесу та виключення потрапляння сторонніх включень у готову продукцію.

Даний технологічний процес заснований на застосуванні типової номенклатури обладнання, що відповідає періодичному виготовленню крему з урахуванням вимог, що висуваються умовами виробництва.

У зв'язку з цим під прийняту технологію підібрано відповідне апаратне оформлення технологічного процесу, що забезпечує виконання виробничого завдання.

При виборі номенклатури обладнання, крім вимог до якості продукції враховувалися критерії, що впливають кількість обслуговуючого персоналу та забезпечення його умов праці.

Проведення заходів щодо апаратного оформлення технологічного процесу дозволило встановити сучасні засоби автоматизації та контролю за технологічним процесом, що забезпечило оперативне коригування технологічного процесу при виникненні будь-яких відхилень у ньому.

Завдання створення нової технологічної схеми полягає в розробці комплексу взаємопов'язаних процесів, що забезпечують вироблення необхідних продуктів потрібної якості за мінімальних капітальних витрат і експлуатаційних витрат, або інакше, за мінімальної собівартості.

					6.133.22.06.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8



Розробка технологічної схеми включає:

- порівняльний аналіз та обґрунтування обраного методу виробництва відповідно до конкретних умов;
- визначення основних та допоміжних фізико-хімічних процесів та їх послідовності;
- Розширення питання про способи прийому і видачі матеріалу, що переробляється;
- визначення шляхів та методів видалення відходів виробництва;
- забезпечення техніки безпеки та охорони праці;
- Складання перспективних планів розширення виробництва;
- визначення параметрів комунікацій та арматури до них.

На основі перелічених вище умов застосування цієї технології визначено отримання готового товару, відповідного заданим вимогам.

Застосування розробленої технології визначаємо наступні переваги:

- Умови роботи технологічного процесу забезпечити необхідну якість готової продукції;
- вибрані засоби автоматизації та контролю за технологічним процесом забезпечують проведення технологічного процесу;

Належну увагу приділено комунікаційної обв'язки реактора, оскільки апаратне оформлення технологічного процесу. При комунікаційній обв'язці враховано такі умови: характер технологічного процесу та необхідність підтримання температурного режиму в реакторі.

Перемішування широко застосовується в хімічній промисловості для приготування суспензій, емульсій та розчинів. За допомогою перемішування досягається тісний дотик частинок та безперервне оновлення поверхні взаємодії речовин. Внаслідок цього при перемішуванні значно прискорюються процеси масообміну, наприклад розчинення твердих речовин у рідинах, процеси теплообміну та перебіг багатьох хімічних реакцій. Перемішування використовують для прискорення абсорбції, випаровування та інших основних процесів хімічної технології.

Найбільш поширеним способом перемішування в рідких середовищах є механічне перемішування за допомогою мішалок, забезпечених лопатями тієї чи іншої форми. Крім механічного перемішування застосовують також перемішування стисненим повітрям. Іноді рідини перемішують багаторазовим перекачуванням насосом через апарат, тобто. шляхом циркуляції у замкнутому контурі. Обидва останні способи вимагають порівняно великої витрати енергії, а перемішування повітрям також пов'язане з можливим окисненням або випаром продуктів.

					6.133.22.06.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Основними характеристиками будь-якого процесу перемішування є: витрата енергії та ефективність перемішування.

У різних процесах ефективність перемішування визначається по-різному. Наприклад, при суспендуванні ефективність перемішування характеризується рівномірністю розподілу твердих частинок рідини і швидкістю досягнення достатньої рівномірності. Якщо перемішування застосовується для інтенсифікації теплообміну, ефективність перемішування може визначатися зростанням коефіцієнта теплопередачі в середовищі, що перемішується.

Ефективність перемішування, що визначає якість цього процесу, залежить від багатьох факторів, що обумовлюються метою перемішування (приготування суспензії, прискорення хімічної реакції тощо), і досі недостатньо вивчена.

Рівномірний розподіл твердої фази в рідкій при отриманні суспензії досягається при деякому числі оборотів мішалки, при якому значення осьової складової швидкості потоку дорівнює або більше швидкості осадження найбільш великих частинок, тому при отриманні суспензій твердих частинок в рідинах ефективність перемішування можна оцінити .

При емульгуванні ефективність перемішування характеризується рівномірністю розподілу та розміром крапель дисперсної фази.

При виборі перемішують слід віддавати перевагу тій мішалці, яка споживає при визначальному числі оборотів меншу потужність.

### 1.3 Опис конструкції апарата та вибір конструкційних матеріалів

#### 1.3.1 Опис конструкції апарата

Оскільки в описаній технологічній схемі основним обладнанням виготовлення готового до застосування взуттєвого крему є змішувач приготування взуттєвого крему, то нижче представлено опис саме цього обладнання.

Основними елементами апарату є пристрій, що перемішує, і його корпус. Під пристроєм, що перемішує розуміється конструкція, що складається з приводу, валу і мішалки, з'єднаних між собою в єдиний вузол.

Як показує практика, більшість завдань перемішування може бути успішно вирішено шляхом використання обмеженої кількості конструкцій мішалок. При цьому існують найбільш характерні області застосування та діапазони геометричних співвідношень окремих типів мішалок. Наприклад,

					6.133.22.06.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

для перемішування рідин порівняно невисокої в'язкості (зазвичай при підведенні теплоти, тобто в апаратах з сорочкою) застосовують тихохідні мішалки – якірні та рамні. Відношення діаметра апарату до діаметра мішалки у них не велике тому їх часто використовують для перемішування суспензій, частинки яких характеризуються схильністю до налипання на стінки.

Привід пристрою, що перемішує, в загальному випадку складається з електродвигуна, редуктора (або мотор - редуктора) і стійки приводу. Вихідний вал мотор-редуктора через муфту з'єднується з суцільним валом апарату, на кінці якого закріплена мішалка. Вал встановлюється в опорах кочення, які монтуються у стійці приводу. Перемішувачий пристрій встановлюється, як правило, на кришці корпусу, а в ряді випадків на окремих монтажних конструкціях; воно може бути також автономним (переносним). З'єднання кришки з корпусом апарату виконано за допомогою плоского приварного фланцевого з'єднання з поверхнею ущільнювача типу «виступ-впадина», з'єднання сорочки з корпусом апарату виконано за допомогою зварювання.

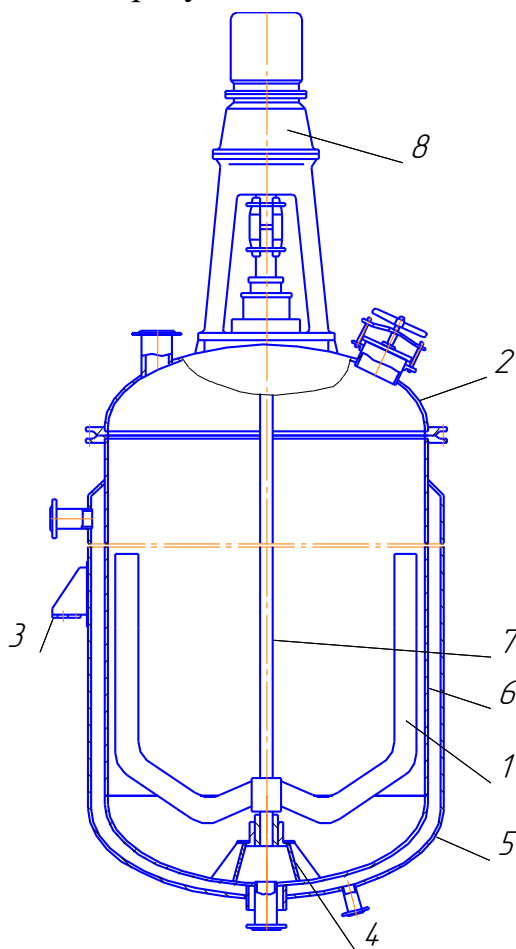


Рисунок 2 - Апарат з мішалкою  
 1 – мішалка, 2 - кришка апарату, 3 – опора, 4 - кінцева опора, 5 – сорочка, 6 – корпус, 7 – вал, 8 - привід

					6.133.22.06.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Під корпусом апарату розуміється судина будь-якої, переважно циліндричної форми, у якому здійснюється перемішування. Корпус апарату, використовуюваного реалізації теплообмінних процесів забезпечений сорочкою. Апарат забезпечений необхідною кількістю штуцерів для підведення та відведення теплоносія та завантаження-вивантаження компонентів, а також передбачене оглядове вікно. Реактор-змішувач встановлений на майданчику на опори-лапи.

### 1.3.2 Вибір конструкційних матеріалів

Найбільш підходящим матеріалом для виготовлення змішувача є легована сталь X18H10T товстолистовою ГОСТ 5582-66 гр. II-а. Сталь X18H10T стійка до будь-якого з компонентів крему будь-якої концентрації в межах температур 0-120°C і надлишковому тиску до 10 МПа

Застосування: обичайки, днища, фланці, трубні решітки та інші деталі апаратів, що працюють з агресивними середовищами, що не викликають міжкристалічної корозії. Зварені з листової сталі, штамповані, крутовигнуті відводи, переходи, трійники, днища (плоські, штамповані та відборовані) для апаратів і трубопроводів хімічних виробництв, що працюють з агресивними середовищами, що не викликають міжкристалітну корозію. Механо-технологічні властивості: сталь технологічна в обробці, добре деформується в холодному та гарячому станах. Штампованість сталі хороша. Сталь добре зварюється всіма видами зварювання і не вимагає обов'язкової термообробки після зварювання.

Якісна та експлуатаційна характеристики: сталь має задовільні міцності, в термообробленому стані відрізняється високою пластичністю і жароміцна при температурі до 650 °С. сталь має підвищену в'язкість і схильність до задирання при терті до іншого металу, що має однакову або близьку з нею твердість.

Загальна оцінка корозійної стійкості в агресивних середовищах: сталь характеризується високою корозійною стійкістю в багатьох агресивних середовищах. Сталь схильна до міжкристалітної корозії при нагріванні її до 500-800 ° С, до корозії ножового типу при роботі зварних з'єднань в азотній кислоті, сечовині та деяких інших середовищах, а також до точкової корозії. Сталь схильна до корозійного розтікання в середовищах, що містять хлориди магнію, кальцію, амонію, натрію, цинку, ртуті, у вологих органічних речовин містять хлор, в бромистих, фтористих і йодових солях. У концентрованих

					6.133.22.06.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

розчинах їдкого натрію (при температурі до 200 ° С), в розчинах лугів, що містять сульфіді і сірководень: Схильність до корозійному розтіканню може бути запобігти в результаті стабілізуючого відпалу при температурі 900 + 920 ° С, з подальшим охолодженням на повітрі.

					6.133.22.06.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

## 2 Технологічні розрахунки процесу і апарату

### 2.1 Матеріальний та тепловий баланси процесу

Матеріальний баланс отримання взуттєвого крему зведено таблицю 1.  
Таблиця 1 – Матеріальний баланс

Найменування компонентів	Масова доля, %
1	2
1. Віск	10
2. Парафін	26,5
3. Церезин	2
4. Кислота стеаринова технічна (стеарін)	1,34
5. Нігрозін	0,66
6. Скіпідар	59,5
Всього:	100

Даний технологічний процес змішування компонентів здійснюється за температури 80°C.

З технологічного регламенту теплоємність суміші  $C_c=1.96$  кДж/кл·К  
Об'єм суміші розраховуємо за формулою:

$$V_c = \varphi \cdot V = 0,75 \cdot 3,2 = 2,4 \text{ м}^3 \quad (2.1)$$

де  $\varphi=0,75$  – коефіцієнт заповнення;  
 $V$  – об'єм апарату, м<sup>3</sup>.

Маса суміші в апараті

$$G_c = V_c \cdot \rho = 2,4 \cdot 1350 = 3240 \text{ кг} \quad (2.2)$$

Тепло витрачене на нагрівання суміші

$$Q_1 = G_c \cdot C_c (t - t_0) = 3240 \cdot 1,96 (80 - 20) = 381024 \text{ кДж} \quad (2.3)$$

де  $t, t_0$  – температура стінок та навколишнього середовища відповідно, °С.

Маса апарату за каталогом [7, 13]

$$m_a = 2100 \text{ кг}$$

Теплоємність сталі

$$C_a = 0,5 \text{ кДж/кг} \cdot \text{К},$$

					6.133.22.06.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Тоді з огляду на те, що нагріванню піддається частина конструкції апарату, тобто. близько 60%, тоді тепло, витрачене на нагрівання апарату:

$$Q_2=0,6m_a \cdot C_a(t-t_0)=0,6 \cdot 2100 \cdot 0,5(80-20)= 37800 \text{ кДж} \quad (2.4)$$

Тепло, що втрачається у навколишнє середовище:

$$Q_3=F \cdot \alpha(t-t_0) \quad (2.5)$$

де  $F=10,57\text{м}^2$  – поверхня апарату, що втрачає тепло,  $\text{м}^2$ ;

$\alpha$  – коефіцієнт тепловіддачі від стінок апарату у навколишнє середовище;

Отже, з урахуванням додаткових 20% площі апарату (фланці, стійка приводу тощо) отримуємо загальну площу теплообміну апарату із навколишнім середовищем:

$$F_a=1,2 \cdot F=1,2 \cdot 10,57=12,68 \text{ м}^2 \quad (2.6)$$

Площа теплообміну сорочки

$$F_p=A_{\text{цр}}+A_{\text{дн.р}}=7,54+3,8=11,34 \text{ м}^2$$

де  $A_{\text{цр}}$ , і  $A_{\text{дн.р}}$  – площа обичайки та днища сорочки, тоді загальна площа теплообмінника:

$$F=F_a+F_p=12,68+11,34=24,02 \text{ м}^2 \quad (2.7)$$

Для розрахунку теплових втрат апаратів, що знаходяться в заданих приміщеннях, при температурі поверхні апарату до  $150 \text{ }^\circ\text{C}$  можна скористатися формулою 4.71[4]:

$$\alpha=9,74+0,07 \cdot \Delta t \quad (2.8)$$

де  $\alpha$  – сумарний коефіцієнт тепловіддачі випромінюванням та конвекцією,  $\text{Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$ ;

$\Delta t$  – різницю температур поверхні апарату та навколишнього повітря,  $\text{К}$ .

Тоді при температурі повітря в приміщенні дорівнює  $20^\circ\text{C}$

$$\Delta t=t_{\text{ст}}-t_0=80-20=60 \text{ }^\circ\text{C}. \quad (2.9)$$

					6.133.22.06.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Отже, значення коефіцієнта тепловіддачі:

$$\alpha=9,74+0,07\cdot 60=51,74 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}$$

Тепло, що втрачається у навколишнє середовище:

$$Q_3=24,02\cdot 51,74\cdot 60=74568 \text{ Вт}$$

Пара, що надходить на обігрів, має температуру.  $t_n=140^\circ\text{C}$ , а кінцева  $t_k=70^\circ\text{C}$

Необхідна витрата пари на обігрів змішувача

$$G_2 = \frac{Q_1 + Q_2 + Q_3}{C_v(t_n - t_k)} = \frac{381024 + 37800 + 74568}{1800(140 - 70)} = 3,9 \text{ кг/с} \quad (2.10)$$

де  $C_v=1800 \text{ Дж/кг}\cdot\text{К}$  – питома теплоємність водяної пари.

Коефіцієнт тепловіддачі сорочці не визначаємо, т.к. граничні температурні умови гріючої пари забезпечують нормальний режим роботи апарату, а регулювання процесу теплообміну здійснюється за рахунок зміни витрати пари. Щоб забезпечити можливість регулювання, прийmemo тиск пари рівний  $P=0,3 \text{ МПа}$

## 2.2 Технологічні та конструктивні розрахунки

Задаємося об'ємом апарату  $V_a=3,2 \text{ м}^3$ , тоді кількість апаратів знайдемо за формулою:

$$m = \frac{V_v(1+a)\cdot\tau_y}{V_a\cdot\varphi}, \quad (2.11)$$

де  $V_v=0,4$ – годинна продуктивність,  $\text{м}^3/\text{год}$ ;

$a=0,15$  – коефіцієнт запасу продуктивності;

$\tau_y = 5$  годин – тривалість операції;

$\varphi = 0,75$  коефіцієнт заповнення.

$$m = \frac{0,4\cdot(1+0,15)\cdot 5}{3,2\cdot 0,75} = 0,95 \text{ шт}$$

					6.133.22.06.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16



Приймаємо один реактор з такими технічними характеристиками:

1. Об'єм, м <sup>3</sup> : корпуси з кришкою	3,2
сорочки	0,07
2. Тиск, МПа: в корпусі	атм.
в сорочці	0,3
3. Частота обертання мішалки, с <sup>-1</sup>	0,419

Визначаємо конструктивні параметри пристрою, що перемішує

Відповідно до табл. 31.1 [2] для якірної мішалки

діаметр мішалки

$$d_m = D_B / (1,02 \dots 1,15) = 1600 / (1,02 \dots 1,15) = 1568 \dots 1392 \text{ мм}; \quad (2.12)$$

приймаємо  $d_m = 1500$  мм;

ширина лопаті

$$b = 0,07 d_m = 0,07 \cdot 1500 = 105 \text{ мм}; \quad (2.13)$$

приймаємо  $b = 110$  мм

висота мішалки

$$h = k \cdot H_0; \quad (2.14)$$

де  $H_0 = 1,305$  м – висота шару середовища в апараті;

$k = 0,65$  по табл. 11.1 [2]

$$h = 0,65 \cdot 1,305 = 0,84 \text{ м}$$

приймаємо  $h = 850$  мм.

Згідно з рекомендаціями табл. 11.1 [2]  $h_m = 195 \dots 275$  мм

приймаємо  $h_m = 250$  мм

Розраховуємо потужність на перемішування

Відцентровий критерій Рейнольдса

$$\text{Re}_c = \frac{\rho \cdot n \cdot d_m^2}{\mu} \quad (2.15)$$

де  $\rho$  – щільність середовища, що перемішується,  $\text{кг}/\text{м}^3$ .  $\rho = 1350$   $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$n$  – частота обертання мішалки,  $\text{с}^{-1}$ ,  $n = 0,419$   $\text{с}^{-1}$ ;

$\mu$  – динамічний коефіцієнт в'язкості,  $\text{Па} \cdot \text{с}$ .  $\mu = 7,4$   $\text{Па} \cdot \text{с}$ .

					6.133.22.06.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Тоді 
$$Re_{\delta} = \frac{1350 \cdot 0,419 \cdot 1,5^2}{7,4} = 172$$

Критерій потужності  $K_N$  визначається за формулою:

$$K_N = c \cdot Re^{0,77} \cdot \left( \frac{h}{d_m} \right) \quad (2.16)$$

де  $c=12$  – для якірної мішалки  
 $h$  – висота мішалки, м.

$$K_N = 12 \cdot 172^{0,77} \cdot \left( \frac{0,85}{1,5} \right) = 358$$

Розрахункова потужність на перемішування стор.707 [2]:

$$N'_m = K_N \mu_c n^3 d_m^5 = 358 \cdot 7,4 \cdot 0,419^3 \cdot 1,55^5 = 1743 \text{ Вт} \quad (2.17)$$

Потужність електродвигуна приводу мішалки визначається за формулою:

$$N_{\text{эл.дв.}} = \frac{K_1 K_2 N + N_c}{\eta} \quad (2.18)$$

де  $K_1$  і  $K_2$  – коефіцієнти, що визначаються за формулами:

$$K_1 = H_c / D_{\text{ап}} = 1,305 / 1,6 = 0,82 \quad (2.19)$$

$K_2=2,5$  – враховує збільшення споживаної потужності під час пуску або підвищення опору середовища при перемішуванні

$\eta=0,85 \dots 0,9$  – ККД приводу.

$N_c$  – потужність, що витрачається на подолання сил тертя в ущільненні:

$$N_c = 0,18 \cdot N = 0,18 \cdot 1743 = 313,8 \text{ кВт} \quad (2.20)$$

Тоді 
$$N_{\text{эл.дв.}} = \frac{0,82 \cdot 2,5 \cdot 1743 + 313,8}{0,9} = 4318 \text{ Вт}$$

Приймаємо двигун згідно ОСТ26-01-1225-75 з потужністю  $N_{\text{дв}}=4,5 \text{ кВт}$

Вибираємо привід: 1-5-2,61МН5855-66 [2, 725]

Визначення діаметра валу

					6.133.22.06.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Діаметр валу розраховується за формулою:

$$d = 1,713 \sqrt[3]{\frac{M_{кр}}{[\tau]}} \quad (2.21)$$

де  $M_{кр}$  – максимальний крутний момент валу, Н·м  
 $[\tau]=0,6[\sigma]=0,6 \cdot 160 \cdot 10^6=96 \cdot 10^6$  Па – допустима дотична напруга для матеріалу валу.

$$M_{кр}=N_{max}/w=N_{max}/2 \cdot \pi \cdot n=4500/2 \cdot 3,14 \cdot 0,419=1710 \text{ Н}\cdot\text{м}$$

$$d = 1,713 \sqrt[3]{\frac{1710}{96 \cdot 10^6}} = 45 \text{ мм}$$

Масу одиниці довжини валу визначаємо за формулою 32.7 [2]

$$m = \rho \cdot \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \quad (2.22)$$

де  $\rho$  – щільність матеріалу валу, кг/м<sup>3</sup>;  
 $d$  – розрахунковий діаметр валу, м.

$$m = 7,85 \cdot 10^3 \frac{3,14}{4} \cdot 0,045^2 = 12,48 \text{ кг/м} \quad (2.23)$$

Визначаємо момент інерції поперечного перерізу валу:

$$J = \frac{\pi}{64} \cdot d^4 = \frac{3,14}{64} \cdot 0,045^4 = 2,01 \cdot 10^{-7} \text{ м}^4 \quad (2.24)$$

Визначаємо коефіцієнти  $K$  і  $a_1$  (с.745[2]):

$$K = \frac{M_m}{m \cdot L} \quad (2.25)$$

де  $M_m$  – маса мішалки.  $M_m=110$ кг (табл.31.9 [2])  
 $L$  – довжина вала, м.

$$K = \frac{110}{12,48 \cdot 2,95} = 2,98$$

					6.133.22.06.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

$$a_1 = \frac{l_1}{L} = \frac{2,15}{2,95} = 0,73$$

За отриманими значеннями  $K$  і  $a_1$  з графіка на рис.32.4 [2] знаходимо корінь  $\alpha$  частотного рівняння

$$\alpha=3,2$$

Першу критичну швидкість визначаємо за формулою 32.4 [2]

$$\omega_{01} = \frac{a^2}{L^2} \sqrt{\frac{E \cdot J}{m}} \quad (2.26)$$

де  $L$  – розрахункова довжина валу, м;  
 $E$  – модуль пружності матеріалу валу, Н/м<sup>2</sup>;  
 $J$  – момент інерції поперечного перерізу валу, м<sup>4</sup>;  
 $m$  – маса одиниці довжини валу кг/м;  
 $\alpha$  – корінь частотного рівняння, основний тон.

$$\omega_{01} = \frac{3,2^2}{2,95^2} \sqrt{\frac{2,2 \cdot 10^8 \cdot 2,01 \cdot 10^{-7}}{12,48}} = 2,22 \text{ рад/с}$$

Звідси  $\frac{\omega}{\omega_{01}} = \frac{2,62}{2,22} = 1,18$ , що задовольняє умові 32.3 [2] і, отже, неприйнятно. Приймаємо  $d=70$ мм. Тоді  $m=30,2$ кг/м;  $J=1,18 \cdot 10^{-6}$ м<sup>4</sup>;  $K=1,23$ ;  $a_1=0,73$ . Тому

$$\omega_{01} = \frac{3,6^2}{2,95^2} \sqrt{\frac{2,2 \cdot 10^8 \cdot 1,18 \cdot 10^{-6}}{30,2}} = 4,36 \text{ рад/с}$$

звідси

$$\frac{2,62}{4,36} = 0,6 < 0,7$$

що задовольняє умові.

					6.133.22.06.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

## 2.3 Гідравлічний опір апарата

Підібрати насос для перекачування скипидару при 20°З відкритої ємності в апарат. Витрата скипидару  $0,6 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3/\text{с}$ . Геометрична висота підйому скипидару 2м. Довжина трубопроводу на лінії всмоктування 1,5м, лінії нагнітання 2,5м. На лінії нагнітання є три відведення під кутом 90° з радіусом повороту, рівним шести діаметрам труби та два нормальні вентиля. На всмоктувальній ділянці трубопроводу встановлено два прямоточні вентиля, є два відведення під кутом 90° з радіусом повороту рівним шести діаметрам труби.

Перевірити можливість встановлення насоса на рівні скипидару в ємності.

Вибір трубопроводу

Для всмоктувального та нагнітального трубопроводу приймемо однакову швидкість течії скипидару, рівну 1,5 м/с. Тоді діаметр трубопроводу буде визначатися за формулою 1.8 [6]:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot v}}, \text{ м}$$

де  $Q$  – витрати скипидару,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  
 $v$  – швидкість течії скипидару, м/с.

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,6 \cdot 10^{-2}}{3,14 \cdot 1,5}} = 0,072 \text{ м}$$

Вибираємо сталеву трубу із внутрішнім діаметром 76 мм, товщиною стінки 3,5мм. Труба 83x3, 5-08X18Н10Т ГОСТ9940-81. Фактична швидкість води у трубі:

$$w = \frac{4Q}{\pi \cdot d^2}, \text{ м/с} \quad (2.27)$$

де  $d$  – фактичний внутрішній діаметр трубопроводу, м.

$$w = \frac{4 \cdot 0,6 \cdot 10^{-2}}{3,14 \cdot 0,076^2} = 1,32 \text{ м/с}$$

Приймемо, що корозія трубопроводу незначна  
Визначення втрат на тертя та місцеві опори

					6.133.22.06.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Критерій Рейнольдса визначимо за формулою:

$$Re = \frac{w \cdot d \cdot \rho}{\mu}$$

де  $\rho$  – щільність скипидару, кг/м<sup>3</sup>;  
 $\mu$  - динамічний коефіцієнт в'язкості, Па·с.

$$Re = \frac{1,32 \cdot 0,076 \cdot 1126}{6,05 \cdot 10^{-3}} = 18671$$

тобто режим руху турбулентний. Прийнемо абсолютну шорсткість рівною  $\Delta=2 \cdot 10^{-4}$  м. Тодя

$$e = \frac{\Delta}{d} = \frac{2 \cdot 10^{-4}}{0,076} = 0,0026 \quad (2.28)$$

Далі отримаємо

$$\frac{1}{e} = 385; \quad \frac{560}{e} = 21538; \quad \frac{10}{e} = 3850; \quad 3850 \leq Re \leq 21538$$

Таким чином у трубопроводі має місце змішане тертя, та розрахунок  $\lambda$  слід проводити за формулою 1.6 [3]

$$\lambda = 0,11 \left( 0,0026 + \frac{68}{18671} \right)^{0,25} = 0,031$$

Визначимо суму коефіцієнтів місцевих опорів.

Для всмоктувальної лінії:

1. вхід у трубу (приймаємо з гострими кряями):  $\zeta_1=0,5$ ;
2. прямоточні вентиля: для  $d=0,076$ м  $\zeta_2=0,6$
3. відведення: коефіцієнт А = 1, коефіцієнт В= 0,09;  $\zeta_3=0,09$

$$\Sigma \zeta = \zeta_1 + 2\zeta_2 + 2\zeta_3 = 0,5 + 2 \cdot 0,6 + 2 \cdot 0,09 = 1,88 \quad (2.29)$$

Втрачений напір у всмоктувальній лінії знаходимо за формулою 1.2 [6]

					6.133.22.06.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

$$h_{e.вс} = \left( 0,031 \frac{1,5}{0,076} + 1,88 \right) \frac{1,32^2}{2 \cdot 9,81} = 0,22 м$$

Для нагнітальної лінії:

1. відведення під кутом  $90^\circ$ :  $\zeta_1=0,09$  (див. вище)
2. нормальні вентилі: для  $d=0,076 м$ ,  $\zeta_2=3,7$
3. вихід із труби:  $\zeta_3=1$

Сума коефіцієнтів місцевих опорів у нагнітальній лінії:

$$\Sigma \zeta = \zeta_1 + 2\zeta_2 + 2\zeta_3 = 3 \cdot 0,09 + 2 \cdot 3,7 + 1 = 8,67$$

Втрачений напір у нагнітальній лінії за формулою 1.2 [6]

$$h_{e.наг} = \left( 0,031 \frac{2,5}{0,076} + 8,67 \right) \frac{1,32^2}{2 \cdot 9,81} = 0,86 м$$

Загальні втрати напору

$$h_n = h_{e.вс} + h_{e.наг} = 0,22 + 0,86 = 1,08 м \quad (2.30)$$

Вибір насосу.

Знаходимо потрібний тиск насоса за формулою 1.33 [6]

$$H = \frac{0,021 \cdot 10^6}{1126 \cdot 9,81} + 2 + 1,08 = 4,98 \text{ мм.вод.ст}$$

Такий напір при продуктивності забезпечується одноступінчастими відцентровими насосами (див. Додаток 1.1, табл.1 [6]). Враховуючи широке поширення цих насосів у промисловості через досить високого К.П.Д., компактності та зручності комбінування з електродвигунами, вибираємо для подальшого розгляду саме ці насоси.

Корисну потужність насоса визначимо за формулою 1.32 [6]

$$N_{п} = 1126 \cdot 9,81 \cdot 0,006 \cdot 4,98 = 330 \text{ Вт}$$

Приймаючи  $\eta_{пер}=1$  і  $\eta_n=0,4$  (Для відцентрового насоса малої продуктивності), знайдемо за формулою 1.34 [6] потужність на валу двигуна:

					6.133.22.06.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

$$N = \frac{0,33}{0,41} = 0,825 \text{ кВт}$$

За табл. 1 Додаток 1.1 [6] встановлюємо, заданим подачі та напору найбільше відповідає відцентровий насос марки X20/18, для якого за оптимальних умов роботи  $Q=5,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ ,  $H=10,5 \text{ м}$ ,  $\eta_n=0,6$ . Насос забезпечений електродвигуном А02-31-2 номінальною потужністю  $N_n=3 \text{ кВт}$ ,  $\eta_{дв}=0,83$ . Частота обертання валу  $n=48,3 \text{ с}^{-1}$ .

Визначення граничної висоти всмоктування.

За формулою 1.37 [3] розрахуємо запас напору на кавітацію:

$$h_3 = 0,3 \left( 0,006 \cdot 48,3^2 \right)^{2/3} = 1,74 \text{ м}$$

За таблицями тисків насиченої водяної пари знайдемо, що за  $20^\circ\text{C}$   $p_1=2,35 \cdot 10^3 \text{ Па}$ . Прийнемо, що атмосферний тиск дорівнює  $p_1=10^5 \text{ Па}$ , а діаметр всмоктуючого патрубку дорівнює діаметру трубопроводу. Тоді за формулою 1.36 [6] знайдемо:

$$H_{вс} \leq \frac{10^5}{1126 \cdot 9,81} - \left( \frac{2,35 \cdot 10^3}{1126 \cdot 9,81} + \frac{1,32^2}{2 \cdot 9,81} + 0,23 + 1,74 \right) = 88,3 \text{ м}$$

Таким чином, розташування насоса на рівні рідини в ємності цілком можливе.

#### 2.4 Вибір допоміжного обладнання

Річне завдання складає 400 т/рік, що пакується в  $Q_{год}=9 \cdot 10^6 \text{ шт/рік}$ .

Об'єм крему на зміну визначаємо за формулою

$$V_c = \frac{Q_{год} m}{\Phi \cdot k \cdot \rho}, \text{ м}^3 / \text{см} \quad (2.31)$$

де  $\Phi=251$  день (2006год) баланс робочого часу на рік;

$k=2$  – кількість змін на добу;

$\rho = 1350 \text{ кг/м}^3$  – щільність крему [1];

$m=0,075 \text{ кг}$  – маса крему в баночці.

					6.133.22.06.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24



$$V_c = \frac{9 \cdot 10^6 \cdot 0,075}{251 \cdot 2 \cdot 1350} = 0,996 \text{ м}^3 / \text{см}$$

Напівавтомат дозування крему.

Кількість напівавтоматів визначаємо за формулою:

$$n = \frac{Q_{\text{год}}}{\Phi \cdot K \cdot Q_{\text{расч}} \cdot 60 \cdot K_u} \quad (2.32)$$

де  $Q_{\text{расч}}=40$  шт/хв – розрахункова продуктивність напівавтомата;

60 – переказний коефіцієнт;

$K_u=0,85$  – коефіцієнт технічного використання.

$$n = \frac{9 \cdot 10^6}{251 \cdot 2 \cdot 40 \cdot 60 \cdot 0,9} = 7,8$$

Приймаємо 8 напівавтоматів.

Реактор приготування нігрозину стеарату.

Добовий обсяг стеарату визначаємо за формулою:

$$V_c = \frac{Q_{\text{год}} \cdot m}{\Phi \cdot \rho_{\text{ав}}} \left( \frac{a + v}{100} \right), \text{ м}^3 / \text{добу} \quad (2.33)$$

де  $Q_{\text{год}}$  - річне завдання, шт/рік;

$m$  – маса крему в баночці, кг;

$\Phi=251$  день – баланс робочого часу на рік;

$\rho_{\text{ав}}$  – щільність стеарату нігрозину, кг/м<sup>3</sup>.

$a=1,34\%$  - масова частка стеаринової технічної кислоти

(стеарину) [1];

$v=0,66\%$  - масова частка нігрозину жиророзчинного, % [1].

$$V_c = \frac{9 \cdot 10^6 \cdot 0,075}{251 \cdot 718} \left( \frac{1,34 + 0,66}{100} \right) = 0,094 \text{ м}^3 / \text{добу}$$

Задаємося обсягом стеарату  $V_a=0,15 \text{ м}^3$ . Тоді кількість апаратів знайдемо за формулою

$$n = \frac{V_c (1 + c) \tau_y}{8 \cdot K \cdot V_a \cdot \varphi} \quad (2.34)$$

					6.133.22.06.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

де  $\epsilon=0,2$  – коефіцієнт запасу продуктивності [1];  
 $\tau_y=2$  год. – тривалість операції [1];  
 $\phi=0,8$  – коефіцієнт заповнення апарату;  
8 годин – тривалість зміни;  
к – число смін.

$$n = \frac{0,996(1 + 0,15)^2}{2 \cdot 8 \cdot 0,2 \cdot 0,8} = 0,89$$

Приймаємо 1 реактор з наступною технічною характеристикою:

Об'єм апарату, м <sup>3</sup>	0,15
Об'єм сорочки, м <sup>3</sup>	0,03
Поверхня теплообміну, м <sup>2</sup>	0,46
Частота обертання мішалки, с <sup>-1</sup>	0,8
Діаметр апарату, м	0,4
Діаметр сорочки, м	0,47
Маса, кг	185

Насос відцентровий

Приймаємо насос 1,5Х-6Е-2В з наступною технічною характеристикою:

$N_{дв}=3$ кВт;  
 $n=48,33$  с<sup>-1</sup>;  
 $Q=5,4 \dots 12$ м<sup>3</sup>/ч;  
 $H=5,5$ м  
Матеріал проточної частини – Сталь 10Х18Н12М3ТЛ  
Габарити, мм 550х300х305  
Маса 56кг;

Місткість для скипидару.

Змінний обсяг скипидару визначаємо за формулою:

$$V_{ск} = \frac{G_{ск}}{\rho_{ск}} = \frac{M \cdot G_c}{\rho_{ск}} \left( \frac{M \cdot V_c \cdot \rho}{\rho_{ск}} \right), м^3 \quad (2.35)$$

де  $G_{ск}$  – маса скипидару, кг;  
 $\rho_{ск}=800$  кг/м<sup>3</sup> – щільність скипидару;  
 $M=0,595$  – масова частка скипидару в кремі для взуття [1].

$$V_{ск} = 0,595 \cdot 0,664 \cdot \frac{853}{800} = 0,411 м^3$$

					6.133.22.06.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

З урахуванням запасу приймемо обсяг ємності  $V=6,3\text{м}^3$ .

Технічна характеристика:

Габарити 3020x3095x1600

Мірник для скипидару.

Витрата скипидару на операцію складає 212,4кг,

або 
$$V_m = \frac{G}{\rho_{ск}} = \frac{212,4}{800} = 0,266\text{м}^3$$

Приймаємо мірник ємністю  $0,4\text{м}^3$ . Сталь Х18Н10Т.

Діаметр, мм 600

Висота, мм 1200

Установка насосна

Вибираємо установку типу А2-ШН7-К-18,5 з наступною технічною характеристикою:

1. Тип насоса – шестерний;
2. Продуктивність щонайменше л/год – 3100;
3. Тиск на виході, МПа – не більше 0,85;
4. Споживана потужність трохи більше кВт·год– 2,5
5. 5. Встановлена потужність, кВт – 3;
6. Габарити, мм – 1025x400x490;

Маса не більше, кг – 200.

					6.133.22.06.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

### 3 Розрахунок апарату на міцність та герметичність

#### 3.1 Розрахунок навантажень в апараті

Розрахункова температура.

Розрахункова температура стінки:

$$t_{\max} = \{t_c; 20^\circ\text{C}\} \quad (3.1)$$

де  $t_c = 125^\circ\text{C}$  – найбільша температура середовища;

$$t_{\max} = \{125^\circ\text{C}; 20^\circ\text{C}\} = 125^\circ\text{C}$$

розрахунковий тиск

Розрахунковий тиск усередині апарату визначається за формулою:

$$P_{p.ap.} = \rho_c \cdot g \cdot H^* \quad (3.2)$$

де  $H^*$  - висота шару середовища в апараті, м

$\rho_c = 1350 \text{ кг/м}^3$  – щільність середовища

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$  – прискорення сили тяжіння

$$H^* = H \cdot \varphi_3 = 1740 \cdot 0,75 = 1,305 \text{ м} \quad (3.3)$$

Тоді  $P_{p.ap.} = 1350 \cdot 9,81 \cdot 1,305 = 17282,8 \text{ Па} = 0,017 \text{ МПа}$

$$P_{p.a} = P_{p.ap.}$$

Розрахунковий тиск у сорочці визначається за формулою

$$P_{p.p.} = P_p + P_{г.p.} \quad (3.4)$$

					6.133.22.06.00.00.00 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $P_p=0,3\text{МПа}$  – тиск гріючої води в сорочці  
 $P_{г.р.}$  – гідростатичний тиск у сорочці

$$P_{г.р.}=\rho_p g H_p \quad (3.5)$$

де  $\rho_p=10^3 \text{ кг/м}^3$  – щільність води

$H_p=1250 \text{ мм}$

$$P_{г.р.}=10^3 \cdot 9,81 \cdot 1,25= 12263 \text{ Па}=0,012\text{МПа}$$

$$\text{Співвідношення } \frac{P_{г.р.}}{P_p} \cdot 100\% = \frac{0,012}{0,3} \cdot 100\% = 4\% \leq 5\%$$

Тоді  $P_{р.р.}=P_p=0,3\text{МПа}$

Розрахунок внутрішнього тиску, що допускається, на обичайку корпусу за формулою 13.18 [4]

$$[P]=\frac{2[\sigma]\phi(S-c)}{D_{вн}+S-c}=\frac{2 \cdot 135 \cdot 0,95(0,012-0,0018)}{1,6+0,012-0,0018}=1,83\text{МПа} \quad (3.6)$$

Розрахунок напруг, що допускаються

Для робочого стану напруга, що допускається, розраховується за формулою:

$$[\sigma]=\eta \cdot \sigma^* \quad (3.7)$$

де  $\sigma^*$  - нормативна напруга при розрахунковій температурі. Для сталі Х18Н10Т  $\sigma^*=135 \text{ МПа}$  табл.13.1[2].

$\eta$  – поправочний коефіцієнт, що враховує вид заготівлі,

$\eta=1,0$  – для листового прокату [4, 394]

$$[\sigma]=1 \cdot 135=135 \text{ МПа}$$

					6.133.22.06.00.00.00 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При гідравлічних випробуваннях допустима напруга визначається за формулою:

$$[\sigma] = \frac{\eta^* \sigma_m^{20}}{n_m} \quad (3.8)$$

де  $\sigma_m^{20}$  – розрахункове значення межі плинності при температурі 20°C.

За таблицею 8.1 [2]  $\sigma_m^{20} = 240 \text{ МПа}$

$n_m$  – коефіцієнт запасу міцності для умов навантаження;

гідравлічні випробування  $n_m = 1,1$  (табл.8,2 [2])

$\eta^* = 1,0$  – за винятком сталевих виливків.

$$[\sigma] = \frac{1 \cdot 240}{1,1} = 218 \text{ МПа}$$

Визначення розрахункової довжини обичайки корпусу апарату та сорочки

За ГОСТ 6533-78 приймаємо еліптичне днище з параметрами: обсяг днища  $V_d = 14,1 \text{ м}^3$  (при  $s = 6 \dots 14 \text{ мм}$ ), висота днища  $H_{\text{дн}} = 400 \text{ мм}$ , висота циліндричної частини  $h_{\text{ц}} = 40 \text{ мм}$ . [3]

Розрахункова довжина обичайки апарату

$$l_p^{\text{об.ан.}} = H - \frac{2}{3} H_{\text{дн}} \quad (3.9)$$

де  $H$  – висота корпусу апарату, мм

$$l_p^{\text{об.ан.}} = 1740 - \frac{2}{3} 400 = 1473 \text{ мм}$$

Розрахункова довжина обичайки сорочки

					6.133.22.06.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

$$l_p^{об.руб} = l_p^{об.ан.} - l_1 \quad (3.10)$$

де  $l_1=100$ мм – відстань від фланця корпусу до сорочки

$$l_p^{об.руб} = 1473 - 100 = 1373 \text{ мм}$$

Розрахунок коефіцієнта запасу стійкості та міцності зварних швів

Коефіцієнт запасу стійкості згідно [1,13] за нижніми критичними напруженнями в межах пружності слід прийняти:

- для робочих умов  $n_y=2,4$
- для випробування та монтажу  $n_y=1,8$

коефіцієнт міцності зварних швів характеризує міцність з'єднання порівняно з міцністю основного матеріалу, табл. 1.7 [1] для стикового двостороннього шва виконаного ручним електродуговим зварюванням  $\phi=0,95$

Визначаємо модуль поздовжньої пружності та коефіцієнт лінійного розширення.

Розрахункове значення модуля поздовжньої пружності та коефіцієнта лінійного розширення приймаються в залежності від температури, табл. VII [2]  $E=2 \cdot 10^5$  МПа при  $20^\circ\text{C}$

$$E=1,89 \cdot 10^5 \text{ МПа при } 135^\circ\text{C}$$

$$\alpha=12,5 \cdot 10^6 \text{ } 1/^\circ\text{C табл. XI [2]}$$

Розрахунок додатків до розрахункових товщин стін

Додаток до розрахункових товщин стінок визначається за формулою

$$C=C_1+C_2+C_3 \quad (3.11)$$

де  $C_1$  – добавка для компенсації корозії та ерозії, мм

$C_2$  - збільшення мінусового значення граничного відхилення по товщині листа, мм

$C_3$  – технологічне збільшення, мм.

					6.133.22.06.00.00.00 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C_1 = C_k + C_э \quad (3.12)$$

де  $C_k$  – збільшення на корозію, мм

$C_э$  – збільшення на ерозію, мм

$$C_k = \Pi \cdot \tau \quad (3.13)$$

де  $\Pi = 0,01$  мм/рік – корозійна проникність середовища,

$\tau = 15$  років – термін служби апарату.

При розрахунку збільшення компенсації корозії днища і обичайки апарату враховуємо, що у них діє середовище у апараті, а й у сорочці

$$C_k = C_{к.руб.} + C_{к.ап.} \quad (3.14)$$

де  $C_{к.руб.}$  – збільшення для компенсації корозії всередині сорочки, мм

$C_{к.ап.}$  - збільшення для компенсації корозії в апараті, мм

$$C_{к.ап.} = 0,01 \cdot 15 = 0,15 \text{ мм}$$

$$C_{к.руб.} = 0,01 \cdot 15 = 0,15 \text{ мм}$$

Тоді  $C_{к(дн., руб.)}^{ап} = 0,15 + 0,15 = 0,3 \text{ мм}$

Надбавка для компенсації ерозії на весь термін служби апарату складе (для днища та обичайки):

$$C_{э(дн., руб.)}^{ап} = 1,5 \text{ мм}$$

Тоді збільшення  $C_1$ : для днища та обичайки  $C_1 = 1,5 + 0,3 = 1,8$  мм для кришки  $C_1 = 0,15$  мм

					6.133.22.06.00.00.00 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Добавки на мінусове значення граничного відхилення за товщиною листа  $C_2$  з якого виготовляється елемент апарату відповідного стандарту на сортамент  $C_2=0$

Технологічна добавка  $C_3$  враховується в залежності від прийнятої технології виготовлення і не включає округлений до розрахункової товщини елемента розмір до номінальної товщини за стандартом.

Надбавка  $C_2$  і  $C_3$  враховується коли їхня сума перевищує 5% від виконавчої товщини стінки. У нашому випадку  $C_2+C_3=0 \ll 5\%$

Тоді повне збільшення буде: для обичайки і днища апарату  $C = C_1 = 1,8$  мм

для обичайки днища сорочки  $C=C_1=0,15$  мм.

### 3.2 Розрахунок товщини стінки корпусу

Розрахунок товщини циліндричної обичайки корпусу навантаженого внутрішнім тиском.

Товщина стінки обичайки визначається за формулою:

$$S_p^{вн} = \max \left\{ \frac{P_p D_{вн}}{2[\sigma] \varphi - P_p}, \frac{P_n D_{вн}}{2[\sigma]_n \varphi - P_n} \right\} \quad (3.15)$$

де  $[\sigma]$  – допустима напруга для матеріалу апарату,  $[\sigma]=135$  МПа

$[\sigma]_n$  - допустима напруга для матеріалу апарату при гідравлічних випробуваннях,  $[\sigma]_n=218$  МПа

$P_p=0,012$  МПа

$D_{вн}=1600$  мм – внутрішній діаметр апарату

$P_n$  – пробний тиск при гідравлічному випробуванні, МПа

$\varphi=0,95$  – коефіцієнт міцності зварного шва

Відповідно до таблиці 1.1[1]

$$P_n = \max \left\{ \frac{1.5 P_{ан} [\sigma]_n}{[\sigma]}; 0,2 \right\} \quad (3.16)$$

$$P_n = \max \left\{ \frac{1.5 \cdot 0.012 \cdot 218}{135}; 0,2 \right\} = \max \{0,036; 0,2\} = 0,2 \text{ МПа}$$

					6.133.22.06.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

$$S_p^{вн} = \max \left\{ \frac{0.012 \cdot 1,6}{2 \cdot 135 \cdot 0,95 - 0,012}, \frac{0,2 \cdot 1,6}{2 \cdot 218 \cdot 0,95 - 0,2} \right\} = \max \{7,48 \cdot 10^{-5}; 7,7 \cdot 10^{-4}\} = 7,7 \cdot 10^{-4} \text{ м}$$

Розрахунок товщини циліндричної обичайки корпусу апарату навантаженого зовнішнім тиском

Товщина стінки визначається за формулою:

$$S_p^H = \max \left\{ \frac{1,1 \cdot P_p^H \cdot D_{вн}}{2[\sigma]}, \frac{K_2 D_{вн} \cdot 10^{-2}}{K_1} \right\} \quad (3.17)$$

де  $P_p^H = 0,319 \text{ МПа}$  – зовнішній надлишковий тиск в апараті;

$K_2$  – коефіцієнт залежить від  $K_1$  і  $K_3$

$$K_1 = \frac{n_y P_p^H}{2,4 \cdot 10^{-6} E} \quad (3.18)$$

де  $n_y = 2,4$  – коефіцієнт стійкості;

$E = 1,89 \cdot 10^5 \text{ МПа}$  – модуль поздовжньої пружності.

$$K_1 = \frac{2,4 \cdot 0,319}{2,4 \cdot 10^{-6} \cdot 1,89 \cdot 10^5} = 1,68$$

$$K_3 = \frac{l_p}{D_{вн}} = \frac{1473}{1600} = 0,92 \quad (3.19)$$

де  $l_p$  – розрахункова довжина обичайки, мм  
по рисунку 1.14 [1]  $K_2 = 0,55$

Тоді

					6.133.22.06.00.00.00 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S_p^H = \max \left\{ \frac{1,1 \cdot 0,319 \cdot 1,6}{2 \cdot 135}; \frac{2,07 \cdot 10^{-3}; 8,8 \cdot 10^{-3}}{0,55 \cdot 1,6 \cdot 10^{-2}} \right\} = \{2,07 \cdot 10^{-3}; 8,8 \cdot 10^{-3}\} = 8,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

Виконавча товщина стінки обичайки апарату

$$S \geq S_p + C \quad (3.20)$$

де  $S_p$  – розрахункова товщина стінки

$C = 1,8$  мм – збільшення до розрахункової товщини

$$S_p = \max \left\{ \begin{matrix} S_p^H \\ S_p^H \end{matrix} \right\} = \max \{0,58 \cdot 10^{-3}; 8,8 \cdot 10^{-3}\} = 8,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$S = 8,8 + 1,8 = 10,6 \text{ мм}$$

Приймаємо  $S = 12$  мм

Розрахунок допустимого внутрішнього тиску на обичайку корпусу

$$[P] = \frac{2[\sigma]\varphi(S-c)}{D_{вн} + S - c} = \frac{2 \cdot 135 \cdot 0,95(12 - 1,8)}{1600 + 12 - 1,8} = 1,62 \text{ МПа} > P_p \quad (3.21)$$

тобто умова  $P_p \leq [P]$  виконано.

### 3.3 Розрахунок товщини стінки днища

Розрахунок товщини днища корпусу

Розрахунок товщини днища корпусу навантаженого зовнішнім тиском:

$$S_p^H = \max \left\{ \frac{K_3 R}{510} \sqrt{\frac{n_y P_p}{10^{-6} E}}; \frac{P_p R}{2[\sigma]} \right\} \quad (3.22)$$

де  $K_3$  – коефіцієнт приведення радіусу кривизни днища, для еліптичних днищ  $K_3 = 0,9$

					6.133.22.06.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

R – радіус кривизни, для еліптичних днищ R=D, м

P<sub>p</sub> – зовнішній тиск, МПа

$$S_p^H = \max \left\{ \frac{0,9 \cdot 1,6}{510} \cdot \sqrt{\frac{2,4 \cdot 0,319}{10^{-6} \cdot 1,89 \cdot 10^5}}; \frac{0,319 \cdot 1,6}{2 \cdot 135} \right\} = \max \{0,00175; 0,0016\} = 1,75 \text{ мм}$$

Розрахунок товщини днища навантаженого внутрішнім тиском:

Товщина днища навантаженого внутрішнім тиском визначається за формулою:

$$S_p^{вн} = \frac{P_p R}{2\varphi[\sigma] - 0,5P_p} \quad (3.23)$$

де P<sub>p</sub>=0,021 МПа – внутрішній тиск в апараті

$$S_p^{вн} = \frac{0,021 \cdot 1,6}{2 \cdot 0,95 \cdot 135 - 0,5 \cdot 0,021} = 1,1 \cdot 10^{-4} \text{ м}$$

Виконавча товщина днища корпусу

Товщина днища визначається за формулою

$$S = \max \{S_p^{вн}; S_p^H\} + C = \max \{1,75; 0,11\} + 1,8 = 1,75 + 1,8 = 3,55 \text{ мм}$$

Приймаємо товщину днища S<sub>дн</sub>=6 мм

Перевіримо довжину відбортованої частини днища за умовою:

$$h_y \geq 0,8 \sqrt{D_{вн} (S - C)} = 0,8 \sqrt{1,6(0,006 - 0,0018)} = 0,065 \text{ м} \quad (3.24)$$

0,1 ≥ 0,065 - умови виконуються

					6.133.22.06.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

### 3.4 Розрахунок товщини еліптичного днища

Оскільки кришка апарату знаходиться тільки під внутрішнім тиском, то її товщина буде визначатися так само як і для еліптичного днища, навантаженого зовнішнім тиском, тобто.

$$S_{кр.} = S_{дн.р}^n = 0,001 \text{ м}$$

Виконавча товщина за формулою (3.6)  $S = S_{кр} + C = 1,75 + 1,8 = 3,55 \text{ мм}$

Враховуючи навантаження приводного пристрою мішалки, дійсна товщина повинна бути більшою.

Прийmemo  $S = 6 \text{ мм}$

Приймаемо товщину стінки корпусу  $S = 12 \text{ мм}$

Розрахунок мінімально необхідних товщин стінок циліндричної обичайки сорочки та еліптичного днища сорочки.

Розрахунок товщини стінки циліндричної обичайки сорочки.

Розрахункова товщина стінки навантаженої зовнішнім тиском визначається за формулою (3.1):

$$S_p = \max \left\{ \frac{P_p D_{вн}}{2[\sigma] \varphi - P_p}, \frac{P_{пр} D_{вн}}{2[\sigma]_{н} \varphi - P_{пр}} \right\}$$

де  $P_p = 0,319 \text{ МПа}$  – розрахунковий тиск у сорочці;

$\varphi = 0,95$  – коефіцієнт міцності зварного шва;

$D_{вн} = 1750 \text{ мм}$  – внутрішній діаметр сорочки;

$[\sigma] \approx [\sigma]_{н} = 160 \text{ МПа}$  – допустима напруга при  $20^\circ \text{C}$ .

$P_{пр}$  – пробний тиск при гідравлічних випробуваннях, МПа

$$P_{пр} = \max \left\{ 1,5 \cdot P_p \cdot \frac{[\sigma]_{н}}{[\sigma]}, 0,2 \right\} = \max \left\{ 1,5 \cdot 0,319 \cdot \frac{160}{160}; 0,2 \right\} = \max \{0,48; 0,2\} = 0,48 \text{ МПа} \quad (3.25)$$

$$S_p = \max \left\{ \frac{0,319 \cdot 1,75}{2 \cdot 160 \cdot 0,95 - 0,319}, \frac{0,48 \cdot 1,75}{2 \cdot 160 \cdot 0,95 - 0,48} \right\} = \max \{1,75 \cdot 10^{-3}; 2,53 \cdot 10^{-3}\} = 2,53 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

					6.133.22.06.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

Виконавча товщина стінки за формулою (3.6):

$$S=S_p+C=2,53+1,8=4,33\text{мм}$$

Приймаємо  $S=6\text{мм}$

Допустимий внутрішній надлишковий тиск для циліндричної обичайки сорочки:

$$[P]=\frac{2[\sigma]\varphi(S-c)}{D_{\text{вн}}+S-c}>P_p$$

де  $[\sigma]$  – допустима напруга для матеріалу сорочки, МПа.

$D_{\text{вн}}$  – внутрішній діаметр сорочки, мм;

$S$  – товщина стінки сорочки, мм

$C$  – розрахункова надбавка на корозію, мм.

$$[P]=\frac{2 \cdot 160 \cdot 0,95(6-1,8)}{1750+6-1,8}=0,73\text{МПа} > P_p$$

Умови виконуються

Прийmemo товщину днища, що дорівнює товщині обичайки, тобто  $S=6\text{мм}$

Тоді допустимий внутрішній надлишковий тиск на еліптичний днище сорочки буде розрахований за формулою (43):

$$[P]=\frac{2[\sigma]\varphi(S-c)}{D_{\text{вн}}+0,5(S-c)}=\frac{2 \cdot 160 \cdot 0,95(6-1,8)}{1750+0,5(6-1,8)}=0,73\text{МПа} > P_p$$

Умови виконуються

					6.133.22.06.00.00.00 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3.5 Розрахунок і вибір опори

Маса корпусу апарату

$$m_k = \rho(A_{\text{ц}}S_{\text{ц}} + A_{\text{кр}}S_{\text{кр}} + A_{\text{дн}}S_{\text{дн}}) \quad (3.26)$$

де  $\rho = 7860 \text{ кг/м}^3$  – щільність сталі

$A_{\text{ц}}$ ,  $A_{\text{кр}}$ ,  $A_{\text{дн}}$  – бічна поверхня відповідно циліндричної обичайки, кришки та днища

$S_{\text{ц}}$ ,  $S_{\text{кр}}$ ,  $S_{\text{дн}}$  – відповідно товщина стін обичайки, кришки та днища

$$A_{\text{ц}} = \pi \cdot D_{\text{вн}} \cdot L \quad (3.27)$$

де  $L = 1133 \text{ мм}$  – довжина обичайки апарату

$$A_{\text{ц}} = 3,14 \cdot 1,6 \cdot 1,473 = 7,4 \text{ м}^2$$

$$A_{\text{кр}} = A_{\text{дн}} = 1,24 \cdot D_{\text{вн}}^2 = 1,24 \cdot 1,6^2 = 3,17 \text{ м}^2 \quad (3.28)$$

Тоді  $m_k = 7860(7,4 \cdot 0,012 + 3,17 \cdot 0,006 + 3,17 \cdot 0,006) = 997 \text{ кг}$

Визначення маси сорочки

$$m_p = \rho(A_{\text{цр}}S_{\text{цр}} + A_{\text{дн.р}}S_{\text{дн.р}}) \quad (3.29)$$

де  $A_{\text{цр}}$ ,  $A_{\text{дн.р}}$  – бічна поверхня відповідно обичайки та днища сорочки, м

$S_{\text{цр}}$ ,  $S_{\text{дн.р}}$  – товщина стінки відповідно циліндричної обичайки та днища сорочки, м

$$A_{\text{цр}} = \pi \cdot D_{\text{вн}} \cdot L_p \quad (3.30)$$

де  $D_{\text{вн}} = 1,1 \text{ м}$  – внутрішній діаметр сорочки

$L_p = 1,058 \text{ м}$  – висота сорочки

					6.133.22.06.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

$$A_{\text{цр}}=3,14 \cdot 1,75 \cdot 1,373=7,54 \text{ м}^2$$

$$A_{\text{дн.р}}=1,24D_{\text{вн}}^2=1,24 \cdot 1,75^2=3,8 \text{ м}^2 \quad (3.31)$$

Тоді  $m_p=7860 \cdot 0,006(3,8+7,54)=357 \text{ кг}$

Визначення маси штуцерів та фланця

Маса штуцерів приймається з розрахунку 10% маси апарату

$$m_{\text{шт}}=0,1 \cdot 997=99,7 \text{ кг}$$

Маса фланця

$$m_{\phi} = \frac{\pi(D_{\phi}^2 - D_{\text{вн}}^2)h_{\phi}}{4} \rho, \text{ кг} \quad (3.32)$$

де  $D_{\phi}$  – зовнішній діаметр фланця [2];

$D_{\text{вн}}$  - внутрішній діаметр фланця [2]

$h_{\phi}$  – висота фланця.

$$m_{\phi} = \frac{3,14(1,73^2 - 1,6^2)0,06}{4} 7860 = 202 \text{ кг}$$

Маса втулки фланця

$$m_{\text{в}}=\pi \cdot D_{\text{вн}} h_{\text{в}} S_0 \rho \quad (3.33)$$

де  $S_0=10 \text{ мм}$  – товщина стінки втулки

$h_{\text{в}}=50 \text{ мм}$  – висота втулки.

$$m_{\text{в}}=3,14 \cdot 1,6 \cdot 0,08 \cdot 0,0016 \cdot 7860=1,61 \text{ кг}$$

Вага середовища у сорочці

$$P_{\text{ср}}=\rho_{\text{с}} \cdot V_{\text{с}} \cdot g \quad (3.34)$$

					6.133.22.06.00.00.00 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



де  $\rho_c=1000 \text{ кг/м}^3$  – щільність середовища у сорочці

$V_c$  – внутрішній обсяг порожнини сорочки,  $\text{м}^3$

$$V_c = \left( \frac{\pi \cdot D_p^2 L_p}{4} + V_{\text{дн.р}} \right) - \left[ \frac{\pi(D + 2S)}{4} L_p + V_{\text{дн.ап}} \right] \quad (3.35)$$

де  $V_{\text{дн.р}}=0,7945 \text{ м}^3$ , табл.7.2[2]

$V_{\text{дн.ап}}=0,6141 \text{ м}^3$ , табл.7.2[2]

$$V_c = \left( \frac{3,14 \cdot 1,75^2 \cdot 1,373}{4} + 0,7945 \right) - \left[ \frac{3,14(1,6 + 2 \cdot 0,012)}{4} 1,3 + 0,6141 \right] = 0,792 \text{ м}^3$$

$$P_{\text{ср}}=1000 \cdot 0,792 \cdot 9,81=7773,8 \text{ Н}=7,77 \text{ кН}$$

Вага середовища в апараті

$$P_{\text{с.ап}}=V_{\text{ап}} \cdot \rho_{\text{с.ап}} \text{ г} \quad (3.36)$$

$$V_{\text{с.ап}} = \frac{\pi D_{\text{ен}}^2 H_{\text{жс}}}{4} + V_{\text{дн.ап}} \quad (3.37)$$

де  $H_{\text{ж}}=H^*-H_{\text{дн.ап}}=1,305-0,4=0,905 \text{ м}$

$$V_{\text{с.ап}} = \frac{3,14 \cdot 1,6^2 \cdot 0,905}{4} + 0,6141 = 2,43 \text{ м}^3$$

$$P_{\text{с.ап}}=2,43 \cdot 350 \cdot 9,81= 32218,6 \text{ Н}$$

Загальна вага апарату

$$P_{\text{ап}}=g(m_{\text{к}} + m_{\text{р}} + m_{\text{шт}} + m_{\text{ф}} + m_{\text{в}} + m_{\text{пр}})+P_{\text{с.ап}}+P_{\text{с.р}} \quad (3.38)$$

де  $m_{\text{пр}}=440 \text{ кг}$  – маса приводу, табл.32.13[2]

					6.133.22.06.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

$$P_{\text{ап}}=9,81(997+357+99,7+1,61+202+440)+32218,6+7773,8=60567\text{Н}=60,567\text{кН}$$

Навантаження на одну опору

Приймаємо кількість опор  $n=3$

Навантаження на одну опору

$$Q = \frac{P}{n} = \frac{60,567}{3} = 20,2\text{кН} \quad (3.39)$$

По рисунку 29.1 [2] та таблиці 29.2 [2] вибираємо опору-лапу тип I, с  
 $Q=25\text{кН}$

Перевірка міцності стінки апарата під опорою без накладного листа

Осьова напруга від внутрішнього тиску

$$\sigma_{\text{мох}} = \frac{PD}{4S_o} + \frac{4M}{\pi D^2 S_o} \quad (3.40)$$

де  $P=0,319\text{МПа}$  тиск у сорочці

Плече дії навантаження на опорі

З табл. 29.2 [2] маємо  $b=155\text{мм}$ ,  $f_{\text{max}}=30\text{мм}$

$$l=0,5(b+f_{\text{max}}+S_o)=0,5(0,155+0,03+0,0102)=0,098\text{м} \quad (3.41)$$

де  $S_o$  – виконавча товщина стінки апарата наприкінці терміну служби

Величина моменту від сили  $Q$

$$M=Q \cdot l=20,2 \cdot 0,098=1,97\text{кНм} \quad (3.42)$$

Тоді

$$\sigma_{\text{мох}} = \frac{0,319 \cdot 1,6}{4 \cdot 0,0102} + \frac{4 \cdot 1970 \cdot 10^{-6}}{3,14 \cdot 1,6^2 \cdot 0,0102} = 12,6\text{МПа}$$

Окружне зусилля від внутрішнього тиску

					6.133.22.06.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

$$\sigma_{mOy} = \frac{PD}{2S_o} = \frac{0,319 \cdot 1,6}{2 \cdot 0,0102} = 25,02 \text{ МПа} \quad (3.43)$$

Максимальна мембранна напруга від осьових навантажень:

$$\sigma_{mo} = \max \{ \sigma_{mOx}; \sigma_{mOy} \} = \max \{ 12,6; 25,02 \} = 25,02 \text{ МПа}$$

Максимальне мембранне зусилля від основних навантажень та реакції опори

$$\sigma_m = \sigma_{mo} \pm \frac{K_1 Ql}{DS_o^2} \quad (3.44)$$

де  $K_1$  – коефіцієнт, що приймається за рис.14.6 [3] залежно від параметрів

$$\gamma = \frac{D}{2S_o} = \frac{1,6}{2 \cdot 0,0102} = 78,4 \text{ и } \frac{h}{D} = \frac{0,23}{1,6} = 0,14$$

де  $h$  – висота опори

$$K_1 = 1,32$$

$$\sigma_m = 25,02 \pm \frac{1,32 \cdot 20,2 \cdot 10^{-3} \cdot 0,155}{1,6 \cdot 0,0102^2} = (26,9... - 23,1) \text{ МПа}$$

Максимальна напруга від реакції опори визначається за формулою:

$$\sigma_u = \frac{K_2 Ql}{hS_o^2} \quad (3.45)$$

де  $K_2$  – коефіцієнт приймається по рис.14.1[3] залежно від тих параметрів,  $K_2=0,7$

$$\sigma_u = \frac{0,7 \cdot 20,2 \cdot 10^{-3} \cdot 0,155}{0,23 \cdot 0,0102^2} = 130,8 \text{ МПа}$$

Умова міцності має вигляд:

					6.133.22.06.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

$$\left(\frac{\sigma_m}{\sigma_m}\right)^2 + \frac{0,8 \cdot \sigma_u}{A \cdot \sigma_m} \leq 1 \quad (3.46)$$

де  $A=1,0$  – для експлуатаційних умов

$A=1,2$  – для умов транспортування, монтажу та гідравлічних випробувань

$$\left(\frac{26,9}{130,8}\right)^2 + \frac{0,8 \cdot 130,8}{1,2 \cdot 26,9} = 3,28 < 1$$

Оскільки умова не виконується необхідна установка накладного листа.

### 3.6 Розрахунок валу на вібростійкість

Для середовища з високою щільністю та в'язкістю  $\mu > 0,3$  Па·с умова вібростійкості

$$\omega \leq 0,55 \cdot \omega_{01} \quad (3.47)$$

Перша критична швидкість визначається за формулою

$$\omega_{01} = \frac{\alpha^2}{L^2} \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I}{m_e}} \quad (3.48)$$

де  $\alpha$  – корінь рівняння критичних швидкостей визначається за графіком [2 рис. 32.6] залежно від коефіцієнта  $K$  та  $a$ ;

$L$  – довжина валу, м;

$E$  – модуль пружності матеріалу валу, Па;

$I$  – момент інерції поперечного перерізу валу, м<sup>4</sup>;

$m_e$  – момент інерції поперечного перерізу валу, кг·м.

Вихідні дані для розрахунку.

Довжина валу, [Додаток А, рис.2]

$$L = 2,36 \text{ м};$$

$$I_1 = 2,24 \text{ м};$$

Маса мішалки

$$m_m = 110 \text{ кг [2 с.714];}$$

Справжня швидкість валу

$$\omega = 2,63 \text{ рад,сек.}$$

Визначаємо коефіцієнт  $a$  [2]

					6.133.22.06.00.00.00 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$a = \frac{l_1}{L} \quad (3.49)$$

$$a = \frac{2,24}{2,36} = 0,94.$$

Визначаємо коефіцієнт  $K$  [2]

$$K = \frac{m_M}{m_g \cdot L} \quad (3.50)$$

де  $m_M$  – маса мішалки (с.174 [2]);  
 $m_g$  – маса одного погонного метра валу;  
 $L$  – довжина валу.

$$K = \frac{110}{30,2 \cdot 2,36} = 1,14.$$

Визначаємо масу одного погонного метра валу

$$m_g = \rho_g \cdot 0,785 \cdot d_g^2 \cdot 1, \quad (3.51)$$

де  $\rho$  – щільність матеріалу валу,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

$$m_g = 7850 \cdot 0,785 \cdot 0,07^2 \cdot 1 = 30,2 \text{ кг.}$$

За графіком [2] вибираємо коефіцієнт  $a$  залежно від розрахункової схеми валу та коефіцієнтів  $a$  і  $K$

$$\alpha = 3,1.$$

Модуль пружності матеріалу валу.  $E = 2 \cdot 10^{11}$  Па [2, 101].  
 Момент інерції поперечного перерізу валу

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64} \quad (3.52)$$

					6.133.22.06.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

$$I = \frac{3,14 \cdot 0,07^4}{64} = 11,8 \cdot 10^{-7} \text{ м}^4.$$

Визначаємо першу критичну швидкість за формулою

$$\omega_{01} = \frac{3,1^2}{2,36^2} \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{11} \cdot 11,8 \cdot 10^{-7}}{30,2}} = 152 \text{ рад/сек.}$$

Перевіряємо вібростійкість валу

$$2,63 \leq 0,55 \cdot 152 = 83,6 \text{ рад/сек.}$$

Умови виконуються.

### 3.7 Розрахунок зміцнення отвору

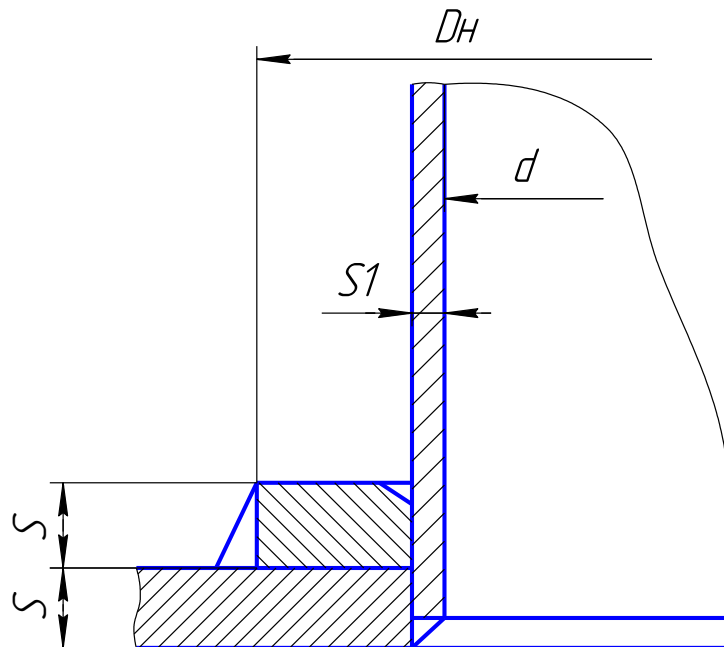


Рисунок 3 - Схема зміцнення отвору.

Вибір штуцерів.

Корпус, днище, кришка, обичайка апарату та сорочки забезпечуються необхідною кількістю штуцерів та люків для огляду та ремонту апарату та для спостереження за процесом. Отвори зменшують несучу площу матеріалу

					6.133.22.06.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

корпусу або днища, кришки та й викликають високу концентрацію напруг поблизу краю отвору.

Приймаємо конструктивно:

1. На кришці апарату

- для введення продукту  $D_y=100\text{мм}$
- КПП  $D_y=50\text{мм}$
- оглядовий люк  $D_y=150\text{мм}$
- технологічний  $D_y=50\text{мм}$

2. Днище апарату: штуцер для відведення продукту  $D_y=80\text{мм}$

3. Днище сорочки: штуцер для відведення

Теплоносія  $D_y=40\text{мм}$

4. Обичайка сорочки: штуцер для введення

теплоносія  $D_y=40\text{мм}$

Розрахунок зміцнення одиночного отвору

Найбільший діаметр, що не вимагає зміцнення в еліптичній кришці апарату, визначається за формулою 11.20[3]

$$d_{oR} = 2 \left( \frac{S-c}{S_R} - 0.8 \right) \cdot B_o \quad (3.53)$$

де  $B_o$  – ширина зони укріплення, мм;

$S=6\text{мм}$  – виконавча товщина стінки кришки;

$S_R=1\text{мм}$  – розрахункова товщина стінки кришки;

$C=1,8\text{мм}$  – надбавка.

Розраховуємо зміцнення отвору для люка  $D_y=150\text{мм}$

$$D_R = 2D_{вн} \sqrt{1 - 3 \left( \frac{X}{D_{вн}} \right)^2} \quad (3.54)$$

де  $D_{вн}=1600\text{мм}$  – внутрішній діаметр кришки;

$X=320\text{мм}$  – відстань від центру отвору до осі, що зміцнюється еліптичної кришки;

$$D_R = 2 \cdot 1600 \sqrt{1 - 3 \left( \frac{320}{1600} \right)^2} = 3002\text{мм}$$

$$B_o = \sqrt{D_R(S-c)} = \sqrt{3002(6-1,8)} = 112,3\text{мм} \quad (3.55)$$

					6.133.22.06.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

$$d_{oR} = 2 \left( \frac{6-1,8}{1,75} - 0,8 \right) \cdot 112,3 = 359,4 \text{ мм}$$

Розрахунковий діаметр отвору

$$d_R = \frac{d_T + 2c}{\sqrt{1 - \left( \frac{2X}{D_R} \right)^2}} = \frac{169 + 2 \cdot 1,8}{\sqrt{1 - \left( \frac{2 \cdot 320}{3002} \right)^2}} = 176,7 \text{ мм} \quad (3.56)$$

Для виготовлення штуцера приймаємо трубу: Труба 180x8-12X18Н10Т ГОСТ9940-81. Так як  $d_R < d_{oR}$  ( $176,7 < 359,4$ ) то подальших розрахунків із зміцнення одиночного отвору не потрібно і конструкція штуцерів приймається згідно з рис.1. Розрахунки зі зміцнення інших отворів ведуться аналогічно.

### 3.8 Розрахунок якірного перемішуючого пристрою

Розрахунковий згинальний момент лопаті в місці приєднання її до маточини визначаємо за формулою 31.15 [2]:

$$M'_{и} = 0,0813 \frac{N'_M}{n}, \quad (3.57)$$

де  $N'_M$  – розрахункова потужність, Вт.  $N'_M = 1743$  Вт;  
 $n$  – частота обертання мішалки,  $c^{-1}$ .  $n = 0,419 \text{ c}^{-1}$ .

$$M'_{и} = 0,0813 \frac{1743}{0,419} = 338,2 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Визначимо значення  $a$  за формулою 31.19[2]:

$$a = \frac{b}{h \left[ \left( \frac{0,5d_M}{0,5d_M - b} \right)^4 - 1 \right]} \quad (3.58)$$

де  $b$  – ширина лопасті, м.

$h$  – висота пристрою, що перемішує, м;

$d_M$  – діаметр перемішуючого пристрою, м.

					6.133.22.06.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48



$$a = \frac{0,11}{1,4 \left[ \left( \frac{0,5 \cdot 1,5}{0,5 \cdot 1,5 - 0,11} \right)^4 - 1 \right]} = 0,088$$

Розрахунковий момент, що крутить, лопаті в місці приєднання її до маточини визначаємо за формулою 31.18[2]:

$$M'_{\kappa} = 0,0542 \frac{[(0,5d_m)^3 - (0,5d_m - b)^3](h - b)}{[(0,5d_m)^4 - (0,5d_m - b)^4](1 - a)} \cdot \frac{N'_m}{n} =$$

$$= 0,0542 \frac{[(0,5 \cdot 1,5)^3 - (0,5 \cdot 1,5 - 0,11)^3](1,4 - 0,11)}{[(0,5 \cdot 1,5)^4 - (0,5 \cdot 1,5 - 0,11)^4](1 - 0,088)} \cdot \frac{1743}{0,419} = 343 \text{ н} \cdot \text{м}$$

Приймаємо висоту прямої частини лопаті від місця переходу в криву рівним  $h_{\pi}=0,95\text{м}$

Розрахунковий згинальний момент у вказаному місці лопаті визначаємо за формулою 31.20 [2]:

$$M'_{\pi 1} = M'_{\kappa} \left( 1 - \frac{h_{\pi}}{h - 0,5b} \right) = 343 \left( 1 - \frac{0,95}{1,4 - 0,5 \cdot 0,11} \right) = 100,7 \text{ н} \cdot \text{м}$$

Розрахунковий момент опору поперечного перерізу лопаті у місці приєднання її до ступиці визначається за формулою 31.21 [2]:

$$W' = \frac{\sqrt{(M'_{\pi 1})^2 + 4(M'_{\kappa})^2}}{\sigma_{\text{ид}}} \quad (3.59)$$

Де  $\sigma_{\text{ид}}$  – допустима напруга на вигин для матеріалу лопаті, Мн/м<sup>2</sup>;

$$W' = 10^{-6} \frac{\sqrt{(338,2)^2 + 4(343)^2}}{160} = 60,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

Номінальну розрахункову товщину лопаті визначаємо за формулою 31.22 [2]:

$$s' = \sqrt{\frac{6M'_{\pi 1}}{b \cdot \sigma_{\text{ид}}}} = \sqrt{\frac{6 \cdot 100,7}{0,11 \cdot 160}} = 5,86 \text{ мм}$$

					6.133.22.06.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

З урахуванням двостороннього надбавлення на корозію та округлення розміру приймаємо  $s=12\text{мм}$ .

З урахуванням двостороннього надбавлення на корозію та округлення розміру приймаємо:

$$W = \frac{(s-2C_k)(b-2C_k)^3 + (b-s)(s-2C_k)^3}{6(b-2C_k)} \quad (3.60)$$

де  $C_k$  – збільшення на корозію, м.  $C_k=0,0018\text{м}$ .

$$W = \frac{(0,012 - 2 \cdot 0,0018)(0,11 - 2 \cdot 0,0018)^3 + (0,11 - 0,012)(0,012 - 2 \cdot 0,0018)^3}{6(0,11 - 2 \cdot 0,0018)} =$$

$$= 1,59 \cdot 10^{-5}\text{м}^3$$

Так як  $W \geq W'$

Навантаження на один болт у з'єднанні двох половин пристрою, що переміщує, при відстанях між болтами в горизонтальному напрямку  $A=0,1\text{м}$  визначаємо за формулою 31.23[2]:

$$P'_6 = \frac{M'_и}{A} = \frac{100,7 \cdot 10^{-6}}{0,1} = 1007 \cdot 10^{-6}\text{Мн}$$

Розрахунковий переріз болта за внутрішнім діаметром різьблення визначаємо за формулою 21.17 [2]:

$$F'_6 = \frac{P'_6}{\sigma_d z} \quad (3.61)$$

де  $\sigma_d$  – Напруга, що допускається на розтяг для матеріалу болта  $\text{Мн/м}^2$ ; По графіку 21.3 [2]  $\sigma_d=105 \text{Мн/м}^2$ ;

$z$  – кількість шпильок.

$$F'_6 = \frac{1007 \cdot 10^{-6}}{105 \cdot 2} = 4,8 \cdot 10^{-6}\text{м}^2$$

Підбираємо за таблицею 21.1 [2] М12.

					6.133.22.06.00.00.00 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4 Монтаж і ремонт апарату

### 4.1 Монтаж апарата[12]

Враховуючи порівняно невеликі розміри апаратів, маємо можливість встановити основне та допоміжне обладнання всередині будівлі, що забезпечує стабільні умови експлуатації обладнання, менш схильний до атмосферної корозії, а також підвищується зручність його обслуговування.

З метою зменшення загальної довжини трубопроводів все ємнісне обладнання розташоване якомога ближче до змішувача, що зменшує втрати напору та витрати на переміщення рідин.

При розміщенні обладнання передбачені проходи, що забезпечують зручне та безпечне обслуговування та ремонт апаратури. Для зручності обслуговування технологічного обладнання, огляду та ремонту, за місцем встановлені естакади, майданчики та сходи.

Мірник води маємо вище рівня змішувача, тим самим уникаємо використання насосів для перекачування води в реактор.

Перед монтажем обладнання перевіряється його комплектність, відповідність проектним кресленням, проводиться візуальний огляд відсутність пошкоджень, поломок та інших видимих дефектів.

При монтажі вертикальних лопатевих, рамних та якірних мішалок необхідно забезпечити строгу вертикальність валу та виключити можливість помітного дисбалансу заважаючих щодо осі обертання. Відсутність дисбалансу перевіряють шляхом пробного пуску на робоче число оборотів, при якому не повинно бути вібрації апарату та биття валу. Биття валу легко можна знайти за допомогою рейсмусу.

Мішачі встановлюють на валу на шпонках, тому їх втулки повинні бути ретельно підігнані на валу. У разі застосування різних втулок після складання та затягування болтів потрібно переконатися у щільному приляганні втулки до валу по всій поверхні сполучення. Часто вали мішалок виготовляють складовими. З'єднання валів за допомогою муфт - дуже відповідальна операція.

Мішачі виконують литими, звареними або розбірними. Їх вносять в апарат за допомогою кранів разом із валом або окремо. В останньому випадку посадку на вал роблять усередині апарату, що значно складніше.

Корпуси апаратів, в яких необхідно підтримувати задану температуру процесу, мають сорочку або трубні змійовики. Наявність сорочки ускладнює можливість швидкого визначення дефекту, тому після кожного ремонту простір між сорочкою та корпусом перевіряють обпресуванням. Змійовики,

					6.133.22.06.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

розташовані всередині апаратів, піддаються зносу поряд з іншими внутрішніми пристроями. Зовнішні змійовики більш довговічні.

Привід (мотор-редуктор) передає момент, що крутить, валу мішалки за допомогою проміжного пристрою, що виключає дію поперечних сил на вихідний вал редуктора. Мотор-редуктор поставляється заводом-виробником, зібраним на мішалці або окремо. У першому випадку перед транспортуванням як для приводу, так і для всього ротора (всередині корпусу апарату) встановлюються розпірки, що запобігають їх поломці. На монтажному майданчику ці розпірки знімають (іноді зрізають газорізанням) і перевіряють легкість провертання. Потім запускають двигун і перевіряють вхолосту привід та ротор. При цьому стежать за навантаженням двигуна, температурою підшипників і прослуховують шум, що супроводжує роботу редуктора. Виявлені дефекти уточнюють після розбирання відповідного вузла.

При роздільному постачанні приводу його транспортування та встановлення на апарат виробляють лише за допомогою спеціальних стропових пристроїв на приводі за схемою, показаною на рис. XI-2, ст. При орієнтації мотора-редуктора на підставі необхідно, щоб був забезпечений вільний доступ до масловказівника і пробки, що спускається. Вали роторів мішалок з'єднують із валом приводу за допомогою муфт. Для валів вертикальних роторів, підвішених за привід, застосовують поперечно-згортки і поздовжньо-згортки глухі муфти. Напівмуфта на вал редуктора повинна насаджуватися до упору в бурт валу, попередньо підігрітий до 120-150 ° С. При насадці напівмуфти не рекомендується користуватися молотком, тому що при сильному ударі можна пошкодити підшипники. Болти, що стягують обидві половинки кожної муфти, повинні бути затягнуті так, щоб сила тертя, що при цьому виникає, була достатня для передачі крутного моменту. Проте на обидва вали все ж таки встановлюють шпонки.

Особливо важливою умовою монтажу приводу та корпусу апарату є необхідність суворої вертикальності валів та їх співвісності, які перевіряються відомими способами. Після монтажу приводу і затоки в його картер масла проводять холосту обкатку протягом 10-15 хв. При кожному ремонті приводи мішалок піддають ревізії: перевіряють люфти в зачепленнях і підшипниках, а також центрування двигуна з редуктором. Особливу увагу звертають на справність системи подачі мастила. Виявлені дефекти виправляють відомими способами (див. розділ IV).

Якщо апарат працює під тиском або у вакуумі або призначений для перемішування вибухонебезпечних та токсичних середовищ, до монтажу системи герметизації апарата у вузлі виходу з нього валу ротора висувають

					6.133.22.06.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

особливо високі вимоги. Зібране ущільнення перевіряють шляхом подачі ущільнювальної рідини, яка не повинна виступати за межі випробуваного ділянки.

Зібрана або відремонтована мішалка здається в експлуатацію після гідравлічного опресування корпусу та пробного пуску приводу під навантаженням.

#### 4.2 Проведення ремонтних робіт [13]

При плановій зупинці виробництва необхідно знеструмити обладнання. Відключити від обладнання трубопроводи з перемиканням засувки. Продути апарат повітрям із повітряною витяжкою. Очистити апарат від напівфабрикату та проаналізувати на склад повітряного середовища (аналіз не повинен показувати перевищення ГДК шкідливих речовин). Вивісити попереджувальний плакат "Апарат на ремонті" або "Трубопроводи на ремонті" на апарат або трубопроводи, що знаходяться на чищенні чи ремонті. Знімати попереджувальний плакат можна лише після закінчення ремонту з дозволу начальника цеху чи механіка. Начальнику цеху записати до журналу розпорядження про припинення роботи агрегату. Здійснювати розтин апарату, ємності або від'єднання трубопроводу тільки після дозволу начальника зміни (майстра). Підготовку та проведення внутрішнього огляду, чищення та ремонт апаратів проводити за інструкцією. Всі роботи: чищення, огляд, ремонт всередині апаратів проводити за актом-нарядом на виробництво небезпечних робіт всередині апаратів, затвердженим головним інженером, при безперервному нагляді технічного персоналу цеху. Продукти чищення апарата або трубопроводів повинні бути зібрані в тару та після закінчення чищення негайно видалені з приміщення цеху в безпечне у пожежному відношенні місце.

В апаратах з мішалками найбільшому зносу піддаються деталі пристрою, що переміщує. Метод ремонту деталей визначається ступенем їхнього зносу. При незначному зношуванні (невеликі ризики, незначна овальність) вал виправляється шліфуванням. При значному зносі вал обточується і шліфується під ремонтний розмір або нарощується шар металу (наплавленням, металізацією, хромуванням і т. д.) та при подальшій обробці відновлюється номінальний діаметр валу. Можливе також напресування втулок. Вали апаратів з мішалками мають два найбільш схильні до зношування місця: ділянка зіткнення з сальниковим набивкою і зона контакту з кінцевим підшипником. При ремонті найбільш доцільна установка на цих місцях втулок

					6.133.22.06.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

з зносостійкого металу, що легко змінюються. Правка погнутого або зварювання зламаного валу здійснюється одним із способів, писаних при розгляді відновлення пошкоджень цілісності.

У процесі експлуатації корпусі апарата можуть виникнути такі дефекти:

1. Тріщини всіх видів та напрямків у зварних швах, навколошовній зоні, основному металі;
2. Корозійні поразки основного металу, зварних швів;
3. Ерозійне зношування;
4. Гофри, вм'ятини, випучини.

Спосіб виправлення дефектних ділянок вибирають з урахуванням наступних факторів: природи дефекту (тріщини, корозійні розтікання, ерозійне зношування), конструкції корпусу (наявність приварних внутрішніх пристроїв та місцевих дефектів); матеріального оформлення корпусу

Залежно від виду та розмірів дефекту застосовують в основному два способи їх виправлення: зварювання та наплавлення дефектної ділянки; заміну дефектної ділянки (установку «заплати», зміну листа, обичайки, днища).

Підготовку дефектних місць під зварювання та наплавлення проводять як механічним, так і вогневим способом, видаляючи мінімальну кількість металу з метою зменшення залишкової напруги та обсягу зварювальних робіт.

Після видалення дефектів та підготовки кромek під зварювання або наплавлення вогневим способом поверхню необхідно зачистити механічним способом на глибину 1,0 мм. Зміщення кромek листів у стикових з'єднаннях, що визначає міцність судини, має бути не більше 10% номінальної товщини тоншого листа, але не більше 3мм.

При зварюванні елементів різної товщини необхідно передбачати плавний перехід від одного елемента до іншого поступовим утоненням більш товстого елемента.

Для ремонту корпусу апарату слід використовувати матеріал тієї ж марки, з якої виготовлений корпус. Допускається застосування для ремонту корпусів апарату інших матеріалів, але при цьому за хімічним складом та механічними властивостями та умовами застосування матеріал повинен бути не гірше за замінений і мати сертифікат.

При ремонті корпусу зварні шви повинні забезпечувати необхідну міцність та бути доступними для контролю. Зварні шви повинні розташовуватися поза опорами корпусу. При попаданні зварного шва на опору він повинен бути перевірений обсягом 100% ультразвуковим методом контролю. Усі зварні шви підлягають тавруванням.

					6.133.22.06.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Дефекти корпусів (гофри, вм'ятини, корозію та ерозію понад допустимі межі) усувають заміною листа обичайки днища або встановленням латки з того ж матеріалу.

Штуцери підлягають заміні при наступних дефектах: тріщини всіх видів та напрямків, корозії та ерозії, розшаруванні металу. Заміну штуцерів виконують установкою нового штуцера із заміною кільця, що зміцнює, або без заміни кільця, що зміцнює. Новий штуцер повинен виготовлятися в умовах ремонтного цеху з дотриманням вимог стандартів та нормативно-технічної документації.

Після закінчення зварних робіт повинна проводитися термічна обробка місць заварювання та наплавлення дефектних ділянок для зниження залишкових напруг та покращення властивостей металу шва та навколошовної зони.

Гідравлічне випробування проводять з метою перевірки елементів апарату на міцність та щільність. Судини та апарати визнають такими, що витримали гідравлічне випробування за наступних умов: якщо в процесі випробування не помічено падіння тиску по манометру, течі, крапель, потіння, деформації стінок, ознак розриву металу.

При збиранні апаратів з пристроями, що перемішують, після ремонту їх елементів болтові з'єднання кріплення мішалок повинні мати контргайки, шплінти або запобіжні гайки.

Вал повинен бути встановлений вертикально, при цьому співвісність валу мішалки і вихідного валу редуктора повинна бути витримана в межах допустимих норм. Це перевіряється під час встановлення напівмуфт. Співвісність валу та корпусу сальника встановлюється вимірюванням зазорів між поверхнею валу та поверхнею сальникової камери у чотирьох діаметрально протилежних точках. Співвісність всіх валів досягається так: співвісно корпусу апарату встановлюється вал мішалки, потім вал редуктора, а по валу редуктора - вал двигуна; центрування ведеться за напівмуфтами.

Набивання сальника набирають окремими кільцями з косим зрізом кінців і зазором в стику 3-5 мм. Стик кожного наступного кільця зміщують щодо стику попереднього кільця на 120°. Затягування набивання проводять так, щоб між валом і натискною втулкою зберігався рівномірний зазор по колу.

Після складання апарату перевіряється робота приводу та мішалки на холостому ходу. При цьому контролюється нагрівання підшипників, робота системи охолодження підшипників, герметичність фланцевих з'єднань.

					6.133.22.06.00.00.00 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5 Охорона праці

### 5.1 Аналіз потенційних небезпек під час роботи [13]

Загальні вимоги щодо забезпечення здорових умов праці

- а) Усі рухомі та обертові частини механізмів обладнуються огорожами.
- б) Температура нагрітих поверхонь обладнання та огорож не повинна перевищувати 45 °С.
- в) Обладнання, що виділяє теплоту, пари, газу, пилю повинні мати місцеві відсмоктувачі або агрегати, що вловлюють та видаляють шкідливі речовини.
- г) Людині можна піднімати вантаж трохи більше 50 кг. Підйом більш важких вантажів однією людиною забороняється.
- д) До ручного транспортування допускаються особи, які досягли 18 років та пройшли медогляд.
- е) До зварювальних робіт допускаються особи, які склали іспит і отримали право на виконання робіт.
- ж) Забороняється користуватися несправним інструментом.
- з) Забороняється працювати в алкогольному та наркотичному сп'яніння.
- і) Під час роботи на висоті використовувати підмости, ліси, колиски, обладнані перилами.
- к) При роботі з деталями, що обертаються, одяг повинен бути заправлений, рукави зав'язані, волосся прибрано під головний убір.
- л) Дотримуватися правил пожежної та електробезпеки.

#### Електробезпека

Ураження електричним струмом може мати місце не тільки при контакті з струмоведущими частинами, але і при зіткненні з частинами обладнання, що у звичайних умовах не перебувають під напругою. Останнє може статися внаслідок порушення ізоляції струмовідних частин. Причиною ураження електричним струмом можуть бути ручні електроінструменти, тимчасові освітлювальні та силові проводки, а також переносні електричні освітлювальні прилади.

Для безпечного проведення робіт передбачаються такі заходи:

- заземлення чи занулення всіх металевих частин устаткування;
- застосування індивідуальних засобів захисту (ізолюючі гумові килимки та рукавички, інструмент із ізольованими ручками тощо);
- застосування безпечної напруги (не вище 36 В при користуванні ручними переносними лампами і не вище 12 В під час роботи в особливо небезпечних умовах - у сирих приміщеннях, усередині апаратів тощо);

					6.133.22.06.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56



- спорудження тимчасових огорож від проводів та кабелів, що знаходяться під напругою та проходять в районі ремонтного майданчика.

Дотик до струмоведучих частин, що знаходяться під напругою, викликає в більшості випадків мимовільне судомне скорочення м'язів.

Якщо постраждалий продовжує торкатися струмовідних частин, необхідно насамперед звільнити його від дії електричного струму. При цьому слід пам'ятати, що торкатися людини, яка перебуває під струмом, без застосування належних запобіжних заходів небезпечно для життя рятуючого. Тому першою дією надає допомогу має бути швидке відключення тієї частини установки, якої стосується постраждалий. При цьому необхідно враховувати таке:

- якщо потерпілий перебуває на висоті, то при відключенні установки та звільненні від струму він може впасти, тому мають бути вжиті заходи, що забезпечують безпеку падіння;

- при відключенні установки може одночасно вимкнутись електричне освітлення, тому необхідно забезпечити освітлення від іншого джерела (ліхтар, факел, свічки, аварійне освітлення, акумуляторні ліхтарі тощо), не затримуючи відключення установки та надання допомоги потерпілому.

Якщо відключення установки не може бути здійснено досить швидко, потрібно вжити заходів щодо відділення потерпілого від струмовідних частин, яких він торкається.

Для відділення потерпілого від струмопровідних частин або проводу напругою до 1000 В слід скористатися сухим одягом, канатом, ціпком, дошкою або іншим сухим предметом, що не проводить електричний струм. Використовувати у разі металічні чи мокрі предмети забороняється. Можна взятися за одяг потерпілого, якщо він сухий або відстає від тіла, наприклад за підлогу піджака або пальто, уникаючи дотику до навколишніх металевих предметів і до частин тіла, не прикритих одягом. Відтягуючи постраждалого за ноги, не торкайтесь його взуття.

Для ізоляції рук можна також накинути на постраждалого гуму, прогумовану матерію (плащ) або просто суху матерію. Можна також стати на суху дошку або будь-яку суху підстилку, згорток одягу, що не проводить електричний струм, і т. д. При відділенні потерпілого від струмовідних частин рекомендується діяти по можливості однією рукою. Виробництво крему для взуття є вибухопожежонебезпечним та токсичним.

У зв'язку з використанням у виробництві скипидару, нігрозину жиророзчинного у повітря виділяються пари скипидару, пил нігрозину

					6.133.22.06.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

жиророзчинного, присутність яких може призвести до виникнення пожеж, захворювання органів дихання, шкіри тощо.

З метою безпечного ведення технологічного процесу необхідно:

1. Строго дотримуватися технологічного регламенту, рецептури, технологічних інструкцій, інструкцій з техніки безпеки, протипожежної безпеки та промсанітарії.

2. До виконання робіт на технологічному обладнанні допускати осіб, які пройшли інструктаж з техніки безпеки та пожежної безпеки, а також навчання за програмою технічного мінімуму.

3. Працювати лише при включеній припливно-витяжній вентиляції на справному технологічному обладнанні, за наявності справних запобіжних огорож та КВП.

4. Перед початком роботи необхідно перевірити стан апаратів, трубопроводів, чистоту апаратів, плавність перебігу мішалок, справність насосів, вентилів, контрольно-вимірювальних приладів.

5. Чищення технологічного обладнання та труб вентиляції проводити не рідше 2-х разів на місяць.

6. Строго стежити за температурою, забороняється перевищувати температуру нагрівання реакційної маси, щоб уникнути викиду маси з апарату та загоряння.

7. Відбір проб проводити при включеній припливно-витяжній вентиляції, зупиненій мішалці, рукавичках, спецодязі (щоб уникнути опіків).

8. Трубопроводи, насосні агрегати герметизувати, щоб унеможливити виділення парів розчинників у робочу зону.

9. У всіх апаратах, у яких виконується робота з розчинниками, люки забезпечити м'якими прокладками, що оберігають від іскроутворення при випадковому ударі кришки люка.

10. Щоб уникнути загоряння та вибуху в цеху під час проведення робіт, користуватися лише неіскристим інструментом (латунним, мідним або омедненим).

11. У процесі роботи здійснювати постійний контроль за станом обладнання, пускачів, електропроводки.

Перевірка технічної справності обладнання та організації планово-попереджувального ремонту обладнання є необхідною умовою безаварійної роботи.

12. Огородити рухомі частини насосів та приводів апаратів у місцях можливого доступу.

					6.133.22.06.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

13. Трубопроводи пофарбувати в умовні кольори із зазначенням напрямку руху струму рідини, на вентилях мати стрілки, що показують напрямок закриття вентиля.

14. Для захисту від статичної електрики всю металеву апаратуру, ємності трубопроводи, металеві нетоківідні частини електрообладнання, вентсистеми заземлити. Справність заземлювальних пристроїв перевіряти систематично.

15. Щоб уникнути ураження працюючих електричним струмом, наявні в цеху електродвигуни, світильники, кнопки управління, заземлити. Старанно стежити за станом електродвигунів, пускачів, електропроводки.

16. У виробничих приміщеннях мати природне та штучне освітлення; світильники пиленепроникного типу, у вибухобезпечному виконанні.

17. Для огляду, чищення та ремонту обладнання допускається використовувати переносні герметичні вибухобезпечні лампи напругою не вище 12В або акумуляторні вибухобезпечні лампи «ЛАУ».

18. Роботу з чищення апаратів проводити у шланговому протигазі ПШ-1 або ПШ-2, у повній відповідності до інструкції з техніки безпеки при проведенні робіт у закритих апаратах, колодязях, колекторах та іншому аналогічному обладнанні, ємностях та інших спорудах на підприємствах.

19. У цеху мати аварійний комплект спецодягу та захисні засоби відповідно до галузевих норм.

20. Не допускати розливу скипидару.

21. Обтиральний матеріал необхідно збирати в металеві коробки з кришкою, які повинні випорожнюватися в кінці зміни.

22. забороняється застосування відкритого вогню, куріння, захаращення сировиною, тарою, готовою продукцією робочих місць, проходів, виходів, місць підходу до засобів пожежогасіння та протипожежного інвентарю до пускових пристроїв; забороняється проводити зварювальні роботи без дозволу за встановленою формою.

23. Стежити за справністю засобів пожежогасіння.

24. дотримуватися правил особистої гігієни, зберігання та прийом їжі в робочому приміщенні забороняється.

25. дотримуватися чистоти та порядку на робочому місці.

## 5.2 Розрахунок занулення обладнання

Захисне занулення в електроустановках полягає у приєднанні до багаторазовому заземленому нульовому проводу електричної мережі корпусів та інших конструктивних металевих частин електрообладнання, які не

					6.133.22.06.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

перебувають під напругою, але внаслідок пошкодження ізоляції можуть опинитися під нею.

Призначення занулення - усунення небезпеки ураження електричним струмом у разі порушення ізоляції та появи на корпусах оснащення небезпечної напруги.

Принцип дії занулення - перетворення пробивання на корпус в одноразове коротке замикання, тобто замикання між фазовим і нульовим проводами з метою створення струму, здатного забезпечити спрацьовування захисту і завдяки цьому автоматично відключити пошкоджену установку від електромережі живлення.

При пробиванні на корпус у колі короткого замикання виникає великий струм короткого замикання  $I_{к.з.}$ , який забезпечує швидке перегорання плавких вставок протягом 5-7 с. або відключення пошкоджених фаз автоматичними пристроями, які реагують на струм короткого замикання за 1-2 сек. Протягом часу, який залежить від швидкості спрацьовування захисту, людина, яка стосується пошкодженого обладнання, опиняється під фазовою напругою. Якщо захисне занулення не відпрацьовує протягом певного часу, людина може бути уражена електричним струмом.

Захисне занулення застосовується в трифазних чотирипровідних мережах напругою до 1кВт з глухозаземленою нейтраллю. Схема занулення вимагає наявності в мережі нульового дроту, заземлення нейтралі джерела струму та повторного заземлення нульового дроту.

Призначення нульового дроту - створення струму короткого замикання ланки з невеликим опором з метою швидкого відключення пошкодженої установки від мережі.

Для надійного спрацьовування захисту повинна виконуватись умова при використанні плавких вставок [8]:

$$I_{к.з.} \geq 3 \cdot I_{пл.вст.}^H$$
$$I_{к.з.} = \frac{U_{\phi}}{\frac{Z_m}{3} + Z_n} \quad (5.1)$$

де  $U_{\phi}$  – фазова напруга, В;

$Z_T$  – опір трансформатора, Ом.

$Z_n$  – опір петлі фаза-нуль, який визначається за залежністю [8]

$$Z_n = \sqrt{(R_{\phi} + R_n)^2 + (X_{\phi} + X_n + X_u)^2}, \quad (5.2)$$

					6.133.22.06.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

де  $R_n$  і  $R_\phi$  – активні опори фазового та нульового провідників, Ом  
 $X_n$  і  $X_\phi$  – внутрішні індуктивні опори фазового та нульового провідників, Ом;  
 $X_n$  – зовнішній індуктивний опір петлі фаза-нуль, Ом.

Визначаємо номінальний струм електродвигуна [8]:

$$I_{эл.дв.}^н = \frac{1000 \cdot P}{\sqrt{3} U_n \cdot \cos \alpha}, \quad (5.3)$$

де  $P$  – номінальна потужність двигуна, кВт;  
 $U_n$  – Номінальна напруга, В;  
 $\cos \alpha$  – коефіцієнт потужності,  $\cos \alpha = 0,88$  (табл 7.11[8]).

$$I_{эл.дв.}^н = \frac{1000 \cdot 3}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,88} = 5,18 A$$

Для розрахунку активних опорів  $R_\phi$  і  $R_n$  вибираємо переріз, довжину, матеріал нульового та фазового провідників.

Активний та індуктивний опір провідників визначається за таблицею 7.10 [8].

Насамперед необхідно задатися довгою провідника та профілем перерізу та визначити очікуване значення струму короткого замикання. Значення зовнішнього індуктивного опору петлі фаза-нуль для практичних розрахунків береться рівним 0,6 Ом/км.

Пусковий струм двигуна [8]:

$$I_{эл.дв.}^{пус} = \frac{I_{пус}}{I_n} \cdot I_{эл.дв.}^н \quad (5.4)$$

де  $I_{пус}/I_n = 6,5$  (табл. 7.11[8])

$$I_{эл.дв.}^{пус} = 6,5 \cdot 5,18 = 33,67 A$$

Розраховуємо номінальний струм плавкою вставки [8]:

$$I_{пл.вст.}^н = \frac{I_{эл.дв.}^{пус}}{\alpha}, \quad (5.5)$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт режиму роботи електродвигуна Для двигунів з нечастими пусками  $\alpha = 2,3$  [8].

					6.133.22.06.00.00.00 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$I_{нл.вст}^H = \frac{33,67}{2,3} = 14,6A$$

Визначаємо очікуване значення струму короткого замикання [8]:

$$I_{к.з.} \geq 3 \cdot I_{нл.вст}^H = 3 \cdot 14,6 = 43,8A$$

Вибираємо стандартне значення нульового дроту 4x20мм та розраховуємо густоту струму  $\delta$ :

$$\delta = \frac{I_{к.з.}}{S} = \frac{43,8}{80} = 0,55 A / мм^2 \quad (5.6)$$

По таблиці 7.10 [8] знаходимо активні та індуктивні опори сталевих провідників.

Для цього задаємося перетином і довгою нульовою  $l_n$  і фазового  $l_\phi$  сталевих провідників:  $l_n=50м$ , перетину 4x20мм;  $S=80 мм^2$ ;  $l_\phi=70м$ ; перетину  $\phi=5мм$ ;  $S=19,63мм^2$ .

Перетин нульового провідника та його матеріал вибираються за умови, щоб повна провідність нульового провідника була не менше ніж 50% повної провідності фазового дроту:

$$\frac{1}{(R_n + X_n)} \geq \frac{R_\phi + X_\phi}{2} \quad (5.7)$$

Активний опір фазового дроту береться з таблиці 7.10 [8] залежно від площі перерізу та густоти струму:

$$R_\phi = r \cdot l_\phi = 17 \cdot 0,07 = 1,19 Ом \quad (5.8)$$

Аналогічно визначаємо активний опір нульового дроту [8]:

$$R_n = r \cdot l_n = 5,24 \cdot 0,05 = 0,262 Ом \quad (5.9)$$

Визначаємо внутрішні індуктивні опори фазового та нульового провідників  $X_\phi$  і  $X_n$ .

$$X_\phi = X_w \cdot l_\phi = 10,2 \cdot 0,07 = 0,714 Ом \quad (5.10)$$

					6.133.22.06.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

$$X_n = X_w \cdot l_n = 3,14 \cdot 0,05 = 0,157 \text{ Ом} \quad (5.11)$$

де  $X_w$  – індуктивний опір провідників, Ом Табл.7.10[8])

$l$  – довжина провідника, км.

Зовнішнє індуктивне опір петлі фаза-нуль  $X_1=0,6 \text{ Ом/км}$

Загальна довжина петлі фаза-нуль –  $70+50=120 \text{ м}=0,12 \text{ км}$

Тоді  $X_1=0,6 \cdot 0,12=0,072 \text{ Ом}$

На підставі отриманих даних розраховуємо  $Z_n$  та визначаємо значення струму короткого замикання:

$$Z_n = \sqrt{(1,19 + 0,262)^2 + (0,714 + 0,157 + 0,072)^2} = 1,73 \text{ Ом}$$

$$I_{к.з.} = \frac{380}{\frac{0,195}{3} + 1,73} = 211,7 \text{ А}$$

Виконуємо перевірку умови надійного спрацювання захисту [8]:

$$I_{к.з.} \geq 3 \cdot I_{пл.вст.}^n; 211,7 \geq 3 \cdot 14,6 = 43,8 \text{ А}$$

Струм короткого замикання більше ніж у п'ять разів перевищує величину струму плавкою вставки, тому при замиканні на корпус плавка вставка перегорить протягом 5-7сек. Завдяки цьому відбудеться вимкнення пошкодженої фази.

За значенням номінального струму за таблицею 7.12 [8] вибираємо плавку вставку серії НПП15 з номінальним струмом 15А при напрузі мережі 380В.

					6.133.22.06.00.00.00 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Висновки

В ході дипломної роботи було розглянуто та розраховано апарат з якірною мішалкою. Приведені описи технологічного процесу, описана конструкція та робота апарату.

Вибрані конструкційні матеріали, проведені технологічні і механічні розрахунки. Проведений розрахунок на міцність апарата, що підтверджує його працездатність.

Зроблений опис монтажних та ремонтних робіт апарата. Виконаний опис хорони праці де перераховані небезпеки під час роботи обладнання та зроблений занулення обладнання.

					6.133.22.06.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64



## Література

1. Плановский А. Н., Рамм В. М., Каган С. З. Процессы и аппараты химической технологии. Москва, Химия, 1968, 848 с.
2. Павлов К. Ф., Романков П. Г., Носков А. А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Ленинград, Химия, 1987, 576с.
3. Соколов В. Н. Машины и аппараты химических производств. Примеры и задачи. Ленинград, Машиностроение, 1982, 384 с.
4. Дытнерский Ю. И. Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по проектированию. Москва, Химия, 1983, 272 с.
5. Генкин А. Э. Оборудование химических заводов. Москва, Высшая школа, 1978, 272 с.
6. Михалев М. Ф. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств. Примеры и задачи. Ленинград, Машиностроение, 1984, 301 с.
7. Иоффе И. Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии. Ленинград, Химия, 1991, 352 с.
8. Лацинский А. А. Конструирование сварных химических аппаратов, Справочник. Ленинград, Машиностроение, 1981, 382 с.
9. Стабников В. Н. Процессы и аппараты пищевых производств. Москва, Легкая и пищевая промышленность, 1983, 328 с.
10. Бакластов А. М. Проектирование, монтаж и эксплуатация теплоиспользующих установок. Москва, Энергия, 1970, 568 с.
11. Лацинский А. А., Толчинский А. Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры. Справочник. Ленинград, Машиностроение, 1970, 752с.
12. Ермаков В. И., Шеин В. С. Ремонт и монтаж химического оборудования. Л. Химия, 1981, 386 с.
13. Макаров Г. В., Стрельчук Н. А. Охрана труда в химической промышленности. М. Химия, 1977, 568 с.
14. Рахмилевич З. З. Справочник механика химических и нефтехимических производств. М. Химия, 1985.

					6.133.22.06.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65