

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 розчину ментолу у ментиловому етері ізовалеріанової кислоти. Реактор розчину.

Виконав студент

Поздняков Є.О.

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: Поздняков Є.О.

група ХМ-81ш курс IV

1. **Тема курсової роботи:** «Виробництво розчину ментолу у ментиловому етері ізовалеріанової кислоти. Реактор розчину»

2. **Вихідні дані:** Початкова температура 70 °С компонентів, температура на виході з апарата 20°С, щільність розчину $\rho_1 = 772 \text{ кг/м}^3$, в'язкість $\mu_1 = 0,825 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$; теплоємність $c_1 = 2,715 \text{ кДж/кг}\cdot\text{К}$; теплопровідність $\lambda_1 = 0,167 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$; об'єм апарата 2 м^3 , орієнтовна продуктивність 1,2 кг/с.

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

3.1 Загальний вигляд 2хА1;

3.2 Технологічна схема 1х21;

3.3 Складальні креслення 1хА1.

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: 56 с, 7 рисунки, 2 таблиці, 14 літературних джерел. Графічні матеріали: складальне креслення апарата, технологічна схема, креслення складальних одиниць всього 3,5 листа формату А1.

Тема: Виробництво розчину ментолу у ментиловому етері ізовалеріанової кислоти. Реактор розчину.

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, МЕТАНОЛ.

Зміст

Вступ	5
1 Технологічна частина	7
1.1 Опис технологічної схеми виробництва	7
1.2 Теоретичні основи процесу	8
1.3 Опис конструкції апарата та вибір конструкційних матеріалів	12
1.3.1 Опис конструкції апарата	12
1.3.2 Вибір конструкційних матеріалів	19
2 Технологічні розрахунки процесу і апарату	21
2.1 Матеріальний та тепловий баланси процесу	21
2.2 Технологічні та конструктивні розрахунки	23
2.3 Гідравлічний опір апарата	24
2.4 Вибір допоміжного обладнання	27
3 Розрахунок апарата на міцність та герметичність	29
3.1 Розрахунок навантажень в апараті	29
3.2 Розрахунок товщини стінки корпусу і кришки	31
3.3 Розрахунок фланцевого з'єднання	33
3.4 Уточнений розрахунок вертикального вала мішалки	41
3.5 Розрахунок і вибір опори	42
4 Монтаж і ремонт апарату	44
4.1 Монтаж апарата	44
4.2 Проведення ремонтних робіт	45
5 Охорона праці	47
5.1 Аналіз потенційних небезпек під час роботи	47
5.2 Розрахунок вентиляції	47
5.2.1 Визначення теплового балансу на виробництві	48
5.2.2 Визначення шкідливих речовин в цеху	52
5.2.3 Визначення повітрообміну	53
Висновки	55
Література	56

					6.133.22.05.00.00.00 ПЗ					
Зм.	Арку	№ докум	Підпис	Дата						
Розроб.	Поздняков				<i>Виробництво розчину ментолу у ментоловому етері ізовалеріанової кислоти. Реактор розчину</i>			Літ	Аркуш	Аркушів
Перев.	Закусило							4	56	
Н. Контр.					<i>Пояснювальна записка</i>			ІІІ Сум ДУ гр. ХМ-81Ш		
Затверди										

Вступ

Основні процеси хімічної технології здійснюються, як правило, в апаратах з пристроями, що перемішують. При цьому в середовище вводиться додаткова енергія, яка використовується для перемішування.

Відомі різні методи введення енергії в середовище, що перемішується: механічний, циркуляційний, струменевий, пульсаційно-струменевий, барботажний, газліфтний, електромагнітний та магнітно-вихровий. У практиці найбільшого поширення набув механічного методу перемішування рідких середовищ, який здійснюється шляхом механічної дії робочого органу (мішалки) на робоче середовище.

Цей метод перемішування використовується в апараті, який складається, як правило, з корпусу та пристрою, що перемішує, яке встановлюється на цей корпус.

Найбільш важливе значення в роботі апарату мають тип і конструкція пристрою, що перемішує, робота якого полягає в перетворенні впорядкованої механічної енергії елементів, що обертаються, на невпорядковану теплову енергію за рахунок сил опору, які створюються корпусом апарату. В результаті цього пристрій, що перемішує, здійснює дисипацію енергії в обсязі апарату, величина якої залежить, як від конструкції мішалки і характеристик приводу, так і від конструкції апарату і його внутрішніх пристроїв. Всі ці характеристики загалом визначають потужність перемішування, яка залежить від режиму перебігу рідини в апараті.

Типові сталеві вертикальні апарати. На даний момент згідно з ГОСТом 20680 – 75 хімічним машинобудуванням можуть бути виготовлені апарати таких десяти типів: з еліптичним днищем та з еліптичною знімною кришкою (тип 0); з нероз'ємним корпусом, еліптичним днищем та кришкою (тип 1); з конічним відбортованим днищем, кутом при вершині конуса 90° та еліптичною знімною кришкою (тип 2); з нероз'ємним корпусом з конічним відбортованим днищем, кутом при вершині конуса 90° та еліптичною

					6.133.22.05.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

кришкою (тип 3); з еліптичним днищем і плоскою відокремленою кришкою (тип 4); з нероз'ємним корпусом, з еліптичним днищем та плоскою кришкою (тип 5); з конічним відбортованим днищем, кутом при вершині конуса 120° та плоскою кришкою (тип 6); з нероз'ємним корпусом, з конічним невідбортованим днищем, кутом при вершині конуса 120° та плоскою кришкою (тип 7); з плоским днищем та плоскою відокремленою кришкою (тип 8); з нероз'ємним корпусом, плоским днищем та кришкою (тип 9).

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

1 Технологічна частина

1.1 Опис технологічної схеми виробництва

Виробництво розчину ментолу в метиловому ефірі ізовалеріанової кислоти взаємодією ментолу з ізовалеріанової кислотою в присутності каталізатора, в якості якого використовують суміш сірчаноокислого натрію і хлористого водню, яку отримують безпосередньо в реакторі 1 взаємодією концентрованої сірчаної кислоти з хлористим натрієм. Процес ведуть за температури $70 \pm 2^\circ\text{C}$ протягом 20 годин. Потім реакційну суміш охолоджують до 20°C в реакторі 2 і додають холодну водопровідну воду до повного розчинення кислого сірчаноокислого натрію в реакторі 3, після чого не менше трьох разів відмивають від надлишку кислоти і кислого каталізатора.

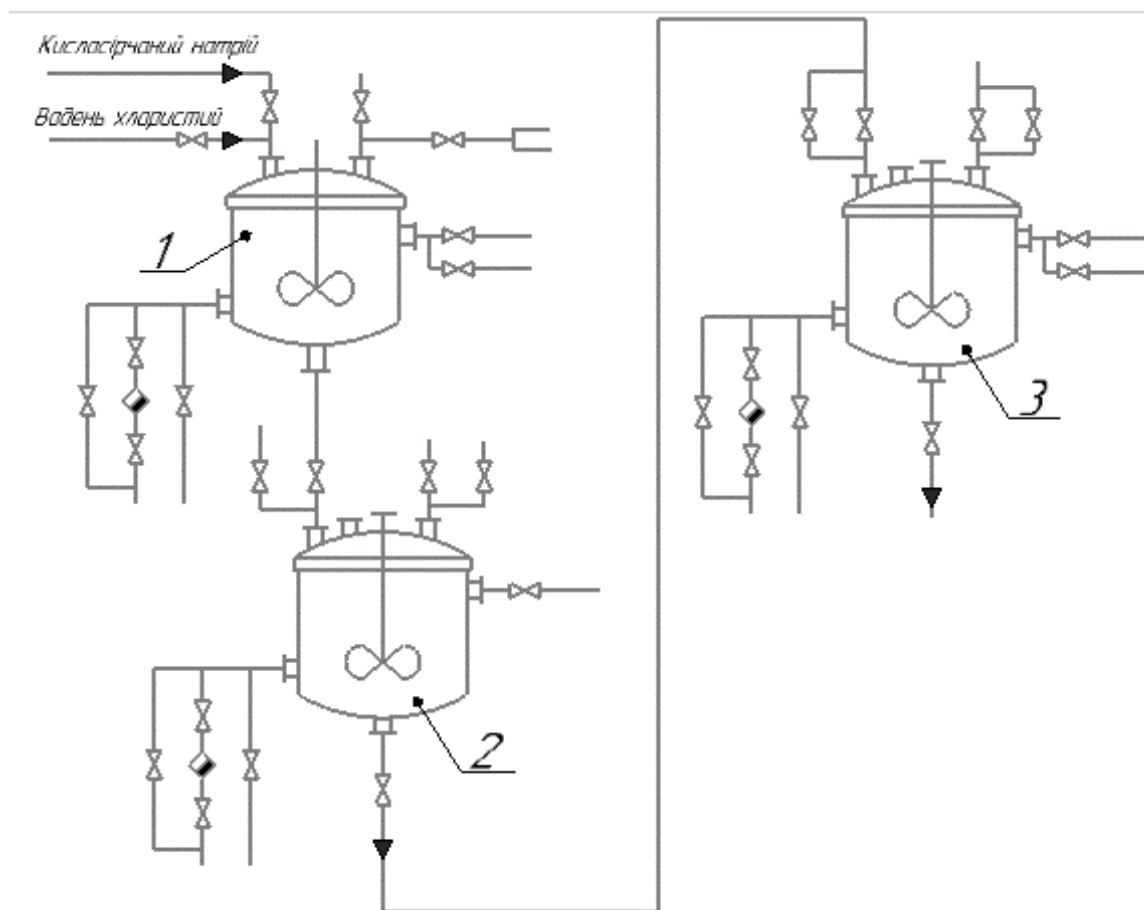


Рисунок 1 – Схема виробництва розчину ментолу в метиловому ефірі кислоти ізовалеріанової

1 – реактор, 2 – реактор охолодження, 3 – реактор розчинення.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

6.133.22.05.00.00.00 ПЗ

Арк.

7

У розчині вміст ментолу становить 25-30% та 68,5-75,0% припадає на ментиловий ефір ізовалеріанової кислоти. Їх кількісне співвідношення становить (25%) ментолу та (75%) зазначеного ефіру. Таким чином, в реакцію вступає частина ментолу ізовалеріанової кислоти суміші каталізатора (хлористого натрію та концентрованої сірчаної кислоти).

В умовах даної реакції отримують ментиловий ефір ізовалеріанової кислоти з надлишком ментолу в кількості (25%), який необхідний для отримання валідолу, і ізовалеріанової кислоти, яку у суміші з кислим каталізатором видаляють багаторазовим відмиванням і, таким чином, безповоротно втрачають з одного боку, а з іншого - завдають шкоди екології, зливаючи ці води для промивання в каналізацію.

Використовуваний каталізатор вимагає спеціального корозійностійкого матеріалу обладнання, що обмежує можливість його застосування. Надлишок ментолу при нагріванні у процесі синтезу може давати побічні продукти реакції, що знижують якість кінцевого продукту.

Вихід ментилового ефіру ізовалеріанової кислоти становить ~79,5% у розрахунку на кількість завантажуваної ізовалеріанової кислоти, на завантажувану кількість ментолу - 84,5%, а на ментол, що прореагував, - 94,5%.

1.2 Теоретичні основи процесу [3]

Процеси теплообміну мають велике значення в хімічній, енергетичній, металургійній, харчовій та інших галузях промисловості. У теплообмінних апаратах теплопередача від одного середовища до іншого через стінку, що розділяє їх, обумовлена низкою факторів і є складним процесом, який прийнято розділяти на три елементарні види теплообміну: теплопровідність, конвекцію і теплове випромінювання. На практиці ці явища не відокремлені, перебувають у якомусь поєднанні та протікають одночасно. Для теплообмінників найбільше значення має конвективний теплообмін або

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

тепловіддача, яка здійснюється за сукупної та одночасної дії теплопровідності та конвекції.

Залежність коефіцієнта тепловіддачі від характеру та швидкості руху робочих середовищ, їх фізичних властивостей, розмірів та форми поверхні теплообміну та інших факторів дуже складна і на сучасному рівні науки ще не може бути встановлена теоретично. Тому для визначення коефіцієнта тепловіддачі вдаються до експериментальних досліджень з подальшою обробкою та узагальненням дослідних даних за допомогою теорії подоби. Додаток теорії подібності до конвективного теплообміну показало, що процес тепловіддачі визначається для різних випадків відповідними критеріями:

Критерій Нуссельта (теплообмін на межі між стінкою та теплоносієм)

$$\text{Nu} = \frac{\alpha l}{\lambda} \quad (1.1)$$

Критерій Фур'є (теплообмін при стаціонарному тепловому потоці)

$$\text{Fo} = \frac{\alpha \tau}{l^2} \quad (1.2)$$

Критерій Пекле [теплообмін у потоці (ядрі) теплоносія]

$$\text{Pe} = \frac{wl}{a} \quad (1.3)$$

Критерій Прандтля, що враховує фізичні властивості теплоносіїв

$$\text{Pr} = \frac{\nu}{a} = \frac{vc\rho}{\lambda} \quad (1.4)$$

Критерій Рейнольдса, що характеризує гідродинамічний режим вимушеного руху теплоносіїв

$$\text{Re} = \frac{wl}{\nu} \quad (1.5)$$

Критерій Грасгофа, що характеризує режим руху за вільної конвекції

$$\text{Gr} = \frac{gl^3}{\nu^2} \beta \Delta t_1 \quad (1.6)$$

Критерій Галілея, що враховує вплив тяжкості і в'язкості

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

$$Ga = \frac{gl^3}{\nu^2} \quad (1.7)$$

Безрозмірні комплекси – критерії подібності – включають величини, що входять до умов однозначності та мають наступні значення:

λ – коефіцієнт теплопровідності середовища, ккал (м·ч·°С);

ν – кінематична в'язкість середовища, м²/с;

c – питома масова теплоємність середовища, ккал/(кг·°С);

β – відносний температурний коефіцієнт об'ємного розширення середовища, 1/°С;

ρ – щільність середовища, кг/м³;

α – коефіцієнт тепловіддачі, ккал/(м²·ч·°С);

w – швидкість руху рідини, м/с;

Δt_1 – приватна різниця температур, °С;

l – визначальний геометричний розмір, м;

g – прискорення вільного падіння;

τ – час, год;

a – коефіцієнт температуропровідності, м²/с.

Ці величини можуть бути виражені в будь-якій, але обов'язково одній для всіх величин системі одиниць для того, щоб критерії залишалися безрозмірними.

На підставі теорії подоби будь-яку залежність між перемінними, що характеризують будь-які явища, можна представити у вигляді узагальненої залежності між критеріями подібності. Для конвективного теплообміну в загальному випадку така узагальнена залежність виражається як функція критеріїв подібності, що включають величини, що характеризують цей процес,

$$Nu = f(Fo, Re, Gr, Pr) \quad (1.8)$$

Для стаціонарного температурного поля (установлений теплообмін) критерій Fo з цього рівняння випадає

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

$$Nu = f(Re, Gr, Pr) \quad (1.9)$$

Стосовно окремих завдань загальне критеріальне рівняння може бути спрощено. Наприклад:

для вимушеного руху

$$Nu = f(Re, Pr); \quad (1.10)$$

для вільного руху

$$Nu = f(Gr, Pr). \quad (1.11)$$

Конкретний вид залежностей встановлюють у результаті обробки дослідних даних; зазвичай отримують статечні рівняння:

для вимушеної конвекції

$$Nu = c Re^n Pr^m; \quad (1.13)$$

для свободної конвекції

$$Nu = c_1 Gr^{n_1} Pr^{m_1}, \quad (1.14)$$

де c, c_1, n, m, n_1, m_1 – постійні, які визначаються за досвідченими даними.

При розгляді складніших процесів, наприклад тепловіддачі при зміні агрегатного стану робочого середовища, розрахункові критеріальні рівняння вводять нові критерії, що відображають особливості цих процесів. Критеріальні рівняння типу двох останніх виразів є емпіричними залежностями і застосовні лише у межах зміни аргументу, у яких підтверджені досвідом. Екстраполяція їх у великі чи менші значення аргументу призводить до значних помилок. Тому при виборі розрахункового критеріального рівняння необхідно особливу увагу звертати на область, де воно застосовне.

Критеріальне рівняння, що рекомендується для розрахунків, застосовується для теплообміну через сорочку, має вигляд

$$Nu_f = 0,36 Re_m^{\frac{2}{3}} Pr_f^{\frac{1}{3}} \left(\frac{\mu_f}{\mu_w} \right)^{0,14}; \quad (1.15)$$

Визначальними величинами приймають середню температуру рідини та швидкість перемішування. Критерії Re_m та Nu_f визначають за формулами

$$Re_m = \frac{d^2 n}{\nu}; \quad (1.16)$$

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

$$Nu_f = \frac{\alpha D}{\lambda}, \quad (1.17)$$

де d – діаметр лопаті мішалки, м;

n – частота обертання мішалки, об/хв;

ν – кінематична в'язкість, m^2/c ;

D – діаметр апарату, м.

1.3 Опис конструкції апарату та вибір конструкційних матеріалів

1.3.1 Опис конструкції апарату

Основні процеси хімічної технології здійснюються, як правило, в апаратах з перемішувачами. При цьому в середовище вводиться додаткова енергія, яка використовується для перемішування.

Відомі різні методи введення енергії в перемішуваче середовище: механічний, циркуляційний, струменевий, пульсаційно-струменевий, барботажний, газліфтний, електромагнітний і магнітно - вихровий. У практиці найбільшого поширення набув механічний метод перемішування рідких середовищ, здійснюваний шляхом механічної дії робочого органу (мішалки) на робоче середовище.

Найбільш важливе значення в роботі апарату має тип і конструкція перемішувача, робота якого полягає в перетворенні впорядкованої механічної енергії, що обертаються в неупорядковану теплову енергію за рахунок сил опору, що створюються корпусом апарату. В результаті цього перемішувач здійснює дисипації енергії в обсязі апарату, величина якої залежить від конструкції мішалки і характеристик приводу, так і від конструкції апарату та його внутрішніх пристроїв. Всі ці характеристики в сукупності визначають потужність перемішування N , яка залежить від режиму течії рідини в апараті.

Основні параметри апаратів для перемішування рідких неоднорідних середовищ є номінальний обсяг, тиск в корпусі апарату, тиск в теплообмінних пристроях, потужність приводу, частота обертання

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

вихідного вала.

Номінальний обсяг апарату є основною його характеристикою, що визначає його продуктивність. Під номінальним об'ємом V розуміють його внутрішній обсяг з урахуванням обсягу відокремлені кришок, але без обліку обсягу люків, штуцерів, футерування та внутрішніх вбудованих в апарат пристроїв.

Наявність внутрішніх пристроїв зменшує дійсний обсяг апарату, тому при конструюванні вибір номінального обсягу апарату слід здійснювати по дійсному обсягу, який не повинен відрізнятись від номінального більш ніж на (+10) та (-5) %.

Номінальні обсяги апаратів для перемішування рідких середовищ, а також діаметр корпусу апарату D повинні відповідати даним, наведеним в ГОСТі 20680-75 «Аппараты с механическими перемешивающими устройствами вертикальные. Типы, основные параметры».

Умовний тиск і температура середовища. Істотний вплив на вибір конструкції апарату надає умовний тиск, який визначає значення розрахункового тиску, використовуваного при розрахунку елементів корпусу. Під умовним тиском P_y в апараті і його теплообмінних пристроях розуміють надлишковий тиск середовища при температурі 20 °С. Відповідно до ГОСТу 20680-75 умовний тиск P_y вибирають з ряду 0,3; 0,6; 1,0; 1,6; 2,5; 3,2; 4,0; 6,4 і 10 МПа.[1].

Апарати для перемішування рідких середовищ проектується для різних температур - від негативних до позитивних. Температурні характеристики апаратів залежать від властивостей перемішуємо середовища і теплоносія, характеристик апарату, типу ущільнення і конструкції теплообмінних пристроїв. Стандартні апарати виготовляють для перемішування середовищ з температурою від мінус 40 до плюс 350° С.

Частота обертання і потужність приводу апаратів для перемішування рідких середовищ вибираються відповідно до даних, наведених в ОСТ 26-01-1422-75 «Аппараты герметичные с механическим

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

перемешивающим устройством, с экранированным электроприводом. Общие технические условия» і ГОСТ 20680 - 75. Залежно від номінального обсягу апарату граничні значення потужності приводу можуть бути обрані на підставі таблиці 2 [1] або отримані розрахунком.

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

Привід перемішувачого пристрою в загальному випадку складається з електродвигуна, редуктора (або мотор - редуктора) і стійки приводу. Вихідний вал мотор - редуктора через муфту з'єднується із суцільним або розрізним валом апарату, на кінці якого закріплюється мішалка. Вал встановлюється в опорах кочення, які монтуються в стійці приводу.

Перемішувачий пристрій встановлюється, як правило, на кришці корпусу, а в ряді випадків - на окремих монтажних конструкціях; воно може бути також автономним (переносним).

Під корпусом апарату розуміється посудину будь-якої, в основному циліндричної форми, в якому здійснюється перемішування. Корпус апарату використовується для здійснення теплообмінних процесів, зазвичай має теплообмінні пристрої - зовнішні у вигляді сорочки, або внутрішні у вигляді змішувачів.

У корпусі апарату можуть встановлюватися внутрішні пристрої, відбивні перегородки, труби передалювання і інші. В зоні входу вала перемішують в корпус апарату зазвичай встановлюють ущільнення. Перераховані тут елементи конструкцій апаратів є основними. Вони можуть бути використані в різних комбінаціях при конструюванні стандартних і нестандартних апаратів.

Вертикальні циліндричні апарати є найбільш поширеним видом апаратів, застосовуваних в хімічному і нафтохімічному машинобудуванні. Вони стандартизовані і випускаються серійно.

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

Принцип дії апарату

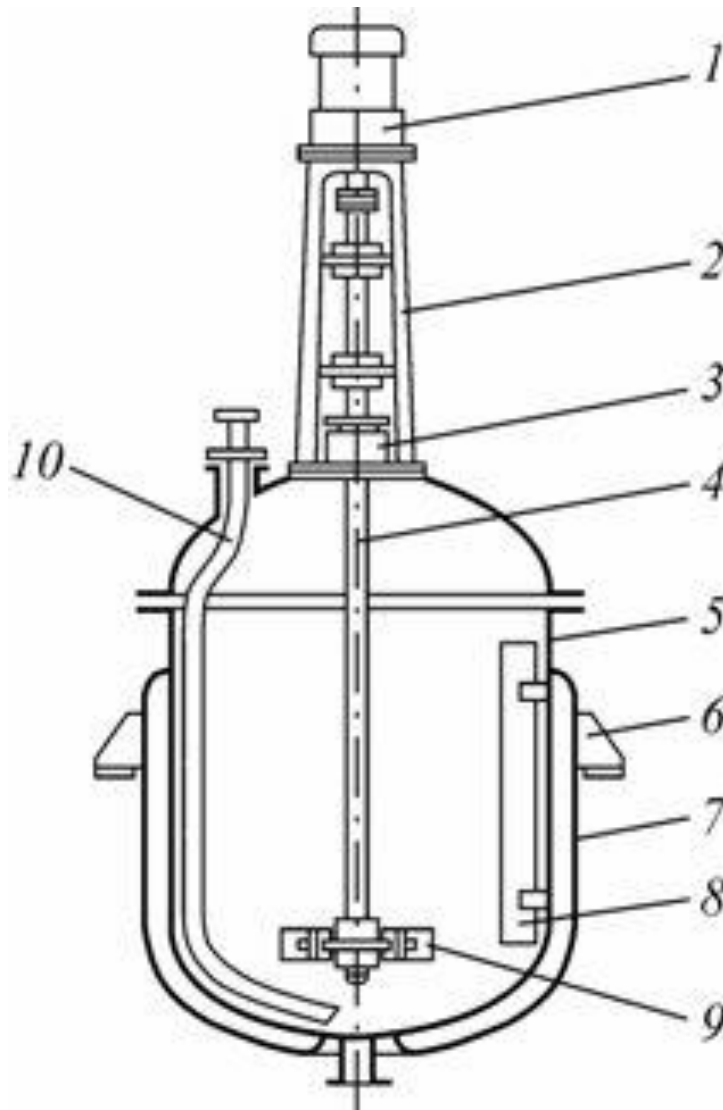


Рисунок 2 - Ємкісний апарат з турбінною мішалкою

1 - привід апарату, 2 - стійка приводу, 3 - ущільнення вала, 4 - вал мішалки, 5 - корпус, 6 - опора апарату (лапи), 7 - рубашка, 8 - відбивна перегородка (установити для збільшення продуктивності), 9 - мішалка, 10 - труба передавлювання

Електродвигун із знижуючою частотою обертання вала редуктором (мотором-редуктором) 1 пускає в хід перемішуючий пристрій 9. Мотор-редуктор встановлений на кришці апарату за допомогою стійки 2. Сальникові, манжетове або торцеві ущільнювачі і гідрозатвор 3 виконують функцію ущільнення. Рубашка 7 (на корпусі апарату) встановлюється для підведення і відведення теплоти. В конструкції можуть бути передбачені змійовики для

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

збільшення теплообмінної поверхні всередині апарату. Монтаж апаратів здійснюється на лапи 6. Відбивні перегородки 8 знижують окружну швидкість перемішуємо рідини шляхом зменшення глибини воронки на поверхні. Таким способом підвищується споживана потужність при тій же частоті обертання, а звідси, і інтенсивність процесів переносу в рідині, для охолодження етилового спирту перегородка не встановлюється.

В якості теплоносія в рубашці можуть виступати різні рідини - водопровідна або оборотна вода, конденсат, насичена водяна пара або інший органічний теплоносій, в даному випадку це – водопровідна вода.

Перемішувачий пристрій

Турбінні мішалки застосовують для інтенсивного перемішування і змішення рідин з в'язкістю до 10 Па . з для мішалок відкритого типу і до 50 Па з для мішалок закритого типу, для тонкого диспергування, швидкого розчинення або виділення опадів у великих об'ємах (5 - 6 і більш). Ці мішалки використовують для взмучування осаду в рідинах, що містять до 60% твердої фази (мішалки відкритого типу) і більш (мішалки закритого типу), причому максимальні розміри твердих частинок до 1,5 мм для мішалок відкритого типу і до 2,5 мм для мішалок закритого типу.

Мішалка складається з одного відцентрованого колеса (турбіни), укріплених на вертикальному валу.

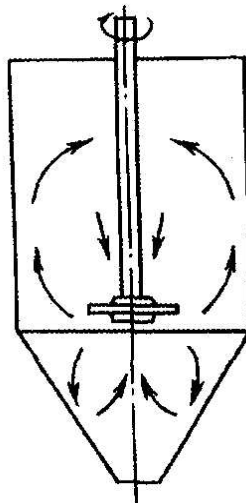


Рисунок 3 – Схема перемішування турбінною мішалкою

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

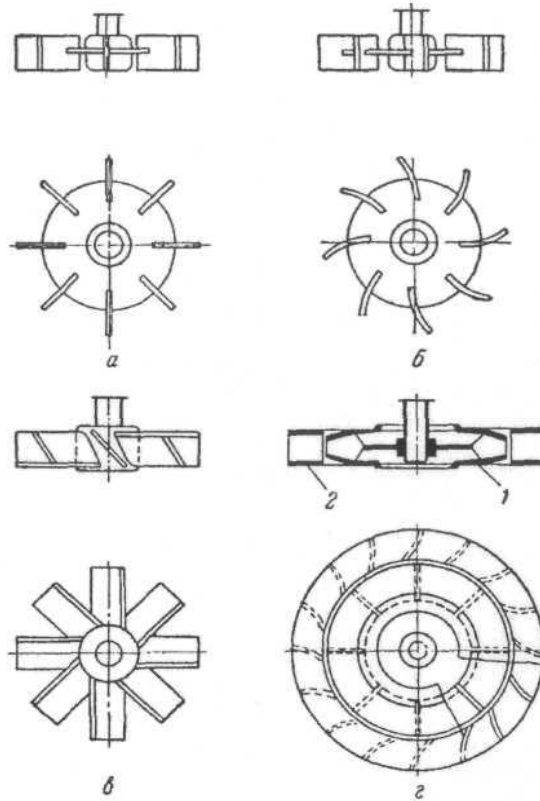


Рисунок 4 - Турбінні мішалки

а – відкрита з прямими лопатками; б – відкрита з криволінійними лопатками;

в – відкрита з похилими лопатками; г – закрита з направляючим апаратом;

Опора апарата

Для кріплення апарата до фундаменту є опори – лапи, приварені до сорочки.

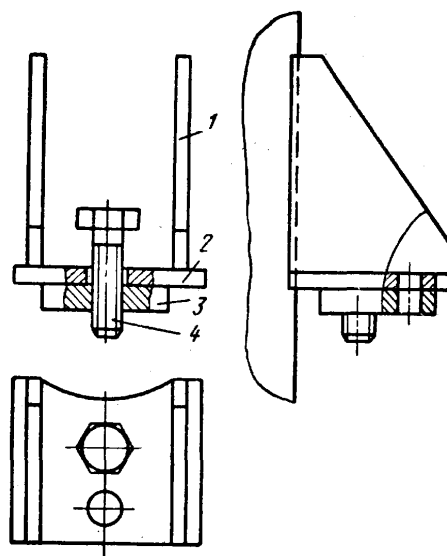


Рисунок 5 – Лапа

1 – косинка; 2 – основа; 3 – підкладний лист; 4 – регулювальний гвинт.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

6.133.22.05.00.00.00 ПЗ

Арк.

17

Привід мішалки

Тип редуктора – вертикальний із планетарною передачею типу МПО, що задовольняє практично усім вимогам хімічної і нафтохімічної промисловості. Оскільки виробництво відноситься до категорії пожежонебезпечних, те електродвигун встановлений у вибухозахисному виконанні.

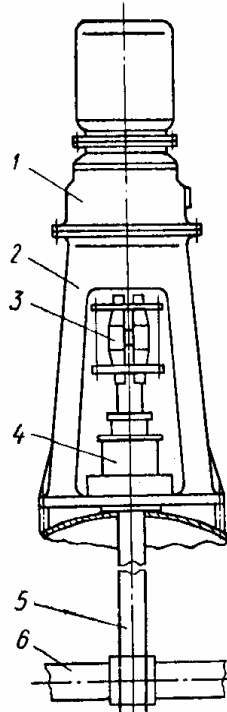


Рисунок 6 – Привод мішалки

1 – мотор-редуктор; 2 – стійка; 3 – муфта; 4 – ущільнення; 5 – вал; 6 – пристрій, що перемішує.

Оскільки в апараті здійснюється процес теплообміну, то встановлена турбінна мішалка. Мішалка з'єднується з вихідним валом привода дисковою муфтою. Унаслідок деякої несиметричності мішалки і впливу на неї середовища, що перемішується, на вал мішалки діють згинаючі сили, які викликають значні поперечні сили, що діють на опори вала.

Для забезпечення проведення температурних умов процесу, апарат містить сорочку, що приварена до обичайки. Сорочка має два штуцери для входу і виходу теплоносія.

Товщина стінки сорочки і корпусу апарату розраховується у залежності від тиску теплоносія і реакційного середовища.

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

1.3.2 Вибір конструкційних матеріалів

У даному технологічному процесі застосовується органічна речовина, до якої пред'являються підвищені вимоги до якості і відсутності сторонніх домішок.

При виборі матеріалу апарата враховуються рекомендації з застосуванню конструкційних матеріалів для хімічної апаратури, що працює в агресивних та органічних середовищах, а також задані технологічні умови.

Відповідно до рекомендацій [11, с. 309] в якості матеріалу для апарата пропонується наступний матеріал: сталь 12Х18Н10Т ГОСТ 5632-80.

Сталь характеризується гарною корозійною стійкістю в кислотному середовищі, рекомендується застосовувати в температурному інтервалі - 256°С до + 525 °С для корпусних елементів, до 600 °С – для внутрішніх пристроїв без обмеження тиску. Сталь технологічна, добре зварюється, добре деформується в холодному і гарячому стані, добре обробляється усіма видами різання, характеризується задовільними лінійними властивостями. Хімічний склад і механічні властивості представлені в таблиці 1

Таблиця 1 – Хімічний склад і механічні властивості сталі 12Х18Н10Т

C, %	Mn, %	Si, %	Cr, %	Ni, %	Cu, %	Ti, %	S, %	P, %	E·10 ⁵ , МПа	σ _т , МПа	σ _в , МПа	δ, %
0,1	2,0	0,8	17-18	2-11	0,3	0,8	0,02	0,035	2,1	216	530	40

До недоліків цієї сталі варто віднести те, що через велику в'язкість вона гірше піддається механічній обробці. Однак, з огляду на те, що механічна обробка конструктивних елементів апарата здійснюється тільки по місцю стику елементів конструкції, що зварюються, те цей фактор не має істотного впливу в цілому на вартість виготовлення апарата.

Матеріал зовнішнього оснащення, арматури, кріпильних елементів і т.д., що не мають контакту із середовищем, що переробляється, приймаємо конструкційну сталь 20 ГОСТ 1050-88. Вибір на користь цієї сталі, оснований на її порівняно низької вартості, гарній оброблюваності і досить високих

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

фізико-механічних властивостях. Хімічний склад і механічні властивості представлені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Хімічний склад і механічні властивості сталі 20

C, %	Mn, %	Si, %	Cr, %	Ni, %	Cu, %	As, %	S, %	P, %	E·10 ⁵ , МПа	σ _т , МПа	σ _в , МПа	δ, %
0,23-0,3	0,5-0,8	0,05-0,19	0,3	0,5	0,3	0,08	0,05	0,04	2,0	280	400	23

В якості прокладкового матеріалу, відповідно до цих же рекомендацій, приймаємо паронит, одержуваний із суміші азбестових волокон, розчинника, каучуку і наповнювачів.

Листовий паронит загального призначення застосовують для ущільнення плоских рознімань нерухомих з'єднань з тиском середовища не більше 4,0 МПа.

Фізико-механічні показники парониту:

поглинання води, не більше, %	14;
межа міцності при розриві, не менше, МПа	6,0;
гранична температура застосування, °С	
для прісної води	250;
для водяної пари	450;
для повітря	від - 50 до + 50..

2 Технологічні розрахунки процесу і апарату

2.1 Матеріальний та тепловий баланси процесу

Даний технологічний процес проходить при охолодженні ментолу від температури $t_1 = 70^\circ\text{C}$ до температури $t_2 = 20^\circ\text{C}$. Прийmemo, що, при протитечії, охолодження здійснюється водою, температура якої змінюється від температури $t_3 = 10^\circ\text{C}$ до температури $t_4 = 30^\circ\text{C}$.

З огляду експлуатації реакторів, для апарату, який має обсяг $V = 2,0 \text{ м}^3$, орієнтовне значення продуктивності по охолоджувальній рідині $G_1 = 1,2 \text{ кг/с}$ готового продукту.

Об'ємна продуктивність апарату по ментолу

$$V_a = \frac{G_1}{\rho} \quad (2.1)$$

$$V_c = \frac{1,2}{772} = 1,55 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$$

де $\rho = 772 \text{ кг/м}^3$ – щільність ментолу при середній температурі

$$t_{cp1} = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{70 + 20}{2} = 45^\circ\text{C}$$

Теплофізичні властивості ментолового розчину при середній температурі [1, додатки I, II, III, IV]:

щільність	$\rho_1 = 772 \text{ кг/м}^3$
в'язкість	$\mu_1 = 0,825 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с};$
теплоємність	$c_1 = 2,715 \text{ кДж/кг}\cdot\text{К};$
теплопровідність	$\lambda_1 = 0,167 \text{ Вт/м}\cdot\text{К};$

Теплоносії в апараті рухаються протитечією, робочий тиск $p = 0,1 \text{ МПа}$, приймаємо наявний напір з боку ментолу $\Delta p_1 = 250 \text{ кПа}$, наявний напір з боку води $\Delta p_2 = 250 \text{ кПа}$.

Середня температура води

$$t_{cp2} = \frac{t_3 + t_4}{2} = \frac{10 + 30}{2} = 20^\circ\text{C}$$

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

Теплофізичні властивості води при середній температурі [2, додатки I, II, III, IV]:

щільність	$\rho_2 = 998 \text{ кг/м}^3$;
в'язкість	$\mu_2 = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$;
теплоємність	$c_2 = 4,19 \text{ кДж/кг} \cdot \text{К}$;
теплопровідність	$\lambda_2 = 0,597 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$

Теплова навантаження апарату з урахуванням 5 % втрат тепла в навколишнє середовище

$$Q = 1,05 \cdot G_1 \cdot c_1 \cdot (t_1 - t_2) \quad (2.2)$$

$$Q = 1,05 \cdot 1,55 \cdot 2,715 \cdot (70 - 20) = 221 \text{ кВт}$$

Витрата охолоджуючої води:

масова

$$G_2 = \frac{Q}{c_2 \cdot (t_2'' - t_2')} \quad (2.3)$$

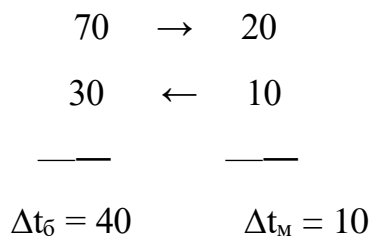
$$G_2 = \frac{221}{4,19 \cdot (30 - 10)} = 2,64 \text{ кг/с}$$

об'ємна

$$V_2 = \frac{G_2}{\rho_2} \quad (2.4)$$

$$V_2 = \frac{2,64}{998} = 2,64 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$$

Схема розподілу температур при протопотоці має вигляд



отже, середній температурний напір

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_6 - \Delta t_M}{\ln \frac{\Delta t_6}{\Delta t_M}} \quad (2.5)$$

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

$$\Delta t_{cp} = \frac{40 - 10}{\ln \frac{40}{10}} = 21,6^{\circ}\text{C} = 21,6 \text{ K}$$

Визначаємо раціональну швидкість руху теплоносіїв,

Для орієнтовного розрахунку швидкості ω_1 приймаємо:
середню температуру стінки

$$t_{ct} = \frac{t_{cp1} + t_{cp2}}{2} \quad (2.6)$$

$$t_{cm} = \frac{45 + 20}{2} = 32,5^{\circ}\text{C};$$

коефіцієнт тепловіддачі для ментолового розчину [2, таблиця 4.7]

$$\alpha_1 = 2600 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C});$$

коефіцієнт загального гідравлічного опору [3, табл. 9,1]

$$\xi_1 = 1,28$$

Тоді

$$\omega_1 = 2 \cdot \sqrt[3]{\frac{\alpha_1 \cdot (t_{cp1} - t_{ct}) \cdot \Delta p_1}{c_1 \cdot (t_1 - t_2) \cdot \rho_1^2 \cdot \xi_1}} \quad (2.7)$$

$$\omega_1 = 2 \cdot \sqrt[3]{\frac{2600 \cdot (45 - 32,5) \cdot 250000}{2241 \cdot (70 - 20) \cdot 768^2 \cdot 1,28}} = 1,96 \text{ м/с}$$

2.2 Технологічні та конструктивні розрахунки

Значення критерію Re для потоку ментолу

$$\text{Re}_{цб} = \frac{nd_M^2 \cdot \rho_1}{\mu_1} \quad (2.8)$$

$$\text{Re}_{цб} = \frac{3,33 \cdot 0,4^2 \cdot 772}{0,825 \cdot 10^{-3}} = 498572$$

Значення критерію Прандтля при середній температурі ментолу

$$\text{Pr}_1 = \frac{c_1 \cdot \mu_1}{\lambda_1} \quad (2.9)$$

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

$$\text{Pr}_1 = \frac{2,715 \cdot 10^3 \cdot 0,825 \cdot 10^{-3}}{0,167} = 13,41$$

Критерій Нуссельта для ментолу [2, 4.45]

$$\text{Nu}_1 = 0,36 \cdot \text{Re}_{\text{цб}}^{0,67} \cdot \text{Pr}_1^{0,33} \cdot \left(\frac{\mu_1}{\mu_{\text{ст}}} \right)^{0,25} \cdot \Gamma^{-1} \quad (2.10)$$

де $\mu_{\text{ст}} = 1,0 \cdot 10^{-3}$ Па·с – динамічний коефіцієнт в'язкості ментолу при температурі стінки сорочки;

$$\Gamma = \frac{D}{d_m} = \frac{1400}{400} = 3,5$$

$$\text{Nu}_1 = 0,36 \cdot 498572^{0,67} \cdot 13,41^{0,33} \cdot \left(\frac{0,825 \cdot 10^{-3}}{1,0 \cdot 10^{-3}} \right)^{0,25} \cdot 3,5^{-1} = 4150$$

Коефіцієнт тепловіддачі від ментолу до стінки

$$\alpha_1 = \frac{\text{Nu}_1 \cdot \lambda_1}{d_m} \quad (2.11)$$

$$\alpha_1 = \frac{4150 \cdot 0,167}{0,4} = 1733 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Аналогічно визначимо раціональну швидкість руху води у сорочці.

Коефіцієнт тепловіддачі для води [3, таблиця 4.7]

$$\alpha_2 = 4000 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}).$$

2.3 Гідравлічний опір апарата

Коефіцієнт загального гідравлічного опору

$$\xi_2 = 1,5$$

Тоді

$$\omega_2 = 2 \cdot \sqrt[3]{\frac{\alpha_2 \cdot (t_{\text{сп1}} - t_{\text{ст}}) \cdot \Delta p_2}{c_2 \cdot (t_4 - t_3) \cdot \rho_2^2 \cdot \xi_2}} \quad (2.12)$$

$$\omega_2 = 2 \cdot \sqrt[3]{\frac{4000 \cdot (45 - 32,5) \cdot 250000}{4190 \cdot (30 - 10) \cdot 998^2 \cdot 1,5}} = 0,63 \text{ м}/\text{с}$$

Значення критерію Re для потоку води [3, с. 254]

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

$$Re_2 = \frac{4 \cdot G_2}{\pi \cdot (D_p - D) \cdot \mu_2} \quad (2.13)$$

де $D_p = 1500$ мм - діаметр сорочки,

$$Re_2 = \frac{4 \cdot 3,4}{3,14 \cdot (1,5 - 1,4) \cdot 1,0 \cdot 10^{-3}} = 43312$$

Перевіряємо прийняте значення загального коефіцієнта гідравлічного опору

$$\xi_2 = \frac{22,4}{Re^{0,25}} \quad (2.14)$$

$$\xi_2 = \frac{22,4}{43312^{0,25}} = 1,55$$

Це значення практично збігається з прийнятим значенням $\xi_2 = 1,5$.

Обчислюємо значення критерію Прандтля при середній температурі води і при температурі стінки

$$Pr_2 = \frac{c_2 \cdot \mu_2}{\lambda_2} \quad (2.15)$$

$$Pr_2 = \frac{4,19 \cdot 10^3 \cdot 1,0 \cdot 10^{-3}}{0,597} = 7,02$$

При $t_{ст} = 32,5^{\circ}C$ фізичні властивості води характеризуються наступними даними:

щільність	$\rho_{ст} = 995$ кг/ м ³ ;
в'язкість	$\mu_{ст} = 0,801 \cdot 10^{-3}$ Па·с;
теплоємність	$c_{ст} = 4,19$ кДж/кг·К;
теплопровідність	$\lambda_{ст} = 0,615$ Вт/м·К

Тоді

$$Pr_{ст} = \frac{c_{ст} \cdot \mu_{ст}}{\lambda_{ст}} \quad (2.16)$$

$$Pr_{ст} = \frac{4,19 \cdot 10^3 \cdot 0,801 \cdot 10^{-3}}{0,615} = 5,46$$

Критерій Нуссельта для води

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

$$Nu_2 = 0,135 \cdot Re_2^{0,73} \cdot Pr_2^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_2}{Pr_{ст}} \right)^{0,25} \quad (2.17)$$

$$Nu_2 = 0,135 \cdot 43312^{0,73} \cdot 7,02^{0,43} \cdot \left(\frac{7,02}{5,46} \right)^{0,25} = 9034$$

Коефіцієнт тепловіддачі від води до стінки [3, 9.51]

$$\alpha_2 = \frac{Nu_2 \cdot \lambda_2}{H_p} \quad (2.18)$$

$$\alpha_2 = \frac{9034 \cdot 0,597}{1,38} = 3908 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Визначаємо термічний опір стінки пластини і забруднень на ній:

а) орієнтовно термічний опір забруднень на стінці з боку ментолу [1, таблиця 5]

$$\frac{\delta_1}{\lambda_1} = 1,1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт};$$

б) термічний опір стінки зі сталі марки X18H10T при її товщині $\delta = 10$ мм

с) орієнтовно термічний опір забруднень на стінці з боку води [1, таблиця 5]

$$\frac{\delta_2}{\lambda_2} = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

Коефіцієнт теплопередачі

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (2.19)$$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{2633} + 1,1 \cdot 10^{-4} + \frac{0,01}{17,5} + 2,5 \cdot 10^{-4} + \frac{1}{3908}} = 1640 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Визначаємо загальну поверхню теплообміну апарату

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

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{cp}} \quad (2.20)$$

$$F = \frac{221 \cdot 10^3}{1640 \cdot 21,6} = 6,24 \text{ м}^2$$

Для апарату, при $D = 1400$ мм площа теплообміну $F = 6,5 \text{ м}^2$, отже, режими руху теплоносіїв обрані правильно [3, табл. 9.4].

2.4 Вибір допоміжного обладнання

Для подачі метанового розчину в реактор розрахуємо відцентрові насоси. Вихідні дані:

- щільність суміші, $\rho = 772 \text{ кг/м}^3$;
- в'язкість, $\mu = 0,825 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$;
- продуктивність насоса при закачуванні з цистерни, $V = 1,55 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$;
- геометричний напір, $H_r = 6 \text{ м}$;
- тиск в ємностях-атмосферний;
- діаметр трубопроводу, $d = 25 \text{ мм}$;
- довжина трубопроводу, $L = 10 \text{ м}$.

Швидкість рідини

$$\omega = \frac{V}{0,785 \cdot d^2} \quad (2.21)$$

$$\omega = \frac{1,55 \cdot 10^{-2}}{0,785 \cdot 0,025^2} = 6,5 \text{ м/с.}$$

Швидкісний напір

$$h_{ck} = \frac{\omega^2}{2 \cdot g} \quad (2.22)$$

$$h_{ck} = \frac{6,5^2}{2 \cdot 9,81} = 0,33 \text{ м.}$$

Критерій Re

$$Re = \frac{\omega \cdot d \cdot \rho}{\mu} \quad Re = 10000 \quad (2.23)$$

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

$$Re = \frac{6,5 \cdot 0,025 \cdot 772}{0,85 \cdot 10^{-3}} = 145974 > Re = 10000.$$

Коефіцієнт опору

$$\lambda = \frac{0,316}{Re^{0,15}} \quad (2.24)$$

$$\lambda = \frac{0,316}{145974^{0,15}} = 0,016.$$

Прийmemo коефіцієнт втрат на місцеві опору

$$\xi = 5,0.$$

Втрата напору на тертя і місцеві опору

$$h = \lambda \cdot \frac{L}{d} \cdot h_{ck} + \xi \cdot h_{ck} \quad (2.25)$$

$$h = 0,016 \cdot \frac{10}{0,025} \cdot 0,33 + 5,0 \cdot 0,33 = 3,8 \text{ м.}$$

Необхідний напір насоса

$$H = \frac{p_2 - p_1}{\rho \cdot g} + H_r + h \quad (2.26)$$

$$H = 0 + 6 + 3,8 = 9,8 \text{ м.}$$

Необхідна потужність електродвигуна

$$N = \frac{V \cdot \rho \cdot g \cdot H}{1000 \cdot \eta} \quad (2.27)$$

$$N = \frac{1,55 \cdot 10^{-3} \cdot 772 \cdot 9,81 \cdot 9,8}{1000 \cdot 0,6} = 0,54 \text{ кВт.}$$

Приймаємо насос ЦНС 60 198 з електродвигуном потужністю
 $N = 0,8 \text{ кВт.}$

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

3 Розрахунок апарату на міцність та герметичність

3.1 Розрахунок навантажень в апараті

Розрахункова температура стінок визначається на підставі теплових розрахунків або результатів випробувань

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

де t_c – найбільша температура середовища, $t_c = 70^{\circ}\text{C}$;

$$t_{\max} = \{ 70; 20^{\circ}\text{C} \} = 70^{\circ}\text{C}.$$

Розрахунковий тиск усередині апарату визначається за формулою

$$P_{p.ap} = P_a + P_{г.ap}, \quad (3.1)$$

де p_a – робочий тиск в апараті, $p_a = 0,1$ МПа; $p_{г.ap}$ – гідростатичний тиск середовища

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

де H^* – висота шару середовища в апараті; ρ_c – щільність середовища, $\rho_c = 768$ кг/м³; g – прискорення вільного падіння, $g = 9,81$ м/с².

$$H^* = H \cdot \varphi_3 = 1,62 \cdot 0,75 = 1,22 \text{ м},$$

де H – висота корпусу апарату, $H = 1,62$ м; φ_3 – коефіцієнт заповнення, $\varphi_3 = 0,75$.

Тоді

$$P_{г.ap} = 772 \cdot 9,81 \cdot 1,22 = 9239 \text{ Па} = 0,002 \text{ МПа}$$

Гідростатичний тиск середовища враховується в тому випадку, якщо він перевищує 5% від робочого тиску

$$\frac{P_{г.ap}}{P_a} \cdot 100\% \leq 5\% ;$$

$$\frac{0,002}{0,1} \cdot 100\% = 2\% < 5\% .$$

Оскільки умова виконується

$$P_{a.p} = 0,1 \text{ МПа}$$

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

Однак, для судин і апаратів, що працюють під тиском, що не перевищує 0,2 МПа, розрахунковий тиск слід приймати рівним 0,2 МПа, [6, с. 8] отже приймаємо

$$p_{a.p} = 0,2 \text{ МПа}$$

Напруга, що допускається, у робочому стані:

$$[\sigma] = \eta \cdot \sigma^* = 1 \cdot 145 = 145 \text{ МПа},$$

де $\eta = 1,0$ для листового прокату [6, с. 10]; $\sigma^* = 145 \text{ МПа}$ – нормативна напруга, що допускається, при робочій температурі $t = 70^\circ\text{C}$ [6, табл.1.2] для сталі 12Х18Н10Т;

При гідравлічних випробуваннях:

$$[\sigma]_{\text{и}} = \frac{\sigma_{\text{т}}}{1,1} = \frac{240}{1,1} = 218 \text{ МПа},$$

де $\sigma_{\text{т}} = 240 \text{ МПа}$ – розрахункове значення границі текучості [6, табл.1] при температурі 20°C .

Коефіцієнт запасу стійкості:

- для робочих умов $n_y = 2,4$ [6];
- для умов випробувань $n_{y.и} = 1,8$ [6].

Розрахункові значення модуля пружності для сталі Х12Н10Т при $t = 70^\circ\text{C}$ и $t = 20^\circ\text{C}$ відповідно дорівнюють [6]

$$E = 2,0 \cdot 10^5 \text{ МПа (при температурі } 20^\circ\text{C)}$$

$$E = 1,98 \cdot 10^5 \text{ МПа (при температурі } 56^\circ\text{C)}$$

Коефіцієнт міцності зварних швів при автоматичному дуговому електрозварюванні [1, табл.1.7] $\phi = 1,0$.

Збільшення до розрахункових товщин стінок при терміну служби апарата $\tau = 10$ років:

- а) для компенсації корозії: обичайки і днища корпуса:

$$c_k = \Pi \cdot \tau = 0,13 \cdot 10 = 1,3 \text{ мм};$$

кришки:

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

$$c_{к.кр} = \Pi \cdot \tau = 0,13 \cdot 10 = 1,3 \text{ мм};$$

б) для компенсації ерозії $c_э = 0$, тому що ерозія відсутня;

в) для компенсації мінусового допуску й зменшення товщини стінки елементів апарата відповідно $c_2 = 0$ и $c_3 = 0$.

Тоді за умови, що $c_1 = c_к + c_э$, величина величина сумарного збільшення до розрахункових товщин:

обичайки і днища корпусу:

$$c = \sum c_i = c_к = 1,3 \text{ мм};$$

кришки:

$$c_{кр} = 1,3 \text{ мм}$$

Коефіцієнт лінійного розширення для вуглецевих сталей у температурному діапазоні від 20°C до 200°C [6, таблиця X1]

$$\alpha = 12,5 \cdot 10^{-6} \text{ 1}^\circ\text{C}.$$

Розрахункова довжина обичайки апарата:

$$l_p = H - 2/3 \cdot H_{дн} = 1620 - 2/3 \cdot 350 = 1387 \text{ мм},$$

де $H_{дн} = 350$ мм – висота невідбортованої частини днища.

3.2 Розрахунок товщини стінки корпусу і кришки

Вихідні дані:

внутрішній діаметр корпусу

$$D = 1400 \text{ мм};$$

розрахунковий тиск в апараті

$$p_a = 0,2 \text{ МПа};$$

робоча температура середовища в апараті

$$t_c = 70 \text{ }^\circ\text{C};$$

матеріал апарата

сталь 12X18H10T;

щільність середовища в апараті

$$\rho = 772 \text{ кг/м}^3;$$

термін служби апарата

$$\tau = 10 \text{ років.}$$

Розрахункова товщина стінки кожуха

$$s_p = \max \left\{ \begin{array}{l} K_2 D \cdot 10^{-2} \\ \frac{1,1 p_{н.р} D}{2[\sigma]} \end{array} \right\} \quad (3.3)$$

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

де $K_2 = 0,57$ – по номограмі при значенні K_1 та K_3 [6, рис. 1.14];
 прийнятий тиск води в сорочці $p_{н.р} = 0,2$ МПа

$$K_1 = \frac{n_y \cdot p_{н.р}}{2,4 \cdot 10^{-6} \cdot E} \quad (3.4)$$

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

$$K_3 = \frac{l_p}{D} \quad (3.5)$$

$$K_3 = \frac{1387}{1400} = 0,98$$

$$s_p = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,57 \cdot 1,4 \cdot 10^{-2} \\ \frac{1,1 \cdot 0,2 \cdot 1,4}{2 \cdot 145} \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 8,0 \cdot 10^{-3} \\ 1,1 \cdot 10^{-3} \end{array} \right\} = 8,0 \text{ мм}$$

Виконавча товщина стінки корпусу

$$s = s_p + c = 8,0 + 1,3 = 9,3 \text{ мм}$$

Приймаємо стандартне значення товщини стінки кожуха $s = 10,0$ мм [8, табл.7.2].

Розрахункова товщина стінки кришки при проведенні гідравлічних випробувань

$$s_p = \frac{p_{а.р} \cdot D}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma]_{II} - 0,5 \cdot p_{II}} \quad (3.6)$$

$$s_p = \frac{0,2 \cdot 1400}{2 \cdot 1,0 \cdot 145 - 0,5 \cdot 0,2} = 1,0 \text{ мм}$$

Виконавча товщина кришки

$$s_{кр} = s_p + c = 1,0 + 1,3 = 2,3 \text{ мм}$$

З метою уніфікації сортаменту матеріалу та навантаження від ваги приводу приймаємо $s_{кр} = 10,0$ мм.

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

3.3 Розрахунок фланцевого з'єднання

Фланцеве з'єднання кришки і корпуса апарата при $D_{\text{вн}} = 1400$ мм і $p = 0,2$ МПа вибирається по ОСТ 26-426-79 з плоскими приварними фланцями й ущільнювальною поверхнею.

Товщина втулки фланця [6]

$$s_0 \leq 1,35 \cdot s,$$

де $s = 10$ мм – товщина обичайки апарата.

$$s_0 = 1,35 \cdot 10 = 13,5 \text{ мм},$$

приймаємо $s_0 = 14$ мм.

Перевіряємо виконання умови

$$s_0 - s \leq 5$$

$$14 - 10 = 4 \leq 5 \text{ – умова виконується.}$$

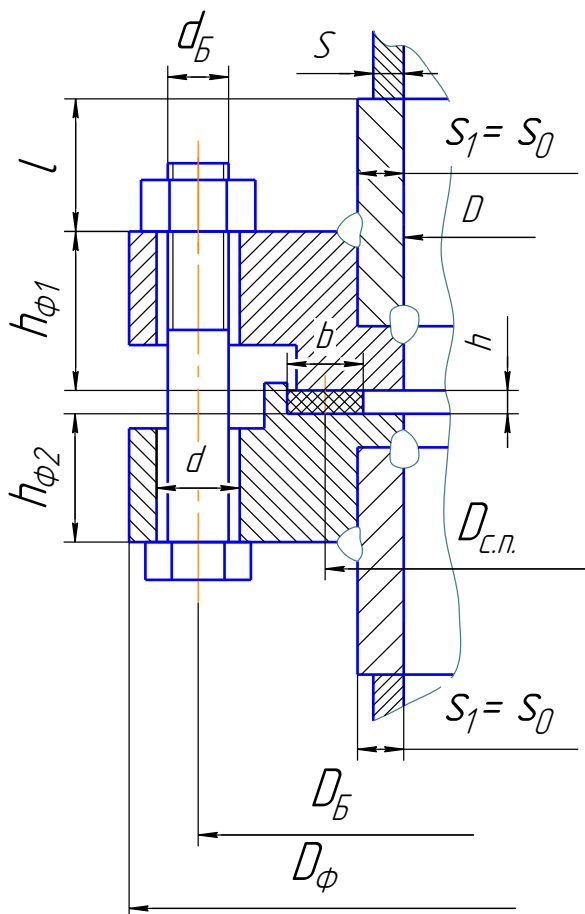


Рисунок 7 - Схема з'єднання фланця

Визначимо діаметр болтової окружності [8, с.263]

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

$$D_6 = D_{BH} + 2 \cdot (2 \cdot s_0 + d_6 + u), \quad (3.7)$$

де $d_6 = 20$ мм – діаметр болтів при $D_{BH} = 1400$ мм и $p = 0,2$ МПа [6, табл. 1.40]; $u = 6$ мм – нормативний зазор між гайкою і втулкою ($u = 4 \div 6$, [8, табл.9]).

$$D_6 = 1,4 + 2 \cdot (2 \cdot 0,01 + 0,02 + 0,006) = 1,492 \text{ м},$$

приймаємо $D_6 = 1,49$ м [8, табл.. 13.7]

Зовнішній діаметр фланця [6, с.264]

$$D_\phi \geq D_6 + a,$$

де $a = 40$ мм [8, табл.13.27]

$$D_\phi = 1,49 + 0,04 = 1,53 \text{ м},$$

приймаємо $D_\phi = 1,53$ м [8, с.264]

Зовнішній діаметр прокладки визначається за формулою [8, 13.11]

$$D_{II} \geq D_6 - e,$$

де $e = 30$ мм [8, табл.13.27]

$$D_{II} = 1,49 - 0,03 = 1,46 \text{ м}$$

Середній діаметр прокладки [8, 13.12]

$$D_{cp.II} \geq D_{II} - b_{II},$$

де $b_{II} = 20$ мм – ширина прокладки [6, табл.1.42]

$$D_{cp.II} = 1,46 - 0,02 = 1,44 \text{ м}$$

Еквівалентна ширина прокладки

$$b_e = b = 20 \text{ мм};$$

Застосовуємо матеріал прокладки – паронит за ГОСТ 481-80 товщиною 2 мм.

Кількість болтів, необхідна для забезпечення герметичності з'єднання, визначається за формулою [6]

$$Z_6 = \frac{\pi \cdot D_6}{t_6}, \quad (3.8)$$

де t_6 – крок болтів, $t_6 = (4,2 \div 5) \cdot d_6 = 5,0 \cdot 20 = 100$ мм

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

$$Z_{\sigma} = \frac{3,14 \cdot 1,49}{0,1} = 46$$

Приймаємо [8, табл. 13.7] кратне чотирьом значення $Z_{\sigma} = 48$

Висота фланця визначається за формулою

$$h = \lambda \cdot \sqrt{D_e \cdot s_e}, \quad (3.9)$$

де $\lambda = 0,38$ – коефіцієнт [8, рис.13.14]; s_e – еквівалентна товщина втулки фланця

$$s_e = \alpha \cdot s_0,$$

де $\alpha = 1,0$ – для плоского приварного фланця

$$s_e = 1,0 \cdot 14 = 14 \text{ мм};$$

$$h = 0,38 \cdot \sqrt{1,4 \cdot 0,014} = 0,034 \text{ м},$$

приймаємо $h = 35$ мм.

Розрахункова довжина болта між опорними поверхнями голівки болта і гайки

$$l_{\sigma} = l_{\sigma_0} + 0,28 \cdot d_{\sigma};$$

$$l_{\sigma_0} = 2 \cdot (h_{\text{сп}} + s_{\text{п}});$$

$$l_{\sigma_0} = 2 \cdot (40 + 2) = 84 \text{ мм};$$

$$l_{\sigma} = 84 + 0,28 \cdot 20 = 89,6 \text{ мм};$$

приймаємо $l_{\sigma} = 90$ мм.

Навантаження , що діє на фланцеве з'єднання

$$Q_d = \frac{p_R \cdot \pi \cdot D_{\text{ср.п}}^2}{4}, \quad (3.10)$$

де $p_R = 0,2$ МПа – внутрішній тиск в апараті; $D_{\text{ср.п}} = 1,44$ м – середній діаметр прокладки.

$$Q_d = \frac{0,2 \cdot 3,14 \cdot 1,44^2}{4} = 0,326 \text{ МН}$$

Реакція прокладки за робочих умов [2]

$$R_{\text{п}} = \pi \cdot D_{\text{ср}} \cdot b_e \cdot m \cdot p_R, \quad (3.11)$$

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

де $m = 2,5$ – коефіцієнт, що залежить від матеріалу прокладки (табл.13.28 [8]);

$$R_n = 3,14 \cdot 1,44 \cdot 0,02 \cdot 2,5 \cdot 0,2 = 0,045 \text{ МН}$$

Зусилля, що виникає від температурних деформацій

$$Q_t = \gamma \cdot Z_\delta \cdot f_\delta \cdot E_\delta \cdot (\alpha_{cp} \cdot t_{cp} - \alpha_\delta \cdot t_\delta), \quad (3.12)$$

де $\alpha_{cp} = 12,5 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$ – коефіцієнт лінійного розширення матеріалу фланця; $\alpha_\delta = 12,5 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$ – коефіцієнт лінійного розширення матеріалу болтів; $t_\delta = 0,96 \cdot t_p = 0,96 \cdot 70 = 67^\circ\text{C}$ – розрахункова температура неізолюваних болтів; γ – безрозмірний коефіцієнт; Z_δ – кількість болтів; $f_\delta = 2,35 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ – розрахункова площа поперечного переріза болта по зовнішньому діаметру; $E_\delta = 1,91 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ – модуль поздовжньої пружності сталі 20 при $t_\delta = 67^\circ\text{C}$.

$$\gamma = A \cdot Y_\delta, \quad (3.13)$$

де Y_δ – лінійна піддатливість болта.

$$Y_\delta = \frac{l_\delta}{E_\delta \cdot f_\delta \cdot Z_\delta} \quad (3.14)$$

$$Y_\delta = \frac{0,09}{1,91 \cdot 10^5 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4} \cdot 48} = 4,18 \cdot 10^{-5} \text{ м/МН;}$$

$$A = [Y_n + Y_\delta + 0,25 \cdot (Y_{\phi 1} + Y_{\phi 2}) \cdot (D_\delta - D_{cp.n})]^{-1}, \quad (3.15)$$

де Y_n – лінійна піддатливість прокладки; $Y_{cp} = Y_{\phi 1} = Y_{\phi 2}$ – кутова піддатливість фланця;

$$Y_n = \frac{s_n}{\pi \cdot D_{cp.n} \cdot b_n \cdot E_n} \quad (3.16)$$

$$Y_n = \frac{0,002}{3,14 \cdot 1,44 \cdot 0,02 \cdot 2000} = 11,1 \cdot 10^{-6} \text{ м/МН;}$$

$$Y_\phi = \frac{[1 - \omega \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda)] \cdot \psi_2}{h^3 \cdot E}, \quad (3.17)$$

де ω – безрозмірний параметр; ψ_2 – коефіцієнт, що визначається за рис.13.17 [8].

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

$$\omega = [1 + 0,9 \cdot \lambda \cdot (1 + \psi_1 \cdot j^2)]^{-1}, \quad (3.18)$$

де $\psi_{1,j}$ – коефіцієнти

$$\psi_1 = 1,28 \cdot \lg k;$$

$$k = \frac{D_\phi}{D_{\text{вн}}} \text{ – для плоских фланців;}$$

$$k = \frac{1,53}{1,4} = 1,093;$$

$$\psi_1 = 1,28 \cdot \lg 1,093 = 0,049,$$

$$\psi_2 = \frac{k+1}{k-1} = \frac{1,093+1}{1,093-1} = 22,51;$$

$$j = \frac{h}{s_e} = \frac{0,035}{0,014} = 2,5 \quad [6, \text{ с. 226}]$$

Тоді

$$\omega = [1 + 0,9 \cdot 0,38 \cdot (1 + 0,049 \cdot 2,5^2)]^{-1} = 0,691;$$

$$Y_\phi = \frac{[1 - 0,691 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,38)] \cdot 22,51}{0,035^3 \cdot 1,91 \cdot 10^5} = 0,2 \text{ м/МН;}$$

$$A = [11,1 \cdot 10^{-6} + 4,18 \cdot 10^{-5} + 0,5 \cdot 0,2 \cdot (1,49 - 1,44)^2]^{-1} = 3,3 \cdot 10^3 \text{ МН/м;}$$

отже

$$\gamma = 3,3 \cdot 10^3 \cdot 4,18 \cdot 10^{-5} = 0,138;$$

зусилля, що виникає від температурних деформацій

$$Q_t = 0,138 \cdot 48 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4} \cdot 1,98 \cdot 10^5 \cdot (12,5 \cdot 10^{-6} \cdot 68 - 12,5 \cdot 10^{-6} \cdot 67) = 0,0039$$

МН

Визначимо коефіцієнт жорсткості фланцевого з'єднання

$$k_{\text{ж}} = \frac{Y_\phi + 0,5Y_{\text{ср}}(D_\phi - D - s_o) \cdot (D_\phi - D_{\text{ср.п}})}{Y_{\text{п}} + Y_\phi + Y_\phi(D_\phi - D_{\text{ср.п}})^2} \quad (3.19)$$

$$k_{\text{ж}} = \frac{4,18 \cdot 10^{-5} + 0,5 \cdot 0,2 \cdot (1,49 - 1,4 - 0,014) \cdot (1,49 - 1,44)}{11,1 \cdot 10^{-6} + 4,18 \cdot 10^{-5} + 0,2 \cdot (1,49 - 1,44)^2} = 0,763$$

Визначимо болтове навантаження. В умові монтажу [8]

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

$$p_{\sigma 1} = \max \left\{ \begin{array}{l} k_{ж} \cdot Q_{д} + R_{п} \\ 0,5 \cdot \pi \cdot D_{ср.п} \cdot b_{п} \cdot p_{пр} \end{array} \right\}, \quad (3.20)$$

де $p_{пр}$ – пробний тиск стиску прокладки, для парониту за табл. 4 [8]
 $p_{пр} = 20$ МПа.

$$p_{\sigma 1} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,763 \cdot 0,326 + 0,045 \\ 0,5 \cdot 3,14 \cdot 1,44 \cdot 0,02 \cdot 20 \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,294 \\ 0,904 \end{array} \right\} = 0,904 \text{ МН}$$

За робочих умов [8]

$$p_{\sigma 2} = p_{\sigma 1} + (1 - k_{ж}) \cdot Q_{д} + Q_{t} \quad (3.21)$$

$$p_{\sigma 2} = 0,904 + (1 - 0,763) \cdot 0,326 + 0,0039 = 0,985 \text{ МН}$$

Перевірка міцності і герметичності з'єднання

умова міцності болтів [6]

$$\frac{P_{\sigma 1}}{Z_{\sigma} \cdot f_{\sigma}} \leq [\sigma_{\sigma}]^{20}, \quad (3.22)$$

$$\frac{P_{\sigma 2}}{Z_{\sigma} \cdot f_{\sigma}} \leq [\sigma_{\sigma}]^t, \quad (3.23)$$

де $[\sigma_{\sigma}]^{20} = 200$ МПа – для матеріалу болтів при температурі 20°C; $[\sigma_{\sigma}] = 184$ МПа – для матеріалу болтів при температурі 70°C.

$$\frac{0,904}{48 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4}} \leq 200 = 80 \leq 200 \text{ – умова виконується;}$$

$$\frac{0,985}{48 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4}} \leq 184 = 87 \leq 184 \text{ – умова виконується.}$$

Визначимо приведенний згинальний момент за формулою 1.145 [6]

$$M_0 = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,5 \cdot (D_{\sigma} - D_{ср.п}) \cdot p_{\sigma 1} \\ 0,5 \cdot (D_{\sigma} - D_{ср.п}) \cdot p_{\sigma 2} \end{array} \right\} \quad (3.24)$$

$$M_0 = \left\{ \begin{array}{l} 0,5 \cdot (1,49 - 1,44) \cdot 0,904 \\ 0,5 \cdot (1,49 - 1,44) \cdot 0,985 \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,0226 \\ 0,0246 \end{array} \right\} = 0,0246 \text{ МН}\cdot\text{м.}$$

За формулою 1.141 [6] для прокладки з парониту

$$\frac{P_{б\max}}{\pi \cdot D_{ср.п} \cdot b} \leq p_{п.р} \quad (3.25)$$

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

де $p_{\text{пр}}$ – тиск, що допускається, на прокладку за табл. 1.44 [6] $p_{\text{пр}} = 130$ МПа;

$$p_{\sigma_{\text{max}}} = \max\{p_{\sigma_{61}}; p_{\sigma_{62}}\} \quad (3.26)$$

$$p_{\sigma_{\text{max}}} = \max\{0,904; 0,985\} = 0,985 \text{ МН.}$$

$$\frac{p_{\sigma_{\text{max}}}}{\pi \cdot D_{\text{ср.н}} \cdot b} = \frac{0,985}{3,14 \cdot 1,44 \cdot 0,02} = 11 \text{ МПа} \leq 130 \text{ МПа,}$$

умова міцності виконується.

Для перетину, обмеженого розміром s_0 перевіряємо умову за формулою 1.147 [6]:

$$\sqrt{(\sigma_0 + \sigma_m)^2 + \sigma_t^2} - (\sigma_0 + \sigma_m) \cdot \sigma_t < \varphi \cdot [\sigma_0], \quad (3.27)$$

де σ_0 – максимальна напруга в перетині, обмеженому розміром s_0 , що визначається за формулою 1.148 [6]; $\varphi = 0,95$ – коефіцієнт міцності зварних швів; $[\sigma_0]$ – напруга, що допускається, для фланця в перетині s при кількості навантажень з'єднання (зборка-розбирання) не більше $2 \cdot 10^3$; σ_t – тангенціальна напруга у втулці від внутрішнього тиску; σ_m – тангенціальна напруга у втулці від внутрішнього тиску;

за формулою 1.149 [6]

$$\sigma_m = \frac{p_p \cdot D_{\text{вп}}}{4 \cdot (s_0 - c)} \quad (3.28)$$

$$\sigma_m = \frac{0,2 \cdot 1,4}{4 \cdot (0,014 - 0,0013)} = 6 \text{ МПа;}$$

за формулою 1.149 [6]

$$\sigma_t = \frac{p_p \cdot D_{\text{вп}}}{2 \cdot (s_0 - c)} \quad (3.29)$$

$$\sigma_t = \frac{0,2 \cdot 1,4}{2 \cdot (0,014 - 0,0013)} = 12 \text{ МПа;}$$

за формулами 1.143 і 1.148 [6]

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

$$\sigma_0 = \psi_3 \cdot \frac{T_{cp} \cdot M_0 \cdot v}{D^* \cdot (s_0 - c)^2}, \quad (3.30)$$

де $\psi_3 = 1$ – для плоских приварних фланців; T_{cp} – безрозмірний коефіцієнт;

за формулою 1.144 [6]

$$T_{cp} = \frac{D_\phi^2 \cdot \left(1 + 8,55 \cdot \lg \frac{D_\phi}{D_{en}}\right) - D_{en}^2}{(1,05 \cdot D_n^2 + 1,945 \cdot D_\phi^2) \cdot \left(\frac{D_\phi}{D_{en}} - 1\right)} \quad (3.31)$$

де $D_n = 1,46$ м – зовнішній діаметр прокладки;

$$T_{cp} = \frac{1,53^2 \cdot \left(1 + 8,55 \cdot \lg \frac{1,53}{1,4}\right) - 1,4^2}{(1,05 \cdot 1,46^2 + 1,945 \cdot 1,53^2) \cdot \left(\frac{1,53}{1,4} - 1\right)} = 1,968$$

$$\sigma_0 = \frac{1 \cdot 1,968 \cdot 0,0246 \cdot 0,691}{1,4 \cdot (0,014 - 0,0013)^2} = 148 \text{ МПа};$$

$$[\sigma]_0 = 0,003 \cdot E = 0,003 \cdot 1,9 \cdot 10^5 = 570 \text{ МПа}.$$

Умова міцності

$$\sqrt{(148 + 6)^2 + 12^2} - (148 + 6) \cdot 12 \leq 0,95 \cdot 570$$

$$149 < 542 \text{ – умова міцності виконана.}$$

Окружний тиск у кільці фланця

$$\sigma_k = \frac{M_0 \cdot [1 - \omega \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda_{cp})] \cdot \psi_2}{(D_{вн} \cdot h_\psi^2)} \quad (3.32)$$

$$\sigma_k = \frac{0,0246 \cdot 22,51 \cdot [1 - 0,691 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,38)]}{1,4 \cdot 0,035^2} = 16 \text{ МПа}.$$

Визначаємо кут повороту фланця за формулою 1.150 [6]

$$\Theta = \frac{\sigma_k \cdot D_{вн}}{E \cdot h_{cp}} \leq [\Theta], \quad (3.33)$$

де $[\Theta] = 0,009$ рад – кут повороту фланця, що допускається.

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

$$\Theta = \frac{16 \cdot 1,4}{1,9 \cdot 10^5 \cdot 0,035} = 0,0034 < 0,009 \text{ рад,}$$

тобто умова герметичності з'єднання виконується.

3.4 Уточнений розрахунок вертикального вала мішалки

Вал повинний бути міцним, жорстким і вібростійким. Як визначальну умову працездатності вала приймається його вібростійкість. При виконанні цієї умови міцність і стійкість вала звичайно бувають забезпечені.

Вал в даних умовах експлуатації повинний задовольняти умові

$$\omega \leq 0,6\omega_{кр} \quad (3.34)$$

Далі проводимо розрахунок вала.

Масу одиниці довжини вала визначаємо за формулою 32.7 [11]

$$m = \rho \cdot (\pi d^2/4) \quad (3.35)$$

$$m = 7860 \cdot (3,14 \cdot 0,065^2/4) = 26,1 \text{ кг/м}$$

Визначаємо момент інерції поперечного перерізу валу:

$$J = \pi d^4/64 \quad (3.36)$$

$$J = 3,14 \cdot 0,065^4/64 = 0,88 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4$$

Маса мішалки $M_M = 6,0$ кг [11, табл. 31.12]

Визначаємо коефіцієнт K і a_1 :

$$K = M_M/(m \cdot L) \quad (3.37)$$

тут $L = 1670$ мм – довжина вала мішалки до з'єднання з муфтою;

$$K = 6,0/(26,1 \cdot 1,67) = 0,14$$

$$a_1 = l_1/L = 1,0.$$

За отриманими значеннями K і a_1 з графіка на рисунку 32.3 [11] знаходимо корінь α часткового рівняння

$$\alpha = f(K; a_1) = 1,7$$

Першу критичну швидкість визначимо за формулою 32.4 [11]

$$\omega_{кр1} = \frac{\alpha^2}{L^2} \sqrt{\frac{EJ}{m}} \quad (3.38)$$

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

$$\omega_{кр1} = \frac{1,7^2}{1,67^2} \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{11} \cdot 0,88 \cdot 10^{-6}}{26,1}} = 85,1 \text{ рад/с.}$$

Отже

$$\omega/\omega_{кр1} = 3,33/85,1 = 0,039 < 0,6$$

що задовольняє умові.

3.5 Розрахунок і вибір опори

Вихідні дані:

- маса апарата, $m = 2420$ кг;
- товщина стінки, $s = 10$ мм;
- кількість лап, $n = 4$ шт.
- число ребер у лапі, $z = 2$;
- виліт опори $l = 185$ мм;
- висота ребра, $h = 315$ мм.

Навантаження на лапу

$$G = \frac{m \cdot g}{n} \quad (3.39)$$

$$G = \frac{2420 \cdot 9,81}{4} = 5935 \text{ Н}$$

Розрахункову товщину ребра при $k = 0,5$ визначимо за формулою 29 [9]

$$s' = \frac{2,24 \cdot G}{k \cdot z \cdot [\sigma] \cdot l} \quad (3.40)$$

$$s' = \frac{2,24 \cdot 5935 \cdot 10^{-6}}{0,5 \cdot 4 \cdot 145 \cdot 0,185} = 0,0045 \text{ м} = 4,5 \text{ мм}$$

Відношення $l/s = 0,185/13 = 0,014 > s' = 0,0042$ м; тому зменшимо значення k до $0,275$, при якому за графіком на рис. 29.2 [9] $l/s = 22$.

Перерахуємо s'

$$s' = 0,0045 \frac{0,5}{0,275} = 0,0082 \text{ м} \approx \frac{0,185}{22} = 0,0084 \text{ м}$$

Приймаємо з урахуванням збільшення на корозію $s = 10$ мм.

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

Ребра приварюються до корпусу зварним круговим швом з катетом $h_{ш} = 8$ мм.

Загальна довжина зварного шва

$$L_{ш} = 4 \cdot (h + s) \quad (3.41)$$

$$L_{ш} = 4 \cdot (0,315 + 0,01) = 1,3 \text{ м.}$$

Напруга на зріз для звареного шва, що допускається.

$$[\tau'] = 0,6 \cdot [\tau] \quad (3.42)$$

$$[\tau'] = 0,6 \cdot 145 = 88,2 \text{ МПа.}$$

Міцність звареного шва перевіримо за формулою 29.2 [9]

$$G = 0,026 < 0,7 \cdot L_{ш} \cdot h_{ш} \cdot [\tau'] \quad (3.43)$$

$$G = 0,7 \cdot 1,3 \cdot 0,008 \cdot 88,2 = 0,64 \text{ МН}$$

тобто умова міцності виконується.

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

4 Монтаж і ремонт апарату

4.1 Монтаж апарата[12]

Перед монтажем апарата перевіряють його комплектність, відповідність проектним кресленням, стан корпусу, ущільнювальних поверхонь, штуцерів, вузлів, відсутність ушкоджень, поломок і інших видимих дефектів.

Монтаж апарата проводиться відповідно до вказівок ППР чи технологічних карт індустріальними методами, що передбачають установку апарата на фундаменти цілком у зібраному виді з пристроєм, що перемішує, приводом і обслуговуючими металоконструкціями.

При вивірці установки апарата відхилення від проектних осей і оцінок, а також горизонтальність і вертикальність не повинні перевищувати:

- головних осей апарата в плані 10 мм;
- фактичної висотної оцінки встановленого апарата 10 мм;
- вертикальної осі пристрою, що перемішує, від вертикальної осі 0,3 мм на 1 м.

Вертикальність апарата вивіряється рамним рівнем, установленим на обробленій частині вала пристрою, що перемішує, установленого на підшипниках кочення в спеціальному корпусі, що кріпиться болтами до станини. При цьому витримується рівномірний радіальний зазор між валом пристрою, що перемішує, і внутрішньою стінкою сальникового стакану. Різниця у вимірах зазорів при повороті вала в чотирьох діаметрально протилежних точках не повинна перевищувати 0,5 мм для вала з частотою обертання до 1000 об/хв.

Биття вала, заміряне індикатором по обробленій частині вала біля сальника при його обертанні не повинна перевищувати 0,15 мм.

Після закінчення центрування і з'єднання елементів конструкції пристрою, що перемішує, вал повинний легко і плавно (без заїдань) провертатися вручну. Після чого за допомогою муфти з'єднуємо вал мішалки з вихідним кінцем вала мотор-редуктора.

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

Змонтований апарат до здачі в експлуатацію випробують на холостому ході, а потім під навантаженням. Тривалість випробувань по вимогах СНиП: на холостому ході - 2 години; під навантаженням - 4 години [12].

4.2 Проведення ремонтних робіт [13]

В апараті з мішалкою зносу можуть піддаватися корпус і різні патрубки, а також вузли пристрою, що перемішує, (муфта, вал, підшипниковий вузол, мішалка, і т.д.).

Корпус і сорочка можуть мати ушкодження цілісності, що усуваються різними методами. Найбільш розповсюдженим видом ремонту є промивання поверхонь для видалення відкладень і шумовиння з підваркою прокородованих ділянок.

Розбирання апарата здійснюється в наступному порядку.

На фланці корпусу і сорочки апарата робляться мітки, потім знімаються болти. Далі розбирається привод, муфта і мішалка. Дрібними друзками або дерев'яними шкребками проводиться чищення апарата, а потім промивання гарячою водою. При великих розмірах ушкоджень допускається використання спеціальних замазок на основі силікатів, епоксидної смоли й інших нейтральних матеріалів.

В апаратах з мішалками найбільшому зносу піддаються деталі пристрою, що перемішує. Метод ремонту деталей визначається ступенем їхнього зносу. При незначному зносі вал обточується і шліфується під ремонтний розмір або нарощується шар металу (наплавленням, металізацією, хромуванням і т.д.) і при наступній обробці відновлюється номінальний розмір вала. Можливе також запресовування втулок. Вал апарата має найбільш піддане зносу місце: зона контакту з підшипниками. При ремонті найбільш доцільна установка на цих місцях легкозмінних втулок зі зносостійкого металу.

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

Можливі дефекти шпонкових з'єднань, підшипників, муфт і способи їхнього ремонту і заміни здійснюються типовими способами.

При зборці апаратів із пристроями, що переміщують, після ремонту їхніх елементів болтові з'єднання кріплення мішалок повинні мати контргайки, шплінти або запобіжні гайки.

Вивірка установки пристрою, що переміщує, здійснюється по вимогах, виконуваним при монтажі апарата.

Після зборки апарата перевіряється робота привода мішалки на холостому ході. При цьому контролюється нагрівання підшипників, герметичність фланцевих з'єднань.

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

5 Охорона праці

5.1 Аналіз потенційних небезпек під час роботи [13]

При виробництві ментолу в цеху можливі такі небезпеки:

1. Отруєння внаслідок впливу шкідливих речовин, що застосовуються як сировина.
2. Хімічні та термічні опіки.
3. Травмування частинами обладнання, що рухаються.
4. Поразка електричним струмом.
5. Виникнення пожежі.
6. Травмування під час обслуговування внутрішньоцехового транспорту та підйомно-транспортних пристроїв.

Характеристика речовин із токсичності представлена у таблиці 6.1.

Захист навколишнього середовища під час виробництва засобу забезпечується герметизацією технологічного устаткування.

Промивні води є безбарвною рідиною зі слабким специфічним запахом, рН(7,0±1,0). Вони можуть містити незначну кількість віддушки та сліди компонентів.

Вимоги контролю за вмістом шкідливих речовин у повітрі робочої зони – за ГОСТ 12.1.005.

Концентрація шкідливих речовин у повітрі робочої зони ГОСТ 12.1.005

5.2 Розрахунок вентиляції

Вихідні дані:

1. Розміри будівлі, м 54x18x6
2. Будівля має:
 - 2 ряду вікон розміром $\approx (54 \times 3,2)$ м з подвійним склінням і дерев'яними плетінням, 2 подвійних воріт розмірами 3x3 і 2x2 м
3. Стіни будівлі цегляні, перекриття бетонні
4. Сумарна потужність електрообладнання, що витрачається, кВт 187

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

5. Потужність, що споживається одночасно включеними світильниками, кВт 11
6. У відділенні працює одночасно 7 осіб
7. Кількість повітря, що надходить зовні, кг/с 0,73
8. Температура зовнішнього повітря, °С:
 зимою $t^3 = -14$
 влітку $t^1 = 25$
9. Розрахункова температура у будівлі, °С $t_{расч} = 25$
10. Цех знаходиться у північній частині країни

5.2.1 Визначення теплового балансу на виробництві

Рівняння теплового балансу має вигляд

$$Q = Q_{\text{выд}} - Q_{\text{ух}} \quad (5.1)$$

де $Q_{\text{выд}}$ – кількість тепла, що отримується з різних джерел, кВт;

$Q_{\text{ух}}$ – кількість тепла, що йде з будівлі, кВт

Кількість тепла $Q_{\text{выд}}$ визначається за формулою

$$Q_{\text{выд}} = Q_{\text{дв}} + Q_{\text{и.с.}} + Q_{\text{с.р.}} + Q_{\text{люд}} + Q_{\text{об}} \quad (5.2)$$

де $Q_{\text{дв}}$ – тепловиділення від електрообладнання

$Q_{\text{дв}}$ визначається за формулою

$$Q_{\text{дв}} = \Sigma N \eta_1 \eta_2 \eta_3 \eta_4, \text{ кВт} \quad (5.3)$$

тут ΣN – сумарна потужність електродвигуна, що витрачається, кВт;

$\eta_1 = 0,95$ – середній ККД електрообладнання

$\eta_2 = 0,5$ – коефіцієнт використання

$\eta_3 = 0,7$ – коефіцієнт одночасності роботи

$\eta_4 = 0,5$ – коефіцієнт, що характеризує частку переходу

механічної енергії в теплову

Тоді

$$Q_{\text{дв}} = 187 \cdot 0,95 \cdot 0,5 \cdot 0,7 \cdot 0,5 = 31 \text{ кВт}$$

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

Теплопоступ від штучного освітлення

$$Q_{\text{и.с.}} = 11 \text{ кВт}$$

Тепловступ від сонячної радіації:

для зашкленних прорізів визначається за формулою

$$Q_o = q_o F_o A_o \quad (5.4)$$

для покриттів визначається за формулою

$$Q_{\text{п}} = q_{\text{п}} F_{\text{п}} K_{\text{п}} \quad (5.5)$$

Тут:

$$q_o = 125 \text{ ккал/год} = 145 \text{ Вт}$$

$$q_{\text{п}} = 18 \text{ ккал/год} = 21 \text{ Вт} \text{ – величини радіації відповідно віконних отворів}$$

та покриттів

$F_o, F_{\text{п}}$ – поверхні скління та покриттів, м^2

$$F_o = 2 \cdot 54 \cdot 3,2 = 345,6 \text{ м}^2$$

$$F_{\text{п}} = 54 \cdot 18 = 972 \text{ м}^2$$

$A_o = 1,15$ – коефіцієнт, що враховує вид скління

$K_{\text{п}} = 0,75 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч} \cdot \text{град} = 0,87 \text{ Вт/ м}^2 \cdot \text{К}$ – коефіцієнт тепловіддачі

покриття

Тоді

$$Q_o = 145 \cdot 345,6 \cdot 1,15 = 57628,8 \text{ Вт} \approx 58 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{п}} = 21 \cdot 972 \cdot 0,87 = 177758,4 \text{ Вт} \approx 17,8 \text{ кВт}$$

Таким чином

$$Q_{\text{с.р.}} = Q_o + Q_{\text{п}} \quad (5.6)$$

$$Q_{\text{с.р.}} = 58 + 17,8 = 75,8 \text{ кВт}$$

$Q_{\text{стен}}$ – не враховується, оскільки стіни масивні.

Тепловиділення людьми визначаються за формулою

$$Q_{\text{люд}} = (Q_{\text{яв}} + Q_{\text{скр}}) K \quad (5.7)$$

де $Q_{\text{яв}}$ – явне «відчутне» тепло (суха тепловіддача тепла)

$$Q_{\text{яв}} = 125 \text{ ккал/год} = 145 \text{ Вт}$$

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

$Q_{\text{скр}}$ – «приховане» тепло (при випаровуванні вологи з поверхні дихання)

$$Q_{\text{скр}} = 100 \text{ ккал/год} = 116,3 \text{ Вт [}$$

$$K = 7 \text{ людина}$$

$$Q_{\text{люд}} = (145 + 116,3) \cdot 7 = 1829 \text{ Вт} \approx 1,83 \text{ кВт}$$

Тепло, яке виділяється обладнанням визначається за формулою

$$Q_{\text{об}} = Q_{\text{п}} \quad (5.8)$$

де $Q_{\text{п}} = 5,14 \text{ кВт}$ – тепловтрати змішувача

Тепло, що виділяється в цеху:

взимку:

$$Q^{\text{з}}_{\text{выд}} = 31 + 11 + 5,14 + 1,83 = 49,1 \text{ кВт}$$

влітку:

$$Q^{\text{л}}_{\text{выд}} = 14,31 + 112 = 126,31 \text{ кВт}$$

Втрати тепла в будівлі через огорожувальні конструкції визначаються за формулою

$$Q_{\text{пот}} = \Sigma F_n K_n (T_{\text{в}} - T_{\text{н}}), \text{ Вт} \quad (5.9)$$

де F – поверхня огорожі, м^2

K_n – коефіцієнт тепловіддачі конструкції, $\text{Вт}/\text{м}^2\text{К}$

Для скління $K_n = 2,5 \text{ ккал}/\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{град} = 2,9 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$

Для воріт $K_n = 5 \text{ ккал}/\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{град} = 5,8 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$

Для полу $K_n = 0,19 \text{ ккал}/\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{град} = 0,22 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$

Для потолка $K_n = 0,75 \text{ ккал}/\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{град} = 0,87 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$

Для стін $K_n = 0,67 \text{ ккал}/\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{град} = 0,78 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}$

$n=0,6$ – поправочний коефіцієнт до розрахункової різниці температур

$T_{\text{в}}$, $T_{\text{н}}$ – температура повітря всередині приміщення та зовнішнього повітря

$$T_{\text{в}} = 25 + 273 = 298 \text{ К}$$

$$T_{\text{н}} = 14 + 273 = 287 \text{ К}$$

Поверхні елементів конструкції складають:

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

скління

$$F_{\text{ост}} = 2 \cdot 54 \cdot 3,2 = 345,6 \text{ м}^2$$

воріт

$$F_{\text{вор}} = 3 \cdot 3 + 2 \cdot 2,2 = 13,4 \text{ м}^2$$

підлоги

$$F_{\text{пол}} = 54 \cdot 18 = 972 \text{ м}^2$$

стіт

$$F_{\text{ст}} = 2 \cdot (54 \cdot 6 + 18 \cdot 6) - 345,6 - 13,4 = 505 \text{ м}^2$$

потолка

$$F_{\text{пот}} = 54 \cdot 18 = 972 \text{ м}^2$$

Тоді тепловтрати для зимових умов через:

скління

$$Q_{\text{пот.ост.}} = 345,6 \cdot 0,6 \cdot 2,9 \cdot (298 - 287) \approx 6615 \text{ Вт}$$

ворота

$$Q_{\text{пот.вор.}} = 13,4 \cdot 0,6 \cdot 5,8 \cdot (298 - 287) \approx 513 \text{ Вт}$$

підлога

$$Q_{\text{пот.пол.}} = 972 \cdot 0,6 \cdot 0,22 \cdot (298 - 287) = 1411 \text{ Вт}$$

стіни

$$Q_{\text{пот.ст.}} = 505 \cdot 0,6 \cdot 0,78 \cdot (298 - 287) \approx 2560 \text{ Вт}$$

ПОТОЛОК

$$Q_{\text{пот.пот.}} = 972 \cdot 0,6 \cdot 0,87 \cdot (298 - 287) = 5581 \text{ Вт}$$

Загальні тепловтрати для зимових умов

$$Q^3_{\text{пот}} = \Sigma Q_{\text{пот.і}} \quad (5.10)$$

$$Q^3_{\text{пот}} = 6615 + 513 + 1411 + 2560 + 5581 = 16680 \text{ Вт} = 16,68 \text{ кВт}$$

Для літніх умов, т.к. $T_{\text{в}} = T_{\text{н}} = 298 \text{ К}$

$$Q^{\text{л}}_{\text{пот}} = 0$$

Тепло, що витрачається на нагрівання повітря, що надходить до будівлі, визначається за формулою

$$Q_{\text{доп}} = CG(T_{\text{в}} - T_{\text{н}}), \text{ Вт} \quad (5.11)$$

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

де $C=1,01$ кДж/кг·К – питома теплоємність повітря

$G=0,73$ кг/с – кількість повітря, що надходить до цеху

Тоді

$$Q_{\text{доп}} = 1,01 \cdot 0,73 \cdot (298 - 287) = 8,1 \text{ кВт}$$

Кількість тепла, що йде через огорожувальні пристрої:

взимку

$$Q^3_{\text{ух}} = 16,68 + 8,1 = 24,78 \text{ кВт}$$

влітку

$$Q^{\text{л}}_{\text{ух}} = 0$$

Тепловий баланс цеху:

для зимових умов

$$Q^3 = 49,1 - 27,78 = 24,32 \text{ кВт}$$

для літніх умов

$$Q^{\text{л}} = 124,9 \text{ кВт}$$

5.2.2 Визначення шкідливих речовин в цеху

Шкідливі виділення у цеху визначаються за формулою

$$G_{\text{вв}} = g_{\text{вв}} n, \quad \text{кг/с} \quad (5.12)$$

де $g_{\text{вв}} = 20$ г/год = $5,6 \cdot 10^{-6}$ кг/с

$n=4$ – кількість джерел виділення шкідливих речовин.

Тоді

$$G_{\text{вв}} = 5,6 \cdot 10^{-6} \cdot 4 = 22,4 \cdot 10^{-6} \text{ кг/с}$$

Кількість вуглекислоти, що виділяється персоналом цеху, визначається за формулою

$$G_{\text{co2}} = g_{\text{co2}} K \quad (5.13)$$

де $g_{\text{co2}} = 70$ г/годину – кількість вуглекислоти, що виділяється однією людиною. Визначається за таблицями залежно від характеру виконуваних робіт. K – кількість робітників. $K=7$ осіб

$$G_{\text{co2}} = 70 \cdot 7 = 490 \text{ г/час} = 136 \cdot 10^{-6} \text{ кг/с}$$

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

5.2.3 Визначення повітрообміну

Потрібний повітрообмін для видалення надлишкового тепла визначається за формулою

$$L_{\text{пр}} = \frac{Q_{\text{изб}}}{c\rho_{\text{пр}}(T_{\text{выт}} - T_{\text{пр}})} \quad (5.14)$$

де $Q_{\text{изб}} = Q$

$c = 1,01$ кДж/кг·К – питома теплоємність повітря

$\rho_{\text{пр}}$ – щільність припливного повітря, визначається за формулою

$$\rho_{\text{пр}} = \rho_0 T_0 / T \quad (5.15)$$

тут $\rho_0 = 1,29$ кг/м³ – щільність повітря за нормальних умов

$$T_0 = 273 \text{ К}$$

$$T = 273 - 14 = 259 \text{ К (для зимніх умов)}$$

$$\rho^3_{\text{пр}} = 1,29 \cdot 273 / 259 = 1,36 \text{ кг/м}^3$$

$$T = 273 + 25 = 298 \text{ К (для літніх умов)}$$

$$\rho^{\text{л}}_{\text{пр}} = 1,29 \cdot 273 / 298 = 1,18 \text{ кг/м}^3$$

$T_{\text{выт}}$, $T_{\text{пр}}$ – температура відходу (у місці витяжки з приміщення) та припливного повітря, К

$T_{\text{выт}}$ визначається за формулою

$$T_{\text{выт}} = T_{\text{р.з.}} + \Delta T(H-2) \quad (5.16)$$

де $T_{\text{р.з.}} = 273 + 25 = 298 \text{ К}$

ΔT – температурний градієнт, $\Delta T = 2$ [

$H = 6$ м – висота приміщення (поверху)

2 – висота робочої зони, м

$$T_{\text{выт}} = 298 + 2(6 - 2) = 306 \text{ К}$$

Тоді для зимових умов

$$L^3_{\text{пр}} = \frac{24,32}{1,01 \cdot 1,36 [306 - (273 - 14)]} = 0,376 \text{ м}^3 / \text{с} = 1356 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Для літніх умов

$$L^{\text{л}}_{\text{пр}} = \frac{124,9}{1,01 \cdot 1,18 (306 - 298)} = 13,09 \text{ м}^3 / \text{с} = 47159,8 \text{ м}^3 / \text{год}$$

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

Потрібний повітрообмін при боротьбі зі шкідливими газами та пилом визначається за формулою

$$L_{\text{газ}} = \frac{G}{P - P_1} \quad (5.17)$$

де G – кількість шкідливих домішок, що підлягають розведенню повітря, кг/с

P – ГДК газів у повітрі приміщення, мг/м³

$P_1 = 0$ – концентрація газів у припливному повітрі.

Повітрообмін по CO₂:

$$P_{\text{CO}_2} = 1,25 \cdot 44 / 22,4 = 2,5 \text{ г/м}^3 = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ мг/м}^3$$

$$L_{\text{CO}_2} = \frac{136 \cdot 10^{-6}}{(2,5 - 0)10^{-3}} = 0,0544 \text{ м}^3 / \text{с} \approx 196 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Воздухообмен по шкідливим газам:

$$P_{\text{ш}} = 1000 \text{ м}^2/\text{м}^3;$$

$$G_{\text{изв.}} = 20 \text{ г/год} = 5,6 \cdot 10^{-6} \text{ кг/с}$$

$$L_{\text{ш}} = \frac{22,4 \cdot 10^{-6}}{(1000 - 0)10^{-6}} = 0,0224 \text{ м}^3 / \text{с} = 80,6 \text{ м}^3 / \text{год}$$

Сумарний повітрообмін по надлишковому теплу (влітку) та по боротьбі зі шкідливими газами та пилом становить

$$\Sigma L = L_{\text{пр}} + L_{\text{CO}_2} + L_{\text{ш}} \quad (5.18)$$

$$\Sigma L = 47159,8 + 196 + 80,6 \approx 47436 \text{ м}^3/\text{год} \approx 13,2 \text{ м}^3/\text{с}$$

Вибираємо вентилятор В-Ц12-49-8-01, у якого

$$L = 15,25 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$\rho g h = 5600 \text{ Па}$$

$$n = 24,15 \text{ с}^{-1}$$

$$\eta = 0,68$$

$$\text{двигун 4A280M4 } N_{\text{дв}} = 132 \text{ кВт.}$$

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

Висновки

В ході дипломної роботи було розглянуто та розраховано апарат з мішалкою. Дана характеристика технологічному процесу, описана конструкція та робота апарату.

Вибрані конструкційні матеріали, проведені технологічні і механічні розрахунки.

Зроблений опис монтажних та ремонтних робіт апарату. Виконаний опис хорони праці де перераховані небезпеки під час роботи обладнання та зроблений розрахунок вентиляції.

					6.133.22.05.00.00.00 ПЗ	Арк.
						55
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

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. Лашинский 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. Лашинский 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.

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