

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Інститут (факультет) НІТТІ ім.акад.І.С.Гулого
Кафедра Машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв**

«До захисту в ЕК»

Директор інституту(декан факультету)

_____ Блаженко С.І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

«11» червня 2020р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Гавва О.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

«11» червня 2020р.

Кваліфікаційна робота

на здобуття освітнього ступеня бакалавра

з спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

(шифр та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми: обладнання переробних і харчових виробництв

на тему: Модернізація інокулятора з пневматичним перемішуванням об'ємом 25м³

Виконав: здобувач IV курсу, групи ОХ-4-10ск **Науменков Руслан.Юрійович**

(ППП повністю)

Керівник **Житнецький Ігор.Володимирович**

(ППП повністю)

_____ (підпис)

Консультанти _____

(прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Рецензент _____

(прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Засвідчую, що в цій кваліфікаційній роботі немає запозичень із праць інших авторів без відповідних посилань.

Здобувач _____
(підпис)

Київ - 2020р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого

Кафедра машин і апаратів харчових та фармацевтичних виробництв

Освітній ступінь «Бакалавр»

Спеціальність 133«Галузеве машинобудування»

(код і назва)

Освітньо-професійна програма «Обладнання переробних і харчових виробництв»

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувачкафедри

проф. Гавва

О.М.

“ ”

20 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Науменков Руслан.Юрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи

Модернізація інокулятора з пневматичним переміщенням об'ємом 25м3

керівник роботи Житнецький Ігор.Володимирович, к.т.н, доцент,

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “8”квітня 2020 року №260-кв

2. Строк подання здобувачем роботи 04.06.2020 р.

3. Вихідні дані до роботи: технічний паспорт обладнання; креслення обладнання; навчальна, нормативна та спеціальна література.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібнорозробити) анотація, зміст;вступ, порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі, техніко-економічне та соціальне обґрунтування, характеристика сировини і готової продукції, опис запропонованого технічного рішення, принцип роботи, розрахункова частина, вибір конструктивних матеріалів, технологія виготовлення окремої деталі, вимоги до монтажу, ремонту та експлуатації, охорона праці, системи керування; висновки, список використаної літератури, додатки

5. Перелік графічного матеріалу:

загальний вигляд машини з технічною характеристикою (1 аркуш); креслення збіркових одиниць з необхідною кількістю проєкцій, розрізів, перетинів та

креслення вузлів деталей, конструкція яких розроблена здобувачем(2-3 аркуші);
креслення ключової деталі складальної одиниці у відповідності
з технологією процесу виготовлення(1 аркуш), специфікації.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Техн. маш.</i>	<i>Бойко Ю.І.</i>		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Анотація, зміст	9 квітня 2020 р.	виконано
2	Вступ.	12 квітня 2020 р.	виконано
3	Порівняльний аналіз технічних рішень поставленої задачі.	19 квітня 2020 р.	виконано
4	Техніко-економічне, соціальне обґрунтування.	23 квітня 2020 р.	виконано
5	Характеристика сировини і готової продукції.	26 квітня 2020 р.	виконано
6	Опис запропонованого технічного рішення. Будова та принцип роботи.	4 травня 2020 р.	виконано
7	Вибір конструктивних матеріалів.	8 травня 2020 р.	виконано
8	Розрахункова частина.	18 травня 2020 р.	виконано
9	Технологія виготовлення окремої деталі	20 травня 2020 р.	виконано
10	Вимоги щодо монтажу, експлуатації та ремонту.	23 травня 2020 р.	виконано
11	Охорона праці	26 травня 2020 р.	виконано
12	Системи керування	28 травня 2020 р.	виконано
13	Висновки. Список використаної літератури	31 травня 2020 р.	виконано
14	Графічна частина: 5 аркушів формату А1.	1 червня 2020 р.	виконано
15	Подача ДП на кафедру.	4 червня 2020 р.	виконано

Здобувач _____ **Науменков Руслан.Юрійович**

Керівник роботи _____ **Житнецький Ігор.Володимирович**

АНОТАЦІЯ

Метою даного дипломного проекту є Модернізація комплексу обладнання для виготовлення лікарських засобів мазевого типу продуктивністю 58 кг/добу, направлене на зменшення енерговитрат, а отже зменшення вартості готової продукції.

Модернізація комплексу полягає у заміні трьох кожухотрубних теплообмінників (двох для охолодження диметиламіну при виготовленні мазевих засобів та одного для охолодження води) на один пластинчатий. Рух теплоносіїв в такому теплообміннику організовано таким чином, що розсіл виходячи після охолодження води в першій секції з тією ж температурою розділений на два потоки подається в другу та третю секції для охолодження диметиламіну при виготовленні засобів мазевого типу.

Об'єми виробництва лишаються незмінними, а витрати на електроенергію значно зменшаться в результаті зменшення потоків охолоджуючого агенту, а отже і зменшення потужності необхідної для постачання охолоджуючого агенту до теплообмінника. Також зменшиться довжина трубопроводів, а отже й металоємність виробництва.

Конструктивні та технологічні розрахунки підтверджують доцільність впровадження такого роду модернізації для виготовлення засобів мазевого типу.

Ключові слова: мазеві засоби, лікарські засоби, тетраметилетилендіамін, диметиламін, реактор, теплообмінник пластинчатий, перегінний куб, розсіл.

ANNOTATION

The purpose of this diploma project is to modernize the equipment for the production of ointment-type drugs with a capacity of 58 kg/day, aimed at reducing energy consumption, and thus reducing the cost of finished products.

The modernization of the complex consists in the replacement of three shell-and-tube heat exchangers (two for cooling dimethylamine in the manufacture of ointments and one for cooling water) with one plate. The movement of heat carriers in such a heat exchanger is organized in such a way that the brine leaving after cooling the water in the first section with the same temperature divided into two streams is fed to the second and third sections for cooling dimethylamine in the manufacture of ointment type.

Production volumes remain unchanged, and electricity costs will be significantly reduced as a result of reduced refrigerant fluxes and, consequently, reduced power required to deliver refrigerant to the heat exchanger. Also the length of pipelines, and consequently metal consumption of production will decrease.

Structural and technological calculations confirm the feasibility of this type of modernization for the manufacture of ointment-type products.

Key words: ointments, medicines, tetramethylethylenediamine, dimethylamine, reactor, plate heat exchanger, distilling cube, brine.

Зміст

Втсуп	7
1. Порівняльний аналіз технічних рішень	9
2. Техніко-економічне обґрунтування	15
3. Характеристика вихідної сировини і готової продукції	17
4. Опис запропонованого технічного рішення, принцип роботи обладнання	19
5. Розрахункова частина	21
6. Вибір конструкційних матеріалів	34
7. Технологічний маршрут деталі “шків”	35
8. Монтаж, ремонт і експлуатація	42
9. Опис блоку управління	51
10. Охорона праці	53
Висновки	53
Список використаної літератури	54
Додатки	56

160180.ДП.12.000.ПЗ

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
					ЗМІСТ		
Розроб.		Байрамов Р.Р.			Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Бабанова О.І.				6	2
Реценз.					НУХТ гр. ОФ-4-14		
Н. Контр.							
Затверд.		Гавва О.М.					

ВСТУП

В фармацевтичній та мікробіологічній промисловості дуже важливе значення мають теплові процеси: нагрівання або охолодження сумішей та подальше витримування їх при температурі реакції потрібний проміжок часу, конденсація парів, що утворюються при випарюванні або перегонці розчинів, сушка отриманих речовин до необхідної вологості та ін.

При виробництві тетраметилетилендіаміну важливе значення мають процеси охолодження парів диметиламіну, що надходить в поглинальну колонну де поглинаються захоженою водою, а також процеси конденсації легкої та твердої фракцій перегонки розчину тетраметилетилендіаміну.

Для здійснення цих процесів, як правило використовуються кожухотрубні теплообмінники. Правильний підбір теплообмінників та організація потоку охолоджувального агенту може значно зменшити, як кількість апаратів, так і загальну довжину трубопроводів необхідних для забезпечення процесів охолодження.

На сьогоднішній день на території України функціонує один завод по виробництву тетраметилетилендіаміну (лікарський засіб мазевого типу) – ВАТ “Фармак”. Тетраметилетилендіамін (ТЕМЕДА) є продуктом для виробництва етонію, який використовується для загоєння після термічних, хімічних та променевих ожогів (має бактеріостатичні та бактерицидні властивості) в фармакології та для лікування бактеріальних шлунково-кишкових захворювань у ветеринарії.

Тетраметилетилендіамін (ТЕМЕД) – $(\text{CH}_3)_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{N}(\text{CH}_3)_2$ – безбарвна рідина із густиною 0.78 г/см^3 . Концентрація нерозведеного ТЕМЕД близько $6,7 \text{ моль/л}$. ТЕМЕД не є ініціатором полімеризації акриламиду, але служить каталізатором цього процесу.

					160180.ДП.12.000.ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Вступ					
Розроб.		Байрамов Р.Р.						Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Бабанова О.І.							7	2
Реценз.								НУХТ гр. ОФ-4-14		
Н. Контр.										
Затверд.		Гавва О.М.								

Він ефективний лише у своїй неіонізованій формі, тому при полімеризації акриламід у кислому середовищі вміст ТЕМЕД слід значно збільшувати. У нейтральному або лужному середовищі ТЕМЕД можна додавати у кількості, еквімолярній у відношенні до персульфату.

Недоліком існуючої технології виробництва ТМЕДА – є високі витрати енергії. Це досить вагомо впливає на собівартість кінцевого продукту. Тому постає необхідність модернізації комплексу для отримання мазевих лікарських засобів, що дозволить випускати більш дешевий продукт.

Метою роботи є модернізація комплексу обладнання для отримання тетраметилетилендіаміну, яке направлене на зменшення енерговитрат, а отже зменшення собівартості готової продукції.

					Вступ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

1. ПРИЗНАЧЕННЯ ТА ОБЛАСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ

1.1 Призначення

Лікарський засіб мазевого типу - тетраметилетилендіамін використовується в фармацевтичній промисловості для виробництва етонію фармакологічного та ветеринарії для виробництва етонію ветеринарного.

Етоній - лікарський препарат. Випускається відповідно до фармакопейної статті ФС 42-1599-94 для медичного призначення та згідно ТУ В 64-00.461196.002-95 для потреб ветеринарії як лікарський засіб, а також для технічних цілей у якості поверхноактивної речовини.

Емпірична формула: $C_{30}H_{62}Cl_2N_2O_4$.

Молекулярна маса: 586 г/моль.

Зовнішній вигляд. Білий або білий з жовтуватим відтінком кристалічний порошок із специфічним запахом.

Температура плавлення: 166 °С.

Масова частка основної речовини не менш 98 %.

Фармакологічні властивості. Етоній є високоактивним антимікробним препаратом, чинить бактеріостатичену дія на стафілококи, незалежно від ступеня чутливості їх й антибіотикам. Застосовується як у фармакології, так й у ветеринарній практиці.

У фармакології: Етоній стимулює загоєння ран після термічних, хімічних і променевих опіків, володіє місцево анестезуючими властивостями, придушує ріст золотавого стафілокока, стрептокока, палички Фриша - Волковича та ін.

У ветеринарії: Етоній ветеринарний застосовується при бактеріальних шлунково-кишкових захворюваннях телят і поросят.

					160180.ДП.12.001.ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Призначення та область застосування					
Розроб.		Байрамов Р.Р.						Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Бабанова О.І.							9	7
Реценз.								НУХТ гр. ОФ-4-14		
Н. Контр.										
Затверд.		Гавва О.М.								

1.2 Характеристика кінцевої продукції виробництва

Тетраметилетилендіамін на зовнішній вигляд безкольорова або з трохи жовтуватим відтінком масляниста рідина.

Емпірична формула - $C_6H_{16}N_2$

Структурна формула: $(CH_3)_2N - CH_2 - CH_2 - N(CH_3)_2$

Молекулярна маса - 116 г/моль.

Масова доля основної речовини – не менше 95%.

Густина (при 20 °С) - 776 кг/м³ .

Температура кипіння 120 °С.

1.3 Опис технологічного процесу

У вільний, чистий, продутий та перевірений на герметичність стислим азотом тиском 0,05-0,06 МПа реактор для одержання тетраметиетилендіаміну (ТМЭДА) Р-2 при увімкнених: пластинчатому теплообміннику Т-7, охолоджуваному розсоллом, і системі поглинання диметиламіна (поглинальній колоні ПК- 8 теплообміннику Т-7, збірнику С-13, насосі Н-29, уловлювачах С-18, С-19, С-20, завантажують 360 кг (330 л) 25% водного розчину диметиламіна з мірника М-10.

25% водний розчин диметиламіна в мірник М-10 завантажують відцентровим насосом Н-24 зі збірника водного розчину диметиламіна С-14, куди його завантажують з автоконтейнера.

При перемішуванні в реактор Р-2 з мірника М-9 завантажують 200 кг (160 л) дихлоретана. Дихлоретан у мірник М-9 завантажують відцентровим насосом Н-22 зі збірника дихлоретана С-11, куди його завантажують із автоконтейнера.

По закінченні завантаження дихлоретану в реактор Р-2, охолоджуваний заохоложеною водою, при безперервному перемішуванні завантажують повільно 800,0 кг твердого їдкого натру з бункера Б-21 протягом 15 хвилин з такою швидкістю, щоб температура реакційної маси не перевищувала 20 °С.

Їдкий натр у бункер Б-21 завантажують вручну з тари, дотримуючись при цьому всіх запобіжних заходів при роботі з їдкими речовинами.

					Призначення та область застосування	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після остаточного завантаження їдкою натру масу в реакторі Р-2, перемішують при температурі 20 °С протягом 29 годин при постійному охолодженні.

Після закінчення часу витримки масу з реактора Р-2 перевантажують відцентровим насосом Н-23 у попередньо підготовлений, продутий та випробуваний на герметичність стислим азотом (тиском 0,05-0,06 МПа) реактор Р-3 для відпарки диметиламіну.

Реакційну масу в реакторі Р-3 при перемішуванні підігрівають до температури 60 °С при увімкненій поглинальній системі (поглинальна колона ПК-8, теплообмінник Т-7, насос Н-29 і збірник С-13, уловлювачі С-18, С-19, С-20.

При температурі 60 °С реакційну масу в реакторі Р-3 перемішують протягом 1,5-2,0 годин для видалення надлишку диметиламіну, що надходить на систему поглинання.

По закінченні витримки масу в реакторі Р-3 при включеній мішалці повільно охолоджують до температури 20 °С і відстоюють протягом 10 годин. Від відстоюючої реакційної маси відокремлюють нижній водно-лужний шар по оглядовому ліхтарю, розташованому на лінії зливу апарату.

Перевіряють повноту поділу шарів. Нижній водно-лужний шар у кількості 970 кг (800 л) відокремлюють і вивантажують у дренажну ємність С-12. Зі збірника С-12 масу вивантажують відцентровим насосом Н-26 у пересувний контейнер для рідких горючих відходів і направляють на термічне знешкодження.

Верхній шар - тетраметилетилендіамін-сирець (ТМЭДА) з реактора Р-3 самопливом вивантажують у попередньо підготовлений, продутий стислим азотом (тиском 0,05-0,06 Мпа) реактор для осушки Р-4.

Для осушки ТМЕДА-сирця в реактор Р-4 завантажують при перемішуванні порціями по 1,0-1,5 кг совком через люк реактора 50,0 кг твердого їдкою натру, дотримуючи всіх мір обережності при роботі з їдкими речовинами.

Масу у реакторі Р-4 перемішують протягом 1 години відстоюють при виключеній мішалці протягом 5-6 годин, відокремлюють нижній водно-лужний шар у дренажну ємність С-12.

					Призначення та область застосування	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Реакційну масу в реакторі Р-4 ще двічі обробляють твердим їдким натром по 25,0 кг і один раз обробляють твердим їдким калієм у кількості 22,5 кг, як описано вище.

Усього для осушки ТМЕДА витрачають 100,0 кг твердого їдкого натру й 22,5 кг твердого їдкого калію.

Загальна кількість відділеного водно-лужного шару після осушки ТМЕДА становить 200 кг (165 л).

Загальна кількість відділеного водно-лужного шару ТМЕДА з реактора Р-4 самопливом вивантажують у збірник ТМЕДА-сирця С-15.

У чистий, продутий та перевірений на герметичність стислим азотом (тиском 0,05-0,06 Мпа) куб для перегонки К-1 завантажують відцентровим насосом Н-13 ТМЕДА-сирець зі збірника С-15.

ТМЕДА-сирець у перегінному кубі К-1 підігрівають до температури 60 °С при невеликому розрідженні до 50 мм рт.ст.

При температурі 60-118 °С відганяють легку фракцію в збірник С-16 у кількості 35 л (40 кг). По мірі заповнення збірника "С"-16 масу вивантажують насосом Н-27 у пересувний контейнер для рідких горючих відходів і направляють на термічне знешкодження.

При температурі 118-124 °С відганяють основну фракцію тетраметилетилендіамін у збірник "С"-17. По припиненні надходження дистилату в збірник С-17 створюють вакуум у системі (Рост = 150-200 мм рт.ст.) і масу витримують до припинення накопичення тетраметилетилендіаміна в збірнику С-17. Потім виключають вакуум. Реакційну масу в перегінному кубі К-1 повільно охолоджують до температури 20 °С. Кубовий залишок у кількості 0,8 кг із перегінного куба К-1 зливають у збірник С-12 і направляють на термічне знешкодження. По закінченні перегонки тетраметилетилендіаміна (при його змісті не менше 95 %) останній вивантажують відцентровим насосом Н-28 у мерник на стадію одержання етонія.

Одержують 160 л (122 кг) (116 кг у перерахуванні на 100 % речовину) перегнаного 95 % тетраметилетилендіаміна.

					Призначення та область застосування	Арк.
Змн.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		4

Після закінчення проведення процесу встаткування промивають водою. У реактор Р-2 завантажують через люк 500 л води з водопроводу по лічильнику холодної води при перемішуванні. Воду від промивання реактора вивантажують самопливом через дренажну ємність С-12 у каналізацію хімстоків. У реактор Р-3 завантажують 500 л води з водопроводу по лічильнику холодної води при перемішуванні. Воду від промивання реактора самопливом зливають у збірник С-12. У реактор Р-4 завантажують через люк 200 л води з водопроводу по лічильнику холодної води при перемішуванні. Воду від промивання реактора самопливом вивантажують у збірник стічних вод С-12.

У перегінний куб К-1 завантажують 100 л води з водопроводу по лічильнику холодної води при увімкненому підігріві. Воду від промивання самопливом вивантажують у збірник стічних вод С-12. Промивну воду зі збірника С-12 вивантажують у каналізацію хімстоків.

Усього на промивання встаткування витрачають 1300 л води. Промивання проводять через 5 операцій одержання тетраетилетилендіаміна (ТМЭДА).

У збірник С-13, зі змійовиком для охолодження розсолем завантажують 400 л. водопровідної води по лічильнику холодної води. Відцентровим насосом Н-30 вода зі збірника З-14 надходить до теплообмінника Т-7 для охолодження до температури 5 °С.

Абгази, що утворюються при одержанні тетраметилетилендіаміна (ТМЭДА) та при відпарки диметиламіну (ДМА) надходять у нижню частину поглинальної колони ПК-8, охолоджуваною захоложеною водою зі збірника С-13 у теплообміннику Т-7. Водний розчин диметиламіну в поглинальній системі циркулює за допомогою відцентрового насоса Н-29 до насичення (не менш 25%) водного розчину ДМА.

Водний розчин ДМА зі змістом 25% з мірника С-23 відцентровим насосом вивантажують у збірник водяного розчину диметиламіну С-14 і використовують для одержання тетраметилетилендіаміна. У збірник С-13 завантажують свіжу воду з магістрального водопроводу міської води.

					Призначення та область застосування	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Від однієї операції одержання тетраметилетилендіаміна одержують 210 л. 25% водного розчину диметиламіну. Пари, що не сконденсувалися на поглинальній колоні, уловлюються у пастках: кислотній С-18, водній С-19 та сухій С-20. У кислотну пастку С-18 завантажують 70 л. води з водопроводу по лічильнику та 12 кг (10 л) 31,5% технічної соляної кислоти з тари.

У пастку С-19 завантажують 70 л води по водоміру. По закінченні процесу вловлювання водний розчин диметиламіну солянокислого в кількості 85 кг. (80 л) з кислотної пастки С-18 самопливом вивантажують у каналізацію хімстоків. Водний розчин від уловлювання в кількості 72 кг (70 л) з пастки С-19 самопливом вивантажують у каналізацію хімстоків.

Зміна в технологічному процесі полягає в тому, що кожухотрубчаті теплообмінники для охолодження парів диметиламіну, що надходять в поглинальну колонну де поглинаються захоложеною водою, яку теж потрібно охолоджувати було замінено на пластинчатий теплообмінник.

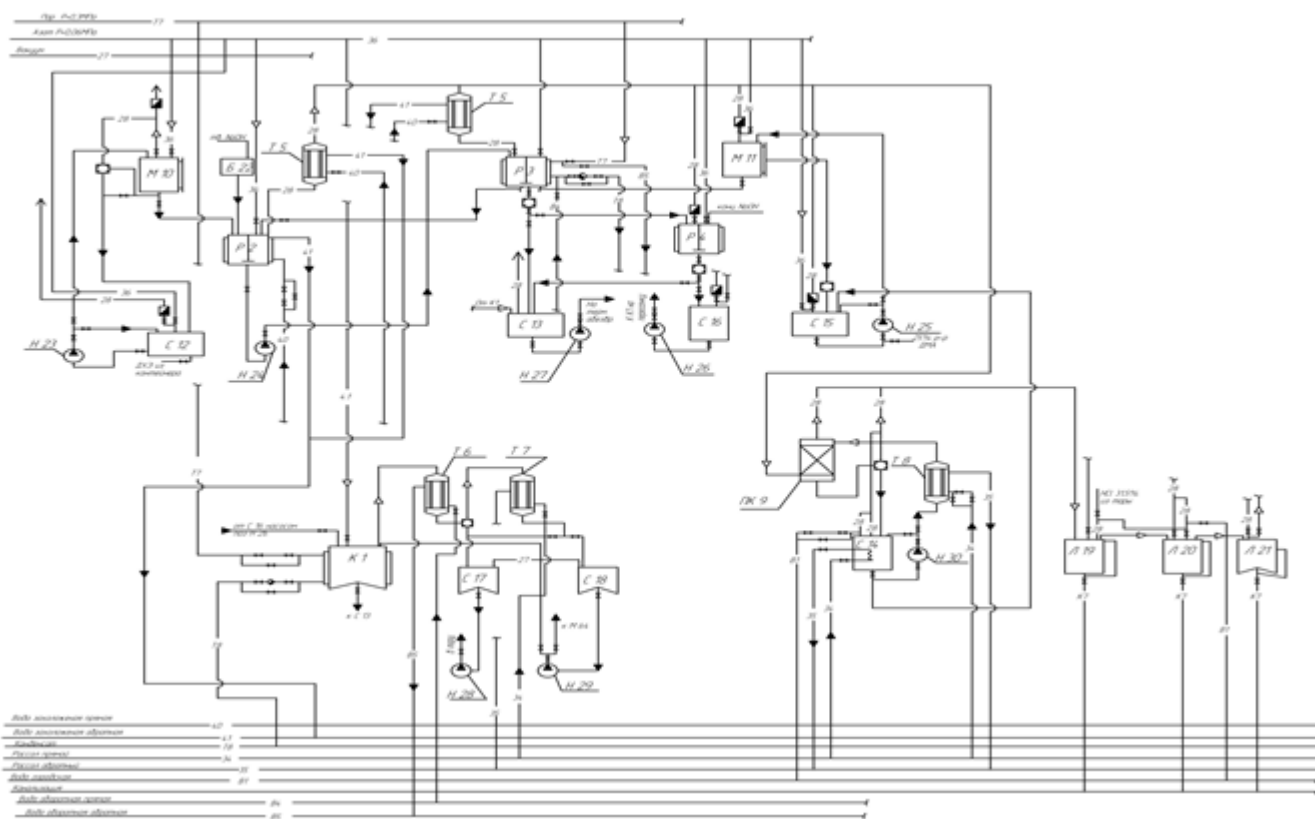


Рис.1.1 Технологічна схема виробництва лікарського засобу мазевого типу (тетраметилетилендіаміну) до модернізації

					Призначення та область застосування	Арк. 6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

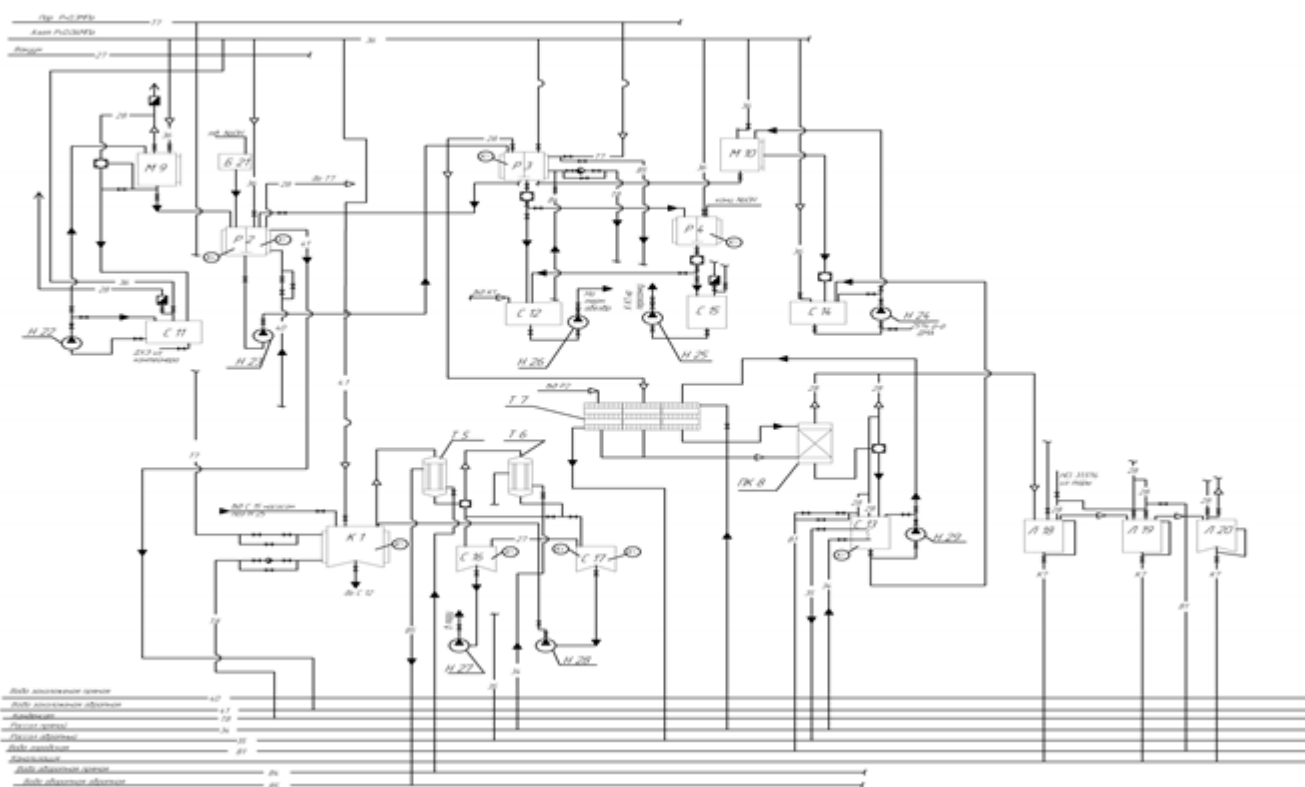


Рис 1.2 Технологічна схема виготовлення лікарського засобу мазєвого типу (тетраметилетилендіаміну) після модернізації

					Призначення та область застосування	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

2. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ТА СОЦІАЛЬНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

На сьогоднішній день на території України функціонує один завод по виробництву лікарського засобу мазевого типу (тетраметилетилендіаміну) – ВАТ “Фармак”. Тетраметилетилендімін (ТМЕДА) є полу продуктом для виробництва етонію, який використовується для загоєння після термічних, хімічних та променевих опіків (має бактеріостатичні та бактерицидні властивості) в фармакології та для лікування бактеріальних шлунково-кишкових захворювань у ветеринарії.

Недоліком існуючої технології виробництва ТМЕДА – є високі витрати енергії. Це досить вагомо впливає на собівартість кінцевого продукту. Тому є необхідність модернізації комплексу обладнання виготовлення ліків мазевого типу з метою удосконалення, що дозволить випускати більш дешевий продукт.

Модернізація комплексу полягає у заміні трьох кожухотрубних теплообмінників (двох для охолодження диметиламіну та одного для охолодження води) на один пластинчатий. Об’єми виробництва лишаються незмінними, а затрати на електроенергію значно зменшаться в результаті зменшення потоків охолоджуючого агенту, а отже і зменшення потужності необхідної для доставки охолоджуючого агенту до теплообмінника.

Для покращення роботи обладнання була проведена модернізація пластинчатого теплообмінника, а саме зміна форми перерізу каналу.

Зі зміною форми каналу зменшується і площа теплообміну, що дуже важливо з економічної точки зору.

Таким чином зменшуються витрати розсолу, довжина трубопроводів та енергія яка необхідна для доставки охолоджуючого агенту до місця призначення, тобто до теплообмінника, а також кількість апаратів необхідних для охолодження.

					160180.ДП.12.001.ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Техніко-економічне та соціальне обґрунтування					
Розроб.		Байрамов Р.Р.						Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Бабанова О.І.							16	3
Реценз.								НУХТ гр. ОФ-4-14		
Н. Контр.										
Затверд.		Гавва О.М.								

3. ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ОБРАНОЇ КОНСТРУКЦІЇ, ОПИС КОНСТРУКЦІЇ

3.1 Обґрунтування вибору конструкції, опис конструкції

3.1.1 Обґрунтування вибору обраної конструкції

Важливим критерієм при виборі реактора є простота конструкції апарату та його економічна ефективність, тобто залежність вартості вихідного продукту від величини витрат на виробництво.

Основною умовою доцільності застосування реактора періодичної дії є достатньо високий часовий коефіцієнт корисної дії:

$$\eta_{\tau} = \frac{\tau_2}{\tau} = \frac{29}{30} = 0,97 \quad (3.1).$$

де τ_2 - час проходження реакції; τ - загальний час циклу.

Це достатньо високий коефіцієнт для використання реактору періодичної дії.

Перемішування рідини є допоміжний та найбільш застосований процес у мікробіологічній технології.

Перемішування середовища застосовується для інтенсифікації процесу тепло та масопереносу та рівномірного розповсюдженню перемішуваних речовин по об'єму реактора.

Для приготування тетраметилетилендіаміну – речовини з великою в'язкістю пропонується застосувати реактор вертикальної конструкції з еліптичним днищем, рамною мішалкою та теплообмінною сорочкою.

Теплоносієм пропонується взяти воду, яка подаємо під тиском по трубопроводам.

Випорожнення відбуватиметься самозливом. Процес перемішування характеризується інтенсивністю і ефективністю, та витратами енергії на його проведення.

					160180.ДП.12.003.ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ОБРАНОЇ КОНСТРУКЦІЇ, ОПИС КОНСТРУКЦІЇ					
Розроб.	Байрамов Р.Р.							Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.	Бабанова О.І.								17	10
Реценз.								НУХТ гр. ОФ-4-14		
Н. Контр.										
Затверд.	Гавва О.М.									

3.1.2 Опис конструкції основних компонентів та деталей

Основні компонентів та конструкцію реактора зображено на рис. 3.1.

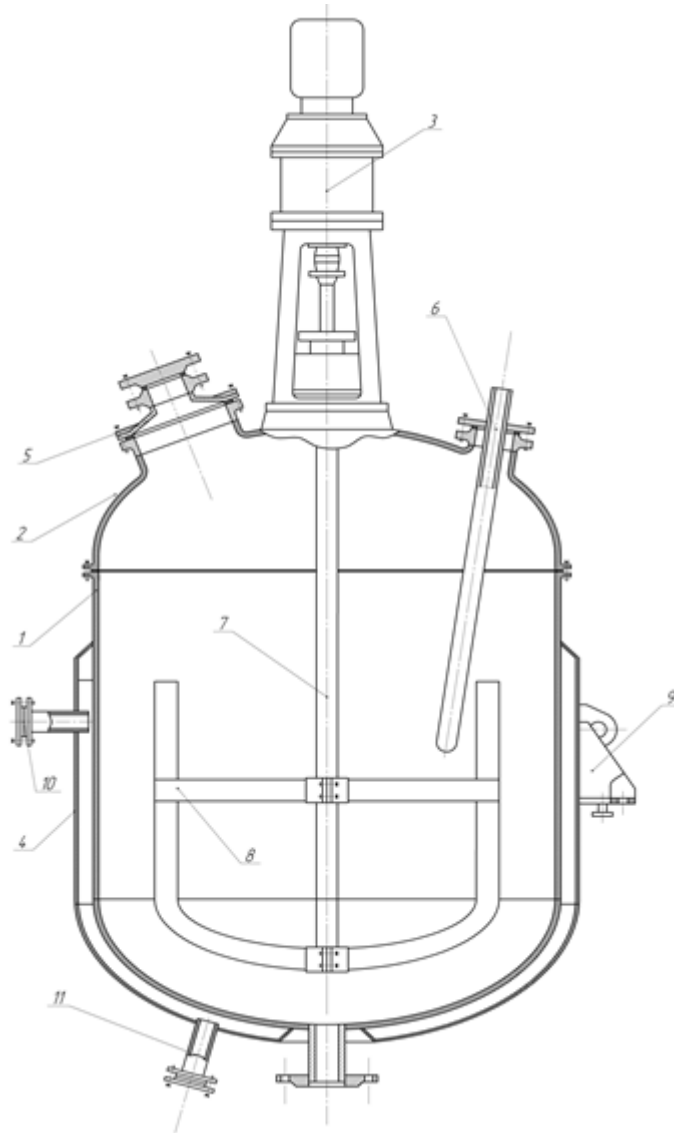


Рис.3.1 Апарат для змішування розчинів: 1 – корпус; 2 – кришка; 3 - привод з електродвигуном; 4 - сорочка; 5 - люк; 6 – гільза термометра; 7 - вал мішалки; 8 - мішалка; 9 - опора; 10 - штуцер для входу теплоносія; 11 - штуцер для виходу теплоносія; 12 - штуцер для злива розчину.

Технічна характеристика реактора

1. Об'єм, м³

корпусу

1,6

					ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ОБРАНОЇ КОНСТРУКЦІЇ, ОПИС КОНСТРУКЦІЇ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

сорочки	0,22
2. Матеріал	
корпусу	сталь 08
сорочки	сталь ВСт 3
3. Температура, °С	
в корпусі	від мінус 20 до плюс 200
в сорочці	від мінус 20 до плюс 200
4. Робочий тиск, МПа	
в корпусі	0,1
в сорочці	0,6
5. Внутрішній діаметр, мм	
корпусу	1200
сорочки	1300
6. Товщина стінки, мм	
корпусу	10
сорочки	6
7. Площа поверхні теплообміну, м²	
	5,4
8. Частота обертання мішалки, с⁻¹, (об/хв)	
	0,77(46)
9. Габаритні розміри, мм	
довжина	1620
ширина	1620
висота	2990

3.2 Обґрунтування вибору конструкції, опис конструкції

3.2.1 Обґрунтування вибору обраної конструкції

Витрати речовин які необхідно охолоджувати відносно малі, тому задля їх охолодження використовуємо пластинчатий теплообмінник. Також використання теплообмінника такого типу дозволяє використовуючи одну охолоджуючу речовину (в нашому випадку розсіл), яка охолоджуватиме три потоки (два потоки диметиламіну, та один потік води). Так як кількість речовин, що бере участь в

					ОБґРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ОБРАНОЇ КОНСТРУКЦІЇ, ОПИС КОНСТРУКЦІЇ	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

теплообміні достатньо велика, то для організації потоків цих речовин використовується проміжна плита. Так як витрати речовин можуть змінюватися, а отже може змінюватися і кількість пластин використовуємо розбірні пластинчаті теплообмінники.

3.2.2 Опис конструкції основних компонентів та деталей

Визначальною особливістю пристроїв пластинчатих теплообмінних апаратів являється конструкція і форма поверхні теплообміну і каналів для робочого середовища. Поверхня теплообміну складається з окремих пластин, а канали для робочого середовища мають щілеподібну форму. Робоче середовище рухається у поверхні теплообміну тонким шаром, що сприяє інтенсифікації процесу тепловіддачі. Теплопередаючі пластини розбірних теплообмінників мають по контуру паз, в якому закріплені ущільнюючі прокладки із резин спеціальних теплостійких марок. Пластини установлені на раму теплообмінника, яка складається з несучих штанг, рухомих і нерухомих плит з зажимним пристроєм. Нерухома плита, зазвичай, кріпиться до полу за допомогою спеціальних фундаментних болтів, рухома – на скобі підвішена до верхньої штанги і може переміщатися по ній. На плитах знаходяться штуцери для входу і виходу робочого середовища, а також для приєднання технологічних трубопроводів.

Основною деталлю розбірного пластинчатого теплообмінника – гофрована штампована пластина. Пластини омиваються двома робочими середовищами в результаті чого між середовищами відбувається теплообмін.

Технічна характеристика пластинчатого теплообмінника

1. Робочий тиск, МПа	0,1
2. Середовище, що потрібно охолоджувати:	
у першій секції	вода
у другій секції	диметиламін
у третій секції	диметиламін

					ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ОБРАНОЇ КОНСТРУКЦІЇ, ОПИС КОНСТРУКЦІЇ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

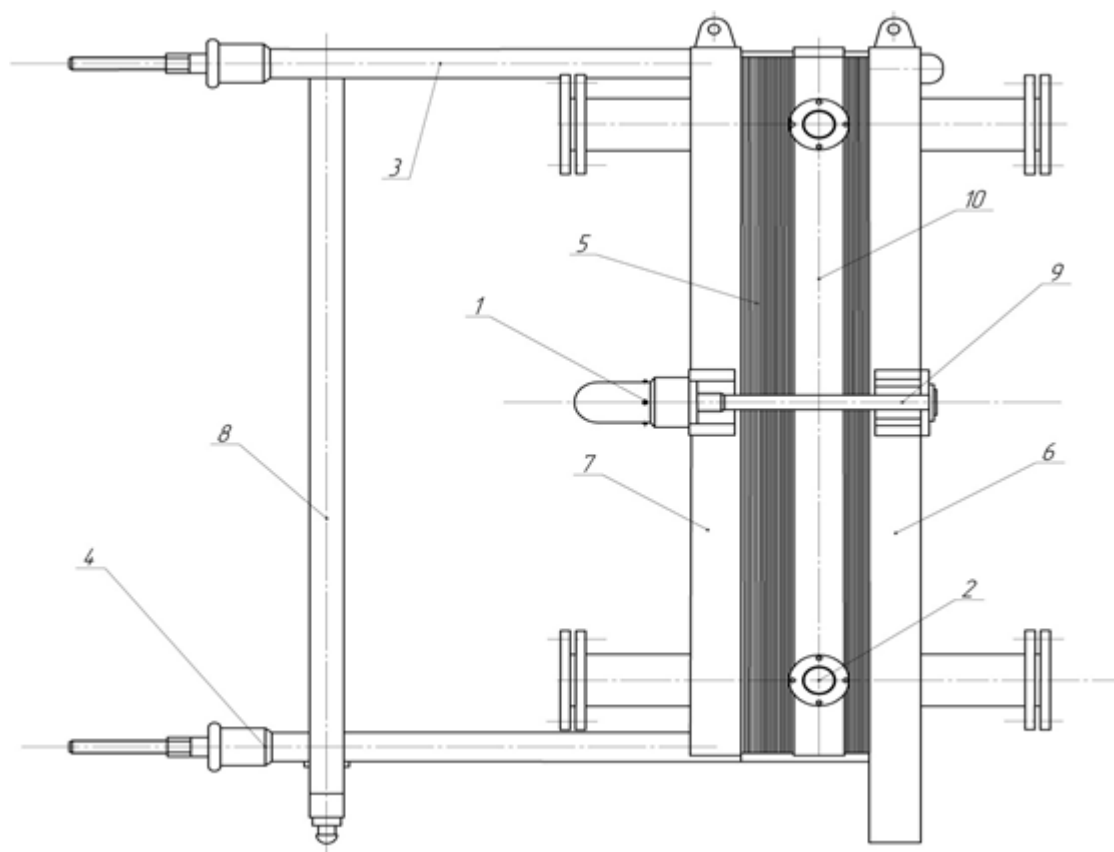


Рис.3.2 Пластинчатий теплообмінник: 1 - нажимна гайка; 2 - штуцер; 3 - верхня штанга; 4 - нижня штанга; 5 - пластина; 6 - нерухома опорна плита; 7 - рухома опорна плита; 8 - кінцева стійка; 9 - стержень, 10 - проміжна плита.

3. Середня температура середовища, °С

у першій секції	12,5
у другій секції	35
у третій секції	15

4. Охолоджувальний агент:

розсол

5. Середня температура агента, °С

у першій секції	0
у другій секції	4,5
у третій секції	4,5

6. Площа поверхні теплообміну, м²

першої секції	1,8
другої секції	1,8

					ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ОБРАНОЇ КОНСТРУКЦІЇ, ОПИС КОНСТРУКЦІЇ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

третьої секції	1,8
7. Кількість пластин:	
у першій секції	8
у другій секції	8
у третій секції	8
8. Поверхня теплообміну пластини, м ²	0,3
9. Габаритні розміри, мм	
довжина	1680
ширина	670
висота	1700

3.3 Обґрунтування вибору конструкції, опис конструкції, вибір матеріалів для перегінного куба

3.3.1 Обґрунтування вибору обраної конструкції

Перегонка розчинів представляє собою процес, при якому фракція, що відділяється нагрівається до кипіння, а пара, що утворюється відбирається та конденсується. Процес перегонки оснований на тому, що рідини які входять у склад суміші мають за однієї і тієї ж температури різний тиск пари. Під простою перегонкою мають на увазі процес однократного часткового випаровування вихідного розчину та конденсації утворених при цьому парів. Так, як в нашому випадку суміш яку необхідно розділити складається із легкої фракції ($t_{\text{кип}}=80^{\circ}\text{C}$), твердої фракції ($t_{\text{кип}}=118^{\circ}\text{C}$), та важко летючих речовин доцільно використовувати саме такий спосіб розділення суміші.

3.3.2 Опис конструкції основних компонентів та деталей

Основні компонентів та конструкцію перегінного кубу зображено на рис.3.3.

					ОБґРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ОБРАНОЇ КОНСТРУКЦІЇ, ОПИС КОНСТРУКЦІЇ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

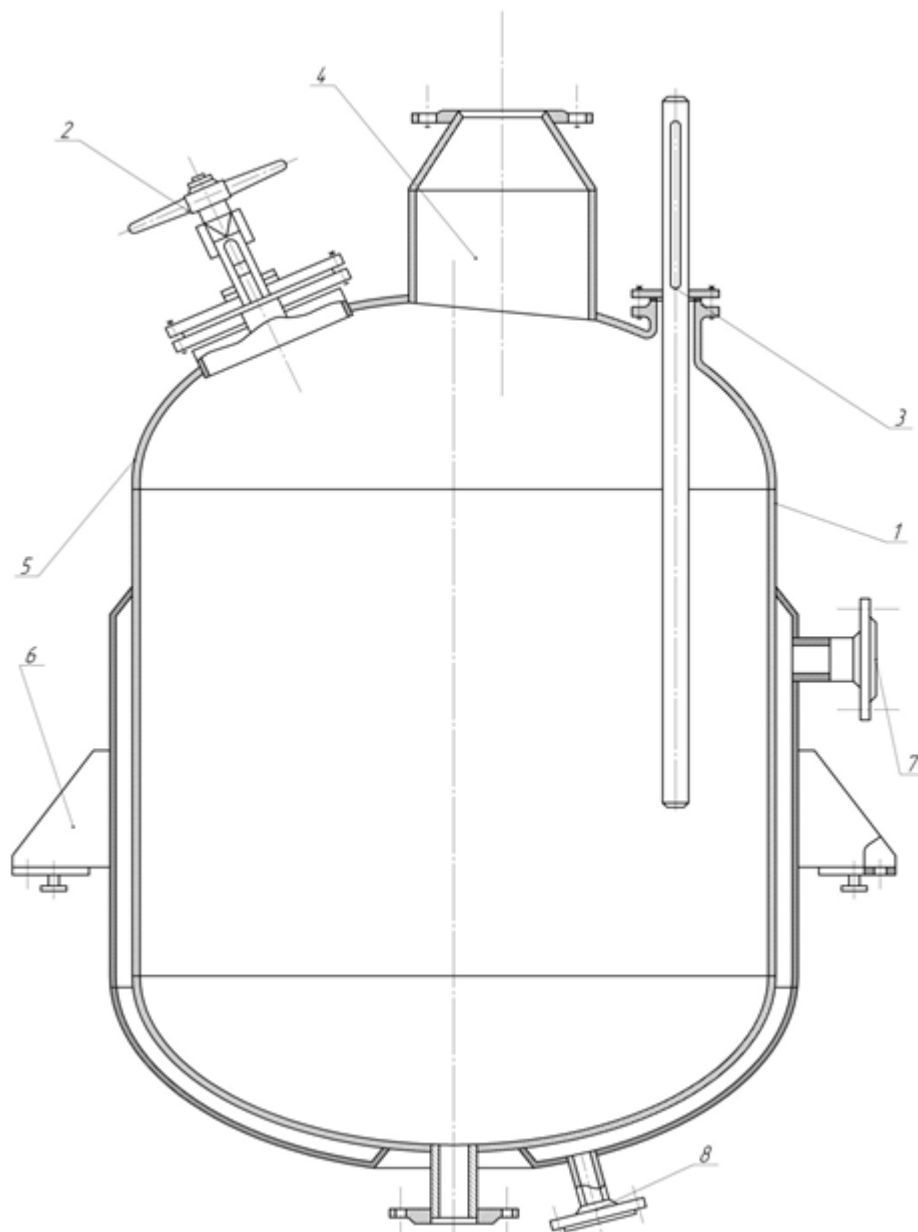


Рис.3.3 Перегонний куб: 1 – корпус; 2 – люк; 3 – гільза термометра; 4 – штуцер виходу парів; 5 – кришка; 6 – опорна лапа; 7 – штуцер подачі пару; 8 – штуцер зливу конденсату.

Технічна характеристика перегонного куба

1. Об'єм, м ³	0,2
2. Матеріал	
корпусу	нержавіюча сталь 12Х18Н10Т
сорочки	сталь ВСт 3
3. Температура, °С	
в корпусі	від мінус 20 до плюс 200

					ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ОБРАНОЇ КОНСТРУКЦІЇ, ОПИС КОНСТРУКЦІЇ	Арк. 7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

в сорочці	від мінус 20 до плюс 200
4. Робочий тиск	
в корпусі	50 мм.рт.ст.
в сорочці	0,3
5. Внутрішній діаметр, мм	
корпусу	650
сорочки	700
6. Товщина стінки, мм	
корпусу	8
сорочки	6
7. Площа поверхні теплообміну, м ²	1,5
8. Габаритні розміри, мм	
довжина	914
ширина	914
висота	1310
9. Маса апарату, кг	320

3.4 Порівняльний аналіз основних показників конструкції з діючими аналогами

Патентні дослідження – це системний науковий аналіз властивостей об’єкта господарської діяльності (ОГД) протягом його життєвого циклу, які впливають з правової охорони об’єктів промислової власності.

За своїм характером і змістом патентні дослідження належать до прикладних науково-дослідних робіт.

Мета патентних досліджень – визначення патентної ситуації щодо об’єкта господарської діяльності, тобто пристрою, способу або позначення для товарів і послуг.

					ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ОБРАНОЇ КОНСТРУКЦІЇ, ОПИС КОНСТРУКЦІЇ	Арк. 8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Анотації та реферати про найбільш суттєві технічні рішення:

- *Вибір прокладок для пластинчатих теплообмінників: Select the right gasket for plate heat exchangers / Kulesus Gary // Chem. Ind. (USA). – 1992. – 99, №9. – с.167-168, 170 – Англ..*

Ущільнюючі прокладки для розбірних теплообмінників повинні деформуватися під дією прикладеного зусилля і відновлювати свою форму після зняття зусилля. Матеріал повинен бути таким, що не зжимається, тобто зберігає свій об'єм при зміні форми. Цими властивостями володіють деякі сучасні еластомери-мономер, етилен-пропілен; ряд фторованих еластомерів, відомі під торговою назвою вітон, нітріл-бутадинова гума, нопренова гума. Вказані допустимі температури для прокладок із цих матеріалів, а також їх хімічна сумісність з водою, водяною парою, сірчаною кислотою, гідроксидом натрію, ацетоном і керосином. Розглянуті методи встановлення прокладок засобами, які клеються типу цементу і без них. Відмічені недоліки і переваги цих способів. РЖ “Хімія”, 1993р., №10.

- *Теплообмінник з різними пластинами: Warmetauscher mit verschiedene Platen // Chem.-Ind.-Techn.-1995.-67, №8.-с.947.-Нім.*

Swep warmetauscher deutschland AG розробила десять типорозмірів компактних пластинчатих теплообмінників. За рахунок нової технології штамповки плит забезпечується можливість реалізації шести різних конфігурацій робочих каналів, порівняно з трьома варіантами при традиційній технології. Розташування ущільнень в нейтральній зоні гарантує рівномірні умови експлуатування всіх пластин теплообмінника. Той факт, що кожна друга пластина виробляється без ущільнення, значно спрощує проведення профілактичних робіт і ремонтів. РЖ “Хімія”, 1996р., №11.

- *Оптимізація швидкості руху рідин в теплообмінниках: Ю.Л. Білонова // Хім.пром-то України.- 1999.-№5.- с.33-35.- Бібліогр.: 2 назв.- укр.*

Показано, що швидкість руху в трубопроводах теплообмінних апаратів хімічних і харчових виробництв суттєво впливає на інтенсивність кавітаційної ерозії внутрішньої поверхні труб дорогого обладнання. Враховуючи коефіцієнт

					ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ОБРАНОЇ КОНСТРУКЦІЇ, ОПИС КОНСТРУКЦІЇ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

поверхні натягу рідини підраховано товщину ламінарної плівки живого перерізу. Запропоновано формулу підрахунку товщини ламінарної плівки, яка дає змогу оптимально розрахувати швидкість руху рідини в теплообмінній апаратурі. РЖ “Джерело”, 2000р., №3.

У результаті проведених патентних досліджень встановлено:

теплообмінник та його складові частини не відповідають умовам патентоздатності винаходу (корисної моделі) через те, що:

а) усі суттєві ознаки найближчого аналога (за винятком декількох) використано в проектованому апараті, що спростило конструкцію останнього, проте знизило його технологічні можливості;

згідно із законом України “Про охорону прав на винаходи і корисні моделі” конструкція проектованого теплообмінника не відповідає критерію “винахідницькій рівень”;

б) усі суттєві ознаки проектованого теплообмінника ідентичні суттєвим ознакам теплообмінника найближчого аналога.

					ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ОБРАНОЇ КОНСТРУКЦІЇ, ОПИС КОНСТРУКЦІЇ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

4. ВИБІР КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Вибір матеріалів для виготовлення реактора

Для виготовлення обичайки реактора, його еліптичного днища, кришки з штуцером для подачі сировини, а також штуцера для зливу розчину тетраметилетилендіаміну застосовується сталь 08 (ГОСТ 5572).

Для виготовлення «сорочки», лап-опори, а також штуцерів подачі та стоку охолоджуючої води, застосовується сталь марки ВСт3 (ГОСТ 5520).

Кріпильні вироби (шпильки, болти, гайки, шайби) також виготовляються з сталі марки ВСт3 (ГОСТ 5520).

Вибір матеріалів для виготовлення теплообмінника

В даному пластинчатому теплообміннику пластини, які безпосередньо контактують з робочим середовищем потрібно виготовляти з корозійностійкого матеріалу. Приймаємо матеріал пластини – 10X17H13M2T (ГОСТ 5632-72), матеріал ущільнення – ИР-79. Штуцери для входу і виходу робочого середовища виготовляємо із сталі, яка є теж корозійностійкою: патрубок – X18H10T, фланець – X18H10T.

Вибір матеріалів для виготовлення перегінного кубу

Для виготовлення обичайки реактора, його еліптичного днища, кришки з штуцером для подачі сировини, а також штуцера для зливу кубового залишку застосовується сталь 12X18H10T (ГОСТ 5572).

Для виготовлення «сорочки», лап-опор, а також штуцерів подачі та стоку охолоджуючої води, застосовується сталь марки ВСт3 (ГОСТ 5520).

Кріпильні вироби (шпильки, болти, гайки, шайби) також виготовляються з сталі марки ВСт3 (ГОСТ 5520).

					160180.ДП.12.004.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Вибір конструкційних матеріалів	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Байрамов Р.Р.					27	1
Перевір.		Бабанова О.І.				НУХТ гр. ОФ-4-14		
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.		Гавва О.М.						

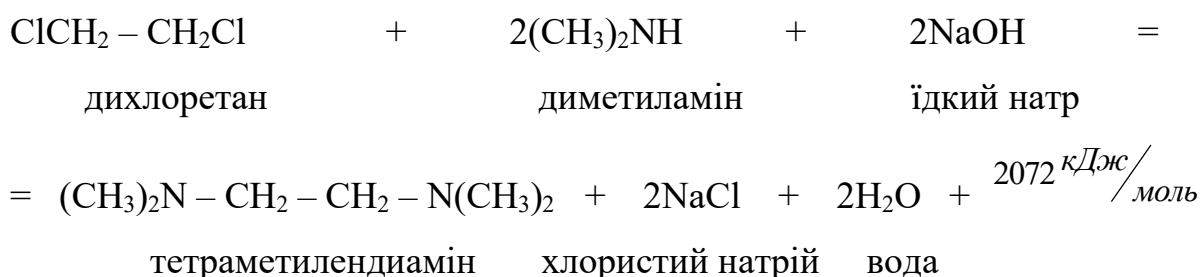
5. РОЗРАХУНКИ, ЩО ПІДТВЕРДЖУЮТЬ ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ ТА НАДІЙНІСТЬ КОНСТРУКЦІЇ

5.1 Розрахунок реактора

5.1.1 Матеріальний баланс [2]

Мета розрахунку: визначення об'єму необхідного для ведення процесу та вибір реактора і типу перемішуючого пристрою.

Хімічна формула отримання тетраметилетилендіаміна (ТМЕДА) [17].



Розрахуємо молекулярні маси речовин, які приймають участь в реакції.

Молекулярна маса дихлоретана - $M_{\text{dxe}} = 2 \cdot (36 + 12 + 1 \cdot 2) = 100$ Г/МОЛЬ

Молекулярна маса диметиламіна - $M_{\text{dma}} = 14 + 1 + 2 \cdot (12 + 1 \cdot 3) = 45$ Г/МОЛЬ

Молекулярна маса їдкого натра - $M_{\text{in}} = 23 + 16 + 1 = 40$ Г/МОЛЬ

Молекулярна маса тетраметилетилендіаміна:

$$M_m = 2 \cdot (12 + 1 \cdot 2 + 14 + 2 \cdot (12 + 1 \cdot 3)) = 116 \text{ Г/МОЛЬ}$$

Молекулярна маса хлористого натрію - $M_{\text{nx}} = 23 + 36 = 59$ Г/МОЛЬ

Молекулярна маса води - $M_v = 1 \cdot 2 + 16 = 18$ Г/МОЛЬ

Вхідні продукти:

Масу та об'єм речовин розраховуємо за наступними формулами:

$$m_i = \frac{\nu_i \cdot M_i}{\eta_i}, \quad (5.1)$$

де ν_i - кількість молів речовини, що приймають участь в реакції;

160180.ДП.12.005.ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Байрамов Р.Р.		
Перевір.		Бабанова О.І.		
Реценз.				
Н. Контр.				
Затверд.		Гавва О.М.		
Розрахунки, що підтверджують працездатність обладнання				
		Літ.	Арк.	Акрушів
			28	59
НУХТ гр. ОФ-4-14				

M_i - молекулярна маса речовини;

η_i - кількість основної речовини в розчині.

$$v_i = \frac{m_i}{\rho_i}, \quad (5.2)$$

де ρ_i - густина, кг/м³.

1. Диметиламін (25% водний розчин) – $m_1 = \frac{2 \cdot M_{\text{дма}}}{0,25} \frac{2 \cdot 45}{0,25} = 360$ кг, $\rho_1 = 1088$ кг/м³

[1], $v_1 = \frac{m_1}{\rho_1} = \frac{360}{1088} = 0,33$ м³

2. Дихлоретан (50% розчин) – $m_2 = \frac{M_{\text{дхе}}}{0,25} = \frac{100}{0,5} = 200$ кг, $\rho_2 = 1260$ кг/м³ [1],

$v_2 = \frac{m_2}{\rho_2} = \frac{200}{1260} = 0,16$ м³

3. Їдкий натр (10% розчин) – $m_3 = \frac{2 \cdot M_{\text{і.н.}}}{0,25} = \frac{2 \cdot 40}{0,1} = 800$ кг, $\rho_3 = 1076$ кг/м³ [1],

$v_3 = \frac{m_3}{\rho_3} = \frac{800}{1076} = 0,68$ м³

Вихідні продукти:

1. Розчин тетраметилендіаміну – $\rho_4 = 1156$ кг/м³ [1];

2. Пари диметиламіну – $m_5 = 84$ кг ,

Матеріальний баланс буде мати вигляд:

$$m_1 + m_2 + m_3 = m_4 + m_5 \quad (5.3)$$

Звідси знаходимо масу розчину тетраметилендіаміну:

$$m_4 = m_1 + m_2 + m_3 - m_5 = 360 + 200 + 800 - 84 = 1276 \text{ кг}$$

Об'єм розчину тетраметилендіаміну буде дорівнювати:

$$v_4 = \frac{m_4}{\rho_4} = \frac{1276}{1156} = 1,103 \text{ м}^3 \quad (5.4)$$

Обираємо реактор об'ємом $V=1,6$ м³ з сорочкою для охолодження та діаметром $D=1,2$ м із рамною мішалкою, що обертається зі швидкістю $n = 46$ об/хв та поверхнею теплообміну $F_a=4,5$ м² [14].

					Розрахунки, що підтверджують працездатність обладнання	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Час, що необхідний для проведення процесу:

$$\tau = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3 = 0,75 + 29 + 0,25 = 30 \text{ год} \quad (5.5)$$

де $\tau_1 = 0,75$ год - час завантаження вхідних продуктів;

$\tau_3 = 0,25$ год - час вивантаження кінцевого продукту;

τ_2 - час проходження реакції

$$\tau_2 = \frac{v_4}{\omega_p \cdot v_6} = \frac{1,103}{0,0325 \cdot 1,17} = 29 \text{ год}, \quad (5.6)$$

де $\omega_p = 0,0325 \text{ м}^3/(\text{м}^3 \cdot \text{год})$ - швидкість протікання реакції в апараті з обраним типом мішалки при об'ємі вхідної суміші 1 м^3 [13].

v_6 - об'єм вхідної суміші

$$v_6 = v_1 + v_2 + v_3 = 0,33 + 0,16 + 0,68 = 1,17 \text{ м}^3 \quad (5.7)$$

Звідси продуктивність по розчину тетраметилендіаміну дорівнюватиме:

$$W_p = \frac{1,103}{30} = 0,037 \text{ м}^3/\text{год} \quad (5.8)$$

Часовий коефіцієнт корисної дії

$$\eta_\tau = \frac{\tau_2}{\tau} = \frac{29}{30} = 0,97 \quad (5.9)$$

Це достатньо високий коефіцієнт для використання реактору періодичної дії.

5.1.2 Тепловий баланс [14]

Мета розрахунку: перевірка правильності вибору реактора та визначення витрат охолоджуючого агента.

Вихідні дані:

- холодний теплоносій – вода,
- початкова температура холодного теплоносія - $t_{2n} = 5 \text{ }^\circ\text{C}$,
- кінцева температура холодного теплоносія - $t_{2к} = 15 \text{ }^\circ\text{C}$,
- температура продукту - $t_1 = 20 \text{ }^\circ\text{C}$,

Рівняння теплового балансу буде мати вигляд:

$$Q = Q_p + Q_n \quad (5.10)$$

					Розрахунки, що підтверджують працездатність обладнання	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де Q_p - кількість теплоти, що виділяється в реакторі за рахунок реакції,
Коефіцієнт теплопередачі від розчину до охолоджуючої води через стінку реактора:

$$k_p = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}; \quad (5.11)$$

де α_1 - коефіцієнт тепловіддачі від розчину до внутрішньої поверхні реактора, Вт/(м²·К) ;

α_2 - коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні реактора до води, що охолоджує, Вт/(м²·К);

$\frac{\delta}{\lambda}$ - термічний опір стінки;

δ_1 - товщина стінки;

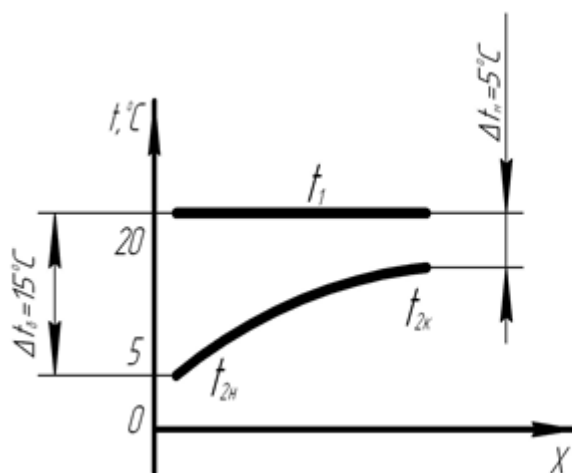
λ - коефіцієнт теплопровідності стінки.

Середня різниця температур:

$$\Delta t_{\bar{o}} = 15 \text{ } ^\circ\text{C}, \quad \Delta t_m = 5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_{\bar{o}} = t_1 - t_{2n} = 20 - 5 = 15 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (5.12)$$

$$\Delta t_m = t_1 - t_{2x} = 20 - 15 = 5 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (5.13)$$



					Розрахунки, що підтверджують працездатність обладнання	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

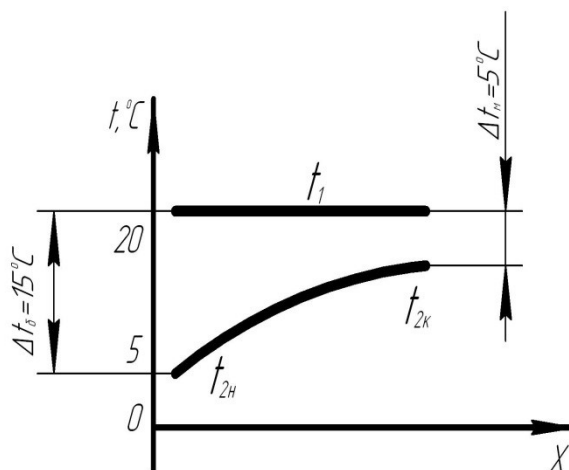


Рис.5.1 Схема зміни температур теплоносіїв

З огляду на те, що $\frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_m} = \frac{15}{5} = 3$, визначаємо середню логарифмічну різницю:

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_m}{\ln \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_m}} = \frac{15 - 5}{\ln \frac{15}{5}} = 9 \quad ^\circ\text{C} \quad (5.14)$$

Середня температура охолоджуючої води:

$$t_2 = t_1 - \Delta t_{cp} = 20 - 9 = 11 \quad ^\circ\text{C} \quad (5.15)$$

Коефіцієнт тепловіддачі від розчину до внутрішньої поверхні реактора:

$$\alpha_1 = \frac{Nu_1 \cdot \lambda_p}{d_m}, \quad (5.16)$$

Критерію Нуссельта матиме вигляд:

$$Nu_1 = C \cdot Re_{\text{вiд}}^m \cdot Pr^{0,33} \cdot \left(\frac{\mu}{\mu_{cn}}\right)^{0,14} \cdot \Gamma^{-1} = 0,36 \cdot (453457)^{0,67} \cdot (9,3)^{0,33} \cdot \left(\frac{1,59}{1,9}\right)^{0,14} \cdot (1,33)^{-1} = 3397$$

$$\text{де } Re_{\text{вiд}} = \frac{\rho \cdot n \cdot d_m^2}{\mu} = \frac{1,156 \cdot 0,77 \cdot 0,9^2}{1,59 \cdot 10^{-3}} = 453457; \quad (5.17)$$

$d_m = 0,9$ м – діаметр окружності, що оброблюється мішалкою;

$n = 0,77$ об/с – частота обертання перемішуючого пристрою;

$\mu_p = 1,59$ мПа·с - динамічний коефіцієнт в'язкості [1];

$\mu_{p,cm} = 1,9$ мПа·с - динамічний коефіцієнт в'язкості при температурі

стінки [1];

					Розрахунки, що підтверджують працездатність обладнання	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

$$\Gamma = D/d_m = 1,2/0,9 = 1,33 \quad (5.18)$$

Для апаратів з сорочкою $C = 0,36$, $m = 0,67$

$$\text{Критерій Прандтля} \quad \text{Pr} = \frac{c \cdot \mu}{\lambda} = \frac{2514 \cdot 1,59 \cdot 10^{-3}}{0,43} = 9,3 \quad (5.19)$$

де $c_p = 2,514$ кДж/(кг·К)- теплоємність[1];

Отже коефіцієнт тепловіддачі від розчину до внутрішньої поверхні реактора:

$$\alpha_1 = \frac{Nu_1 \cdot \lambda_p}{d_m} = \frac{3397 \cdot 0,43}{1,1} = 1623 \quad \text{Вт/(м}^2 \cdot \text{К)},$$

де $\lambda_p = 0,43$ Вт/(м·К) [1].

Коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні реактора до води, що охолоджує:

$$\alpha_2 = \frac{Nu_2 \cdot \lambda_e}{l}, \quad (5.20)$$

Тепловіддача в циліндричній сорочці проходить в умовах вільної конвекції, тому формула для розрахунку коефіцієнту тепловіддачі буде мати вигляд:

$$Nu_2 = C \cdot (Gr \cdot Pr)^m, \quad (5.21)$$

Коефіцієнти цього рівняння залежать від добутку $Gr \cdot Pr$.

Критерій Грасгофа:

$$Gr = \frac{g \cdot l^3}{\nu_e^2} \cdot \beta_e \cdot (t_{2k} - t_{2n}) = \frac{9,81 \cdot (1,1)^3}{(1,19 \cdot 10^{-6})^2} \cdot 0,00165 \cdot (15 - 5) = 1,52 \cdot 10^{11} \quad (5.22)$$

де $\nu_e = 1,19 \cdot 10^{-6}$ м²/с [1];

$$\beta_e = 0,165 \cdot 10^{-2} \quad \text{К}^{-1} [1].$$

Критерій Прандтля $\text{Pr} = 8,4$ [1].

$$C = 0,15, m = 0,33 \quad \text{так, як добуток} \quad Gr \cdot Pr = 1,52 \cdot 10^{11} \cdot 8,4 = 1,28 \cdot 10^{12} > 10^9 \quad (5.23)$$

$$Nu_2 = 0,15(Gr \cdot Pr)^{0,33} = 0,15 \cdot (1,28 \cdot 10^{12})^{0,33} = 1627$$

Отже коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні реактора до води, що охолоджує дорівнюватиме:

					Розрахунки, що підтверджують працездатність обладнання	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

$$\alpha_2 = \frac{Nu_2 \cdot \lambda_6}{l} = \frac{1627 \cdot 0,5846}{1,1} = 865$$

де $\lambda_6 = 0,5846$ Вт/(м·К) [1];

$l = 1,1$ м - висота сорочки

Коефіцієнт теплопередачі буде дорівнювати:

$$k_F = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{1623} + \frac{0,01}{46,5} + \frac{1}{865}} = 503 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$$

де $\lambda = 46,5$ Вт/(м·К) - теплопровідність стінки [1];

$\delta_1 = 0,01$ м - товщина стінки

Кількість чистого тетраметилетилендіаміну $m_m = 116$ кг

Звідси продуктивність по тетраметилетилендіаміну дорівнюватиме:

$$W_m = \frac{m_m}{\tau_p} = \frac{116}{29 \cdot 3600} = 0,00113 \text{ кг/с} \quad (5.24)$$

В свою чергу кількість теплоти, отриманої в результаті реакції.

$$Q_p = q \cdot \frac{W_m}{M_m} = \frac{2072 \cdot 10^3 \cdot 0,00113}{0,116} = 20190 \text{ Вт} \quad (5.25)$$

де $q = 2072$ кДж/моль - тепловий ефект реакції [13].

Поверхня теплообміну необхідна для ведення процесу буде дорівнювати:

$$F_n = \frac{Q_p}{k_F \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{20190}{503 \cdot 9} = 4,46 \text{ м}^2 \quad (5.26)$$

Відхилення від площі теплообміну обраного реактора складе:

$$\varphi = \frac{F_a - F_n}{F_a} \cdot 100\% = \frac{4,5 - 4,46}{4,5} \cdot 100 = 0,9\% \quad (4.27)$$

Це відхилення є допустимим. Отже, обраний реактор забезпечує потрібну площу поверхні теплообміну, що підтверджує правильність його вибору.

Виходячи з рівняння (5.25) перерахуємо кількість теплоти Q_p знаючи реальну поверхню теплообміну:

$$Q_p = k_F \cdot F_a \cdot \Delta t = 503 \cdot 4,5 \cdot 9 = 20372 \text{ Вт}$$

					Розрахунки, що підтверджують працездатність обладнання	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт теплопередачі від води до навколишнього середовища через стінку сорочки апарату.

$$k_n = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_2} + \sum \frac{\delta_2}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_3}}; \quad (5.28)$$

де α_2 - коефіцієнт тепловіддачі від води до внутрішньої поверхні сорочки, Вт/м²К ;

α_3 - коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні сорочки до навколишнього середовища, Вт/(м²·К);

$\frac{\delta}{\lambda}$ - термічний опір стінки;

$\delta_2 = 6 \text{ мм}$ - товщина стінки;

λ - коефіцієнт теплопровідності стінки.

В свою чергу :

$$\alpha_3 = \alpha_3' + \alpha_3'', \quad (5.29)$$

де α_3' - коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні сорочки за рахунок вільної конвекції ;

α_3'' - коефіцієнт тепловіддачі за рахунок випромінювання.

Середня різниця температур розраховується за формулами (5.12)-(5.14):

$$\Delta t_{\delta} = 15 \text{ }^{\circ}\text{C} \quad \Delta t_m = 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{\delta} = t_n - t_{2n} = 20 - 5 = 15 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_m = t_n - t_{2k} = 20 - 15 = 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

З огляду на те, що $\frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_m} = \frac{15}{5} = 3$, визначаємо середню логарифмічну різницю:

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_m}{\ln \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_m}} = \frac{15 - 5}{\ln \frac{15}{5}} = 9 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Коефіцієнт тепловіддачі від води до внутрішньої поверхні

сорочки $\alpha_2 = 865$ Вт/(м²·К) відомий з попередніх розрахунків

					Розрахунки, що підтверджують працездатність обладнання	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

Коефіцієнт тепловіддачі за рахунок вільної конвекції α'_3 залежить від добутку $Gr \cdot Pr$.

Критерій Грасгофа:

$$Gr = \frac{g \cdot l \left(\frac{\Delta t_{cp}}{T_n} \right)}{\nu^2} = \frac{9,81 \cdot (1,1)^3}{(0,151 \cdot 10^{-4})^2} \cdot \frac{9}{293} = 1,76 \cdot 10^9 \quad (5.30)$$

де $\nu_n = 0,151 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$ [1].

Добуток $Gr \cdot Pr = 1,76 \cdot 10^9 \cdot 0,703 = 1,23 \cdot 10^9$,

де $Pr = 0,703$ [1].

При $Gr \cdot Pr > 2 \cdot 10^7$ розрахункова формула буде мати вигляд:

$$Nu_2 = 0,135(Gr \cdot Pr)^{1/3} = 0,135(0,93 \cdot 10^9)^{1/3} = 144,7 \quad (5.31)$$

Коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні сорочки за рахунок вільної конвекції ;

$$\alpha'_3 = \frac{Nu_2 \cdot \lambda_n}{l} = \frac{144,7 \cdot 0,0256}{1,1} = 3,4 \quad (5.32)$$

де $\lambda_n = 0,0256 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ [1].

Коефіцієнт тепловіддачі за рахунок випромінювання:

$$\alpha''_3 = \varepsilon \cdot c_0 \frac{\left[\left(\frac{t_n + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_{cm} + 273}{100} \right)^4 \right]}{(t_n - t_{cm})}, \quad (5.33)$$

де $c_0 = 5,67 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$ - коефіцієнт випромінювання абсолютно чорного тіла [8];

$\varepsilon = 0,8$ - ступінь чорноти тіла [8].

$$\alpha''_3 = 0,8 \cdot 5,67 \cdot \frac{\left[\left(\frac{20 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{11 + 273}{100} \right)^4 \right]}{(20 - 11)} = 4,4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні сушильної камери до навколишнього середовища :

$$\alpha_3 = \alpha'_3 + \alpha''_3 = 3,4 + 4,4 = 7,8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Коефіцієнт теплопровідності буде дорівнювати:

					Розрахунки, що підтверджують працездатність обладнання	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$k_n = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta_2}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_3}} = \frac{1}{\frac{1}{865} + \frac{0,006}{46,5} + \frac{1}{7,8}} = 7,7 \quad \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

В свою чергу витрати теплоти в навколишнє середовище дорівнюватимуть:

$$Q_n = k_n \cdot F_p \cdot \Delta t_{cp} = 7,7 \cdot 5,1 \cdot 9 = 353 \quad \text{Вт}$$

Отже кількість теплоти Q яку необхідно відводити буде дорівнюватиме:

$$Q = Q_p + Q_n = 20372 + 353 = 20725 \quad \text{Вт}$$

Витрати води для охолодження розчину:

$$G_2 = \frac{Q}{c_2 \cdot (t_{2к} - t_{2н})} = \frac{20725}{4190 \cdot (15 - 5)} = 0,49 \quad \text{кг/с}, \quad (5.34)$$

Визначимо швидкість води в сорочці:

$$w = \frac{4 \cdot G_2}{\rho \cdot \pi (D_p^2 - D^2)} = \frac{4 \cdot 0,49}{1000 \cdot 3,14 \cdot (1,3^2 - 1,22^2)} = 0,0031 \quad \text{м/с}; \quad (5.35)$$

Визначимо критерій Рейнольдса:

$$Re = \frac{w \cdot d_e}{\nu_s} = \frac{0,0031 \cdot 0,2336}{1,19 \cdot 10^{-6}} = 628 \quad (5.36)$$

Таке значення критерію Рейнольдса підтверджує, що тепловіддача в циліндричній сорочці проходить в умовах вільної конвекції.

5.1.3 Розрахунок глибини воронки [14]

Мета розрахунку: визначення допустимої глибини воронки та перевірка правильності вибору типу та швидкості обертання перемішуючого пристрою.

При турбулентній течії ($Re > 10^4$) примусова циркуляція забезпечить інтенсивну тримірну течію всієї маси рідини в апараті.

При роботі обертальних механічних мішалок на поверхні рідини виникає воронка, глибина якої росте з збільшенням частоти обертання мішалки (в граничному випадку вона може досягнути днища апарату). Це явище від'ємно діє на ефективність перемішування та значно знижує стійкість роботи мішалки.

Глибина воронки в апараті без перегородок визначається за рівнянням:

					Розрахунки, що підтверджують працездатність обладнання	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$h_{\text{вор}} = \frac{B \cdot n^2 \cdot d_m^2}{2 \cdot g}, \quad (5.37)$$

де d_m - діаметр турбінної мішалки, n - частота обертання мішалки,
 B – коефіцієнт пропорційності.

Для визначення глибини воронки в апараті визначимо параметр φ , при коефіцієнті заповнення $\eta = 0,73$ і висоті рівня розчину $H_p = 1,034$ м:

$$\varphi = 8 \cdot \frac{H_p}{D} + 1 = 8 \cdot \frac{1,034}{1,2} + 1 = 7,9 \quad (5.38)$$

Для рамних мішалок значення параметру $\xi_m = 1,28$

Визначимо параметр гідравлічного опору:

$$E = \frac{\varphi}{\xi_m \cdot \text{Re}_{\text{від}}^{0,25}} = \frac{7,9}{1,28 \cdot (453457)^{0,25}} = 0,24 \quad (5.39)$$

При цих значеннях $E = 0,24$ за номограмою визначаємо параметр глибини воронки $B = 12$.

Отже глибина воронки в апараті, що визначається за формулою (5.37):

$$h_{\text{вор}} = \frac{B \cdot n^2 \cdot d_m^2}{2 \cdot g} = \frac{12 \cdot 0,77^2 \cdot 0,9^2}{2 \cdot 9,8} = 0,28 \text{ м.}$$

Допустима глибина воронки:

$$h_{\text{кр}} = H_{\text{розч}} - h, \quad (5.40)$$

$$h_{\text{кр}} = H_{\text{розч}} - 0,5d_m, \text{ за таблицею, } h/d_m = 0,5$$

$$h_{\text{кр}} = 1,034 - 0,5 \cdot 0,9 = 0,584 \text{ м}$$

Це означає, що розрахункова глибина воронки $h_{\text{вор}} = 0,28$ м не перевищує $h_{\text{кр}} = 0,584$ м.

5.1.4 Розрахунок потужності [14]

Мета розрахунку: розрахунок потужності приводу перемішуючого пристрою та вибір двигуна, що забезпечить процес перемішування.

Визначимо діаметр вала перемішуючого пристрою.

Діаметр вала:					Розрахунки, що підтверджують працездатність обладнання	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

$$d = C \cdot d_m = 0,05 \cdot 0,9 = 0,045 \text{ м}, \quad (5.41)$$

де $C = 0,05$ – для рамних мішалок;

$d_m = 0,9$ м – діаметр мішалки.

Приймаємо діаметр валу рівним $d = 0,05$ м, згідно з рядом діаметрів валів приводів перемішуючих пристроїв.

Потужність, яка витрачається для подолання тертя в торцевому ущільненні розраховуємо по формулі:

$$N_{\text{ущ}} = 6020 \cdot d^{1,3} = 6020 \cdot 0,05^{1,3} = 2218 \text{ Вт}. \quad (5.42)$$

Потужність, яка витрачається на перемішування рідини в апараті:

$$N = K_n \cdot \rho_p \cdot n^3 \cdot d_m^5 = 0,3 \cdot 1156 \cdot 0,77^3 \cdot 0,9^5 = 94 \text{ Вт}, \quad (5.43)$$

де $n = 46 \text{ об/хв} = 0,77 \text{ с}^{-1}$ – частота обертів перемішуючого пристрою;

$K_n = 0,3$ – критерій потужності, визначений за графіком в залежності від величини відцентрового критерію Рейнольда.

$$\text{Re}_{\text{від}} = \frac{\rho \cdot n \cdot d_m}{\mu} = \frac{1,156 \cdot 0,77 \cdot 0,9^2}{1,59 \cdot 10^{-3}} = 453457;$$

$\rho_p = 988 \text{ кг/м}^3$ – густина рідини, яка перемішується [1].

Рівень рідини в апараті до початку перемішування:

$$H_p = \frac{\varphi \cdot V}{\pi \cdot R^2} = \frac{0,73 \cdot 1,6}{3,14 \cdot 0,6^2} = 1,033 \text{ м}, \quad (5.44)$$

Коефіцієнт висоти рівня рідини в апараті:

$$k_n = \sqrt{\frac{H_p}{D}} = \sqrt{\frac{1,033}{1,2}} = 0,93, \quad (5.45)$$

Потужність приводу мішалки розраховуємо по формулі:

$$N_e = \frac{1,25 \cdot k_n \cdot k_i \cdot N + N_{\text{ущ}}}{\eta} = \frac{1,25 \cdot 0,93 \cdot 94 + 2218}{0,9} = 2586 \text{ Вт}, \quad (4.46)$$

де $k_i = 1,15$ – коефіцієнт, який враховує наявність в апараті внутрішніх пристроїв;

$\eta = 0,9$ – к.к.д приводу мішалки.

					Розрахунки, що підтверджують працездатність обладнання	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Отже, для перемішування рідини в реакторі вибираємо двигун АИМ100S-У2 з потужністю 3 кВт.

5.1.5 Розрахунок штуцерів [2]

Мета розрахунку: розрахунок діаметрів штуцерів та визначення швидкості потоку речовин в трубопроводах.

Діаметри штуцерів визначаємо за формулою:

$$d_i = \sqrt{\frac{4 \cdot v_i}{\tau_i \cdot w \cdot \pi}}, \quad (5.47)$$

Швидкість потоку речовин:

$$w_1 = \frac{4 \cdot v_i}{\tau_i \cdot \pi \cdot D_{yi}}, \quad (5.48)$$

Визначимо діаметри штуцерів:

Швидкість потоку речовин в трубопроводі приймаємо $w = 1,1$ м/с

Штуцер для подачі диметиламіну:

$$d_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot v_1}{\tau_1 \cdot w \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,33}{900 \cdot 3,14 \cdot 1,1}} = 20 \text{ мм}$$

Приймаємо діаметр штуцера $D_y = 100$ мм

Швидкість потоку диметиламіну:

$$w_1 = \frac{4 \cdot v_1}{\tau \cdot \pi \cdot D_y} = \frac{4 \cdot 0,33}{900 \cdot 3,14 \cdot 0,1^2} = 0,048 \text{ м/с}$$

Штуцер для подачі дихлоретану:

$$d_2 = \sqrt{\frac{4 \cdot v_2}{\tau \cdot w \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,16}{900 \cdot 3,14 \cdot 1,1}} = 14 \text{ мм}$$

Приймаємо діаметр штуцера $D_y = 100$ мм

Швидкість потоку дихлоретану:

$$w_2 = \frac{4 \cdot v_2}{\tau \cdot \pi \cdot D_y} = \frac{4 \cdot 0,16}{900 \cdot 3,14 \cdot 0,05^2} = 0,025 \text{ м/с}$$

Штуцер для виходу диметиламіну:

					Розрахунки, що підтверджують працездатність обладнання	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$d_5 = \sqrt{\frac{4 \cdot v_5}{\tau_2 \cdot w \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,35}{3600 \cdot 3,14 \cdot 1,1}} = 21 \text{ мм}$$

Приймаємо діаметр штуцера $D_y = 100 \text{ мм}$

Швидкість потоку диметиламіну:

$$w_5 = \frac{4 \cdot v_5}{\tau \cdot \pi \cdot D_y} = \frac{4 \cdot 1,35}{360 \cdot 3,14 \cdot 0,1^2} = 0,048 \text{ м/с}$$

Штуцер для вивантаження розчину тетраметилетилендіаміну:

$$d_4 = \sqrt{\frac{4 \cdot v_4}{\tau_2 \cdot w \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,103}{900 \cdot 3,14 \cdot 1,1}} = 38 \text{ мм}$$

Приймаємо діаметр штуцера $D_y = 100 \text{ мм}$

Швидкість потоку тетраметилетилендіаміну:

$$w_4 = \frac{4 \cdot v_4}{\tau \cdot \pi \cdot D_y} = \frac{4 \cdot 1,103}{900 \cdot 3,14 \cdot 0,1^2} = 0,157 \text{ м/с}$$

Штуцери для подачі та відводу охолоджуючої води:

$$d_6 = \sqrt{\frac{4 \cdot G_2}{3600 \cdot w \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,78}{3600 \cdot 3,14 \cdot 1,1}} = 24 \text{ мм}$$

Приймаємо діаметр штуцера $D_y = 40 \text{ мм}$

Швидкість потоку води:

$$w_6 = \frac{4 \cdot v_6}{\tau \cdot \pi \cdot D_y} = \frac{4 \cdot 1,78}{3600 \cdot 3,14 \cdot 0,04^2} = 0,4 \text{ м/с}$$

5.1.6 Розрахунки на міцність [4]

5.1.6.1 Розрахунок на міцність сорочки, навантаженої внутрішнім тиском

Мета розрахунку: розрахунок товщини стінки сорочки та перевірка її на міцність

Розрахуємо на міцність сорочки апарату, навантаженої внутрішнім тиском за наступними вихідними даними:

тиск в сорочці $p_{zp} = 0,6 \text{ МПа}$;

внутрішній діаметр обичайки $D = 1,3 \text{ м}$;

					Розрахунки, що підтверджують працездатність обладнання	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Матеріал сорочки сталь ВСт3;

час роботи апарату $\tau = 10$ років.

Розрахункова товщина стінки обичайки:

$$S_R = \frac{p_{zp} \cdot D}{2 \cdot [\sigma] - p_{zp}} = \frac{0,6 \cdot 10^6 \cdot 1,3}{2 \cdot 130 \cdot 10^6 - 0,6 \cdot 10^6} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ м,} \quad (5.49)$$

де $[\sigma] = 130$ МПа – допустиме напруження для сталі ВСт3 при температурі стінки 10°C .

Виконавча товщина стінки:

$$S = S_R + c = S_R + c_1 + c_2 + c_3 = (3 + 0,5 + 0,4 + 0) \cdot 10^{-3} = 3,9 \cdot 10^{-3} \text{ м,} \quad (5.50)$$

де c_1 – прибавка на компенсацію корозії,

$$c_1 = P \cdot \tau = 0,05 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м,} \quad (5.51)$$

P – проникність, або швидкість корозії. Приймаємо $P = 0,05$ мм/рік;

$c_2 = 0,4 \cdot 10^{-3}$ м – прибавка на компенсацію мінусового допуску на товщині листа;

c_3 – технологічна прибавка. Приймаємо $c_3 = 0$.

Приймаємо товщину стінки $S = 6$ мм.

Допустимий тиск:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot (S - c)}{D + S - c} = \frac{2 \cdot 130 \cdot (0,006 - 0,0009)}{1,3 + 0,006 - 0,0009} = 1,1 \cdot 10^6 \text{ Па.} \quad (5.52)$$

$$p_{zp} = 0,6 \text{ МПа} < [p] = 1,1 \text{ МПа.} \quad (5.53)$$

Отже, умова міцності виконується.

5.1.6.2 Розрахунок на міцність обичайки, навантаженої зовнішнім тиском

Мета розрахунку: розрахунок товщини стінки корпусу та перевірка його на міцність

Розрахункова товщина стінки обичайки:

$$S_R = \frac{1,1 P_{zp} D}{2[\sigma]} = \frac{1,1 \cdot 0,6 \cdot 10^6 \cdot 1,2}{2 \cdot 156 \cdot 10^6} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ м,} \quad (5.54)$$

де $[\sigma] = 156$ МПа – допустиме допустиме напруження для сталі 08 при температурі стінки 20°C .

					Розрахунки, що підтверджують працездатність обладнання	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Виконавча товщина стінки:

$$S = S_R + c = S_R + c_1 + c_2 + c_3 = (2,5 + 0,5 + 0,4 + 0) \cdot 10^{-3} = 3,4 \cdot 10^{-3} \text{ м,}$$

де c_1 – прибавка на компенсацію корозії,

$$c_1 = \Pi \cdot \tau = 0,05 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м,}$$

Π – проникність, або швидкість корозії. Приймаємо $\Pi = 0,05$ мм/рік;

$c_2 = 0,4 \cdot 10^{-3}$ м – прибавка на компенсацію мінусового допуску на товщині листа;

c_3 – технологічна прибавка. Приймаємо $c_3 = 0$.

Приймаємо товщину стінки $S = 10$ мм.

Допустимий тиск з умови міцності розраховується за формулою (5.52):

$$[P]_p = \frac{2[\sigma] \cdot (S - c)}{D + (S - c)} = \frac{2 \cdot 156 \cdot 10^6 \cdot (10 - 0,9) \cdot 10^{-3}}{1,2 + (10 - 0,9) \cdot 10^{-3}} = 2,35 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

Допустимий тиск з умови стійкості в границях пружності:

$$\begin{aligned} [P]_E &= \frac{18 \cdot 10^{-6} E}{n_y \cdot B_1} \cdot \frac{D}{l_R} \cdot \left(\frac{100 \cdot (S - c)}{D} \right)^2 \cdot \sqrt{\frac{100 \cdot (S - c)}{D}} = \\ &= \frac{18 \cdot 10^{-6} \cdot 2,06 \cdot 10^{11}}{2,4 \cdot 1} \cdot \frac{1,2}{1,1} \cdot \left(\frac{100 \cdot (10 - 0,9) \cdot 10^{-3}}{1,2} \right)^2 \cdot \sqrt{\frac{100 \cdot (10 - 0,9) \cdot 10^{-3}}{1,2}} = 1,03 \cdot 10^6 \text{ Па,} \end{aligned} \quad (5.55)$$

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

$l_R = 1,1$ м – розрахункова довжина частини обичайки, що навантажена зовнішнім тиском;

$$\begin{aligned} B_1 &= \min \left\{ 1; 8,15 \cdot \frac{D}{l_R} \cdot \sqrt{\frac{D}{100 \cdot (S - c)}} \right\} = \min \left\{ 1; 8,15 \cdot \frac{1,2}{1,1} \cdot \sqrt{\frac{1,2}{100 \cdot (10 - 0,9) \cdot 10^{-3}}} \right\} = \\ &= \min \{ 1; 12,5 \} = 1. \end{aligned} \quad (5.56)$$

Допустимий зовнішній тиск дорівнює:

$$[P] = \frac{[P]_p}{\sqrt{1 + \left(\frac{[P]_p}{[P]_E} \right)^2}} = \frac{2,35 \cdot 10^6}{\sqrt{1 + \left(\frac{2,35 \cdot 10^6}{1,03 \cdot 10^6} \right)^2}} = 0,94 \cdot 10^6 \text{ Па.} \quad (5.57)$$

$$P_{zp} = 0,6 \text{ МПа} < [P] = 0,94 \text{ МПа.}$$

Отже, умова міцності виконується.

					Розрахунки, що підтверджують працездатність обладнання	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

5.1.6.3 Розрахунок на міцність днища сорочки, навантаженого внутрішнім тиском

Мета розрахунку: розрахунок товщини днища сорочки та перевірка його на міцність

Розрахункова товщина днища:

$$S_R = \frac{p_{zp} \cdot R}{2 \cdot [\sigma] - 0,5 p_{zp}} = \frac{0,6 \cdot 10^6 \cdot 1,3}{2 \cdot 130 \cdot 10^6 - 0,5 \cdot 0,6 \cdot 10^6} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ м,} \quad (5.58)$$

де $[\sigma] = 130$ МПа – допустиме напруження для сталі ВСт3при температурі стінки 100°C ;

Виконавча товщина стінки:

$$S = S_R + c = S_R + c_1 + c_2 + c_3 = (3 + 0,5 + 0,4 + 0) \cdot 10^{-3} = 3,9 \cdot 10^{-3} \text{ м,}$$

де c_1 – прибавка на компенсацію корозії,

$$c_1 = \Pi \cdot \tau = 0,05 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м,}$$

Π – проникність, або швидкість корозії. Приймаємо $\Pi = 0,05$ мм/рік;

$c_2 = 0,4 \cdot 10^{-3}$ м – прибавка на компенсацію мінусового допуску на товщині листа;

c_3 – технологічна прибавка. Приймаємо $c_3 = 0$.

Приймаємо товщину стінки $S = 6$ мм.

Допустимий тиск:

$$[P] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot (S - c)}{R + 0,5 \cdot (S - c)} = \frac{2 \cdot 130 \cdot (0,006 - 0,0009)}{1,3 + 0,5 \cdot (0,006 - 0,0009)} = 1,02 \cdot 10^6 \text{ Па.} \quad (5.59)$$

$$P_{zp} = 0,6 \text{ МПа} < [P] = 1,02 \text{ МПа.}$$

Отже, умова міцності виконується.

5.1.6.4 Розрахунок на міцність днища обичайки, навантаженого зовнішнім тиском

Мета розрахунку: розрахунок товщини днища корпусу та перевірка його на міцність

Розрахункова товщина стінки обичайки:

					Розрахунки, що підтверджують працездатність обладнання	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S_R = \max \left\{ \frac{K_e R}{510} \cdot \sqrt{\frac{n_y \cdot P_{zp}}{10^{-6} E}}; \frac{P_{zp} \cdot R}{2 \cdot [\sigma]} \right\} = \max \left\{ \frac{0,9 \cdot 1,2}{510} \cdot \sqrt{\frac{2,4 \cdot 0,6 \cdot 10^6}{10^{-6} \cdot 2,06 \cdot 10^{11}}}; \frac{0,6 \cdot 10^6 \cdot 1,2}{2 \cdot 156 \cdot 10^6} \right\} =$$

$$= \max \{ 5,6 \cdot 10^{-3}; 2,3 \cdot 10^{-3} \} = 5,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}, \quad (5.60)$$

де $[\sigma] = 156$ МПа – допустиме допустиме напруження для сталі 08 при температурі стінки 20 °С;

$K_e = 0,9$ – коефіцієнт приведення радіуса кривини для еліптичного днища;

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

R – радіус кривини у вершині днища,

Виконавча товщина стінки:

$$S = S_R + c = S_R + c_1 + c_2 + c_3 = (5,6 + 0,5 + 0,4 + 0) \cdot 10^{-3} = 6,5 \cdot 10^{-3} \text{ м},$$

де c_1 – прибавка на компенсацію корозії,

$$c_1 = \Pi \cdot \tau = 0,05 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м},$$

Π – проникність, або швидкість корозії. Приймаємо $\Pi = 0,05$ мм/рік;

$c_2 = 0,4 \cdot 10^{-3}$ м – прибавка на компенсацію мінусового допуску на товщині листа;

c_3 – технологічна прибавка. Приймаємо $c_3 = 0$.

Приймаємо товщину стінки $S = 10$ мм.

Допустимий тиск з умови міцності розраховується за формулою:

$$[P]_p = \frac{2[\sigma] \cdot (S - c)}{R + (S - c)} = \frac{2 \cdot 156 \cdot 10^6 \cdot (10 - 0,9) \cdot 10^{-3}}{1,2 + (10 - 0,9) \cdot 10^{-3}} = 2,3 \cdot 10^6 \text{ Па}. \quad (5.61)$$

Допустимий тиск з умови стійкості в границях пружності:

$$[P]_E = \frac{26 \cdot 10^{-6} E}{n_y} \cdot \left(\frac{100 \cdot (S - c)}{K_e R} \right) = \frac{26 \cdot 10^{-6} \cdot 2,06 \cdot 10^{11}}{2,4} \cdot \left(\frac{100 \cdot (10 - 0,9) \cdot 10^{-3}}{0,936 \cdot 1,2} \right) = 1,8 \cdot 10^6 \text{ Па},$$

де K_e – коефіцієнт приведення радіуса кривини для еліптичного днища:

$$K_e = \frac{1 + (2,4 + 8x)x}{1 + (3 + 10x)x} = \frac{1 + (2,4 + 8 \cdot 0,096) \cdot 0,096}{1 + (3 + 10 \cdot 0,096) \cdot 0,096} = 0,936; \quad (5.62)$$

$$x = 10 \cdot \frac{S - c}{D} \cdot \left(\frac{D}{2H_\delta} - \frac{2H_\delta}{D} \right) = 10 \cdot \frac{(10 - 0,9) \cdot 10^{-3}}{1,2} \cdot \left(\frac{1,2}{2 \cdot 0,3} - \frac{2 \cdot 0,3}{1,2} \right) = 0,096 \quad (5.63)$$

Допустимий зовнішній тиск за формулою (5.57) дорівнює:

					Розрахунки, що підтверджують працездатність обладнання	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

$$[P] = \frac{[P]_p}{\sqrt{1 + \left(\frac{[P]_p}{[P]_E}\right)^2}} = \frac{2,3 \cdot 10^6}{\sqrt{1 + \left(\frac{2,3 \cdot 10^6}{1,8 \cdot 10^6}\right)^2}} = 1,52 \cdot 10^6 \quad \text{Па.}$$

$$P_{zp} = 0,6 \text{ МПа} < [P] = 1,52 \text{ МПа.}$$

Отже, умова міцності виконується.

5.1.7 Перевірка несучої спроможності апарату на дію опорних навантажень [18]

Мета розрахунку: вибір типу опорних лап та перевірка несучої спроможності апарату на дію опорних навантажень.

Умова можливості застосування розрахункових формул:

$$\frac{(S - c)}{D_R} = \frac{6 - 0,9}{1312} = 0,004 \leq 0,05 \quad \text{- умова виконується.} \quad (5.64)$$

Так як забезпечено рівномірний розподіл усіх навантажень проміж опорних лап, формула для визначення зусилля, що діє на одну опорну лапу матиме вигляд:

$$F = \frac{G}{4} = \frac{16,4}{4} = 4,1 \text{ кН} \quad (5.65)$$

де $G = 16,4$ кН - вага апарату.

Обираємо опорні лапи I типу призначені для апаратів без теплоізоляції та конструкцію опор типу А.

Допустиме значення зусилля, що діє на одну опорну лапу:

$$[F] = \frac{[\sigma_i] \cdot h_1 (S - c)^2}{K_T \cdot e_1} = \frac{182 \cdot 0,23 \cdot (0,006 - 0,0009)^2}{0,45 \cdot 0,155} = 15,6 \text{ кН} \quad (5.66)$$

де $[\sigma_i]$ - граничне напруження вигину;

h_1 - висота опорної лапи;

коефіцієнт $K_T = 0,45$.

$$[\sigma_i] = K_1 \cdot [\sigma] \frac{n_T}{K_2} = 0,78 \cdot 130 \cdot \frac{1,5}{1,2} = 182 \text{ МПа} \quad (5.67)$$

де $K_2 = 1,2$ - для робочих умов;

					Розрахунки, що підтверджують працездатність обладнання	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

$$K_1 = \left(\frac{1 + 3 \cdot \nu_1 \cdot \nu_2}{3 \cdot \nu_1^2} \right) \times \left(\sqrt{\frac{9 \cdot \nu_1^2 (1 - \nu_2^2)}{(1 + 3 \cdot \nu_1 \cdot \nu_2)^2} + 1} - 1 \right) =$$

$$= \left(\frac{1 + 3 \cdot 0,3 \cdot 0,47}{3 \cdot 0,3^2} \right) \times \left(\sqrt{\frac{9 \cdot 0,3^2 (1 - 0,47^2)}{(1 + 3 \cdot 0,3 \cdot 0,47)^2} + 1} - 1 \right) = 0,78 \quad (5.68)$$

де $\nu_1 = 0,3$ коефіцієнт, що являє собою відношення місцевих мембранних напружень до місцевих напружень вигину;

ν_2 - коефіцієнт, що враховує ступінь навантаження загальними мембранними напруженнями.

$$\nu_2 = \frac{K_T \cdot \sigma_m}{n_T \cdot [\sigma] \cdot \varphi} = \frac{1,2 \cdot 77}{1,5 \cdot 130 \cdot 1} = 0,47 \quad (5.69)$$

де σ_m - загальне мембранне напруження;

$[\sigma] = 130$ МПа – допустиме напруження для сталі ВСт3

$$\sigma_m = \frac{p \cdot D_R}{2(S - c)} = \frac{0,6 \cdot 1,3}{2(0,006 - 0,0009)} = 77 \text{ МПа} \quad (5.70)$$

де $D_R = 1,300$ м - внутрішній діаметр сорочки.

$p = 0,6$ МПа - тиск в сорочці.

Умова несучої спроможності:

$$F = 4,1 \text{ МПа} < [F] = 15,6 \text{ МПа} \quad - \text{ умова несучої спроможності виконується.} \quad (5.71)$$

5.1.8 Розрахунок вала перемішуючого пристрою

5.1.8.1 Розрахунок вала на вібростійкість [6]

Мета розрахунку: перевірка вала на вібростійкість

Розрахункова схема вала представлена на рис.5.2.

Осьовий момент інерції:

$$I = I_1 = I_2 = \frac{\pi \cdot d^4}{64}, \quad (5.72)$$

де I_1 та I_2 – осьові моменти інерції прольоту та консолі відповідно ;

$d = 55$ мм – діаметр вала.

					Розрахунки, що підтверджують працездатність обладнання	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

$$I = I_1 = I_2 = \frac{3,14 \cdot (0,055)^4}{64} = 0,45 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4 ,$$

Коефіцієнт впливу δ_{11} для валу з однією зосередженою масою при $I = I_1 = I_2$ дорівнює:

$$\delta_{11} = \frac{(L + l_1) \cdot l_1^2}{3 \cdot E \cdot I} , \quad (5.73)$$

де $E = 2,1 \cdot 10^5$ МПа - модуль пружності матеріалу валу [4];

$L = 0,55$ м - довжина прольоту ;

$l_1 = 1,922$ м- відстань від другої опори до центру мас мішалки ;

$L_2 = 2,11$ м- загальна довжина валу.

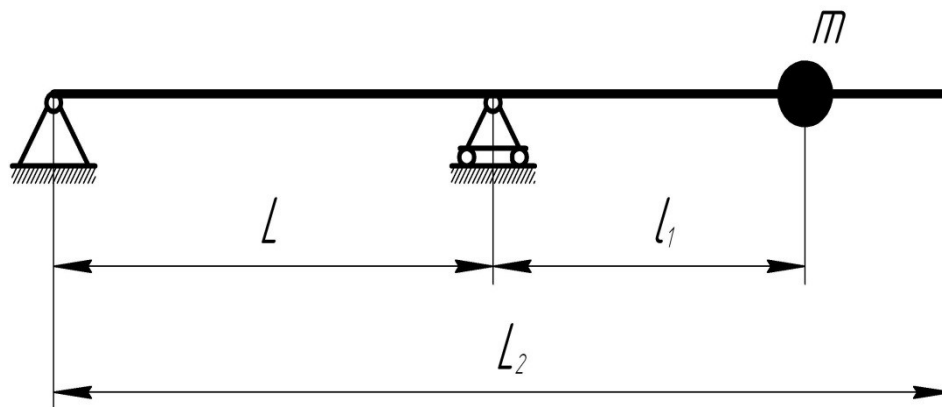


Рис.5.2 Розрахункова схема валу

$$\delta_{11} = \frac{(0,55 + 1,922) \cdot (1,922)^2}{3 \cdot 2,1 \cdot 10^{11} \cdot 0,45 \cdot 10^{-6}} = 32,21 \cdot 10^{-6} \text{ м/Н}$$

Критична кутова швидкість ω_k валу дорівнює кутовій швидкості його вільних коливань ω_c .

$$\omega_k = \omega_c = \sqrt{\frac{1}{m \cdot \delta_{11}}} , \quad (5.74)$$

де $m = 65$ кг - маса мішалки.

$$\omega_k = \omega_c = \sqrt{\frac{1}{65 \cdot 32,21 \cdot 10^{-6}}} = 21,8 \text{ с}^{-1}$$

Так як $\omega > \omega_k = \omega_c$ вал називають гнучким , а умова вібростійкості валу буде мати

ВИГЛЯД:					Розрахунки, що підтверджують працездатність обладнання	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

$$\frac{\omega}{\omega_k} \geq 1,3 \quad (5.75)$$

В нашому випадку:

$$\frac{\omega}{\omega_k} = \frac{46}{21,8} = 2,11 \geq 1,3$$

- умова вібростійкості виконується.

5.1.8.2 Розрахунок вала на міцність [7]

Мета розрахунку: перевірка вала на міцність.

Розрахунок вала на міцність виконуємо для найнебезпечнішого перерізу яким є місця в яких встановлено мішалку.

Крутний момент в небезпечному перерізі:

$$M_{кр} = \frac{N}{\omega} = \frac{3000}{0,77} = 3896 \quad \text{Н·м} \quad (5.76)$$

Момент опору в небезпечному перерізі:

$$W = \frac{\pi \cdot d^3}{32} = \frac{3,14 \cdot (0,055)^3}{32} = 1,63 \cdot 10^{-5} \quad \text{м}^3 \quad (5.77)$$

Еквівалентне напруження в небезпечному перерізі:

$$\sigma = \frac{M_{кр}}{2 \cdot W} = \frac{3896}{2 \cdot 1,63 \cdot 10^{-5}} = 119,5 \quad \text{МПа} \quad (5.78)$$

Граничне напруження:

$$[\sigma] = \frac{\varepsilon_m \cdot \sigma_{-1}}{k_\sigma \cdot n_{\min}}, \quad (5.79)$$

де $\varepsilon_m = 0,92$ - масштабний коефіцієнт [4];

$\sigma_{-1} = 400$ МПа - границя витривалості [4];

$k_\sigma = 1,46$ - ефективний коефіцієнт концентрації напружень [4];

$n_{\min} = 2$ - мінімальний запас міцності на витривалість [4].

$$[\sigma] = \frac{0,92 \cdot 400}{1,46 \cdot 2} = 133 \quad \text{МПа}$$

$$\sigma = 119,5 \text{ МПа} < [\sigma] = 133 \text{ МПа} - \text{умова міцності виконується.} \quad (5.80)$$

					Розрахунки, що підтверджують працездатність обладнання	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2 Розрахунок пластинчатого теплообмінника [16]

5.2.1 Розрахунок першої секції

5.2.1.1 Тепловий розрахунок першої секції

Мета розрахунку: визначення необхідної поверхні теплообміну

Вихідні дані:

Продуктивність апарата (по воді) $G_1 = 400$ кг/ГОД

Початкова температура води $t_1^I = 20$ °C;

Кінцева температура води $t_1^{II} = 5$ °C;

Початкова температура розсолу $t_2^I = -4$ °C;

Кінцева температура розсолу $t_2^{II} = 4$ °C;

Складаємо температурну схему при протитоку, тобто розсол і вода рухаються в різних напрямках:

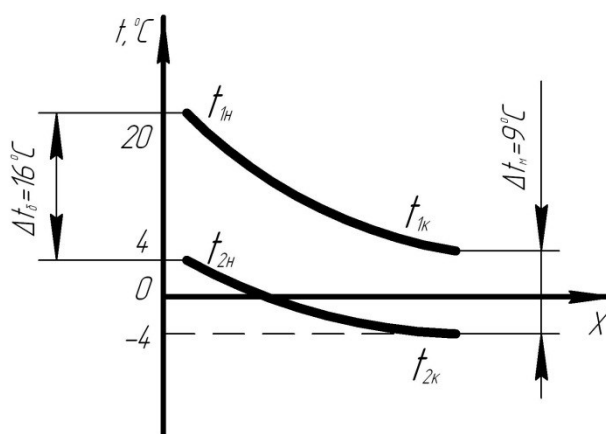


Рис.5.3 Схема зміни температур теплоносіїв

20 °C → 5 °C

4 °C ← -4 °C

$\Delta t_{\delta} = 16$ °C $\Delta t_m = 9$ °C

$$\frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_m} > 2$$

Визначаємо середньологарифмічну різницю температур за формулою (5.14):

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_m}{\ln \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_m}} = \frac{16 - 9}{\ln \frac{16}{9}} = 12 \text{ °C}$$

					Розрахунки, що підтверджують працездатність обладнання	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Середня температура води:

$$t_1 = \frac{t_1' + t_1''}{2} = \frac{20 + 5}{2} = 12,5 \text{ } ^\circ\text{C},$$

$t_2 = 0 \text{ } ^\circ\text{C}$ - середня температура розсолу.

Теплофізичні властивості води при $t_1 = 12,5 \text{ } ^\circ\text{C}$:

Теплофізичні властивості води [1]

<i>Параметри</i>	<i>Значення</i>
Питома теплоємність води	$c_1 = 4190 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$
Густина води	$\rho_1 = 1000 \text{ кг}/\text{м}^3$
Коефіцієнт теплопровідності	$\lambda_1 = 0,593 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$
Кінематична в'язкість	$\nu_1 = 1,236 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$
Динамічна в'язкість	$\mu_1 = 1,236 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$

Теплофізичні властивості розсолу:

При середній температурі $t_2 = 0 \text{ } ^\circ\text{C}$:

Теплофізичні властивості розсолу [1].

<i>Параметри</i>	<i>Значення</i>
Питома теплоємність расолу	$c_2 = 2850 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$
Густина расолу	$\rho_2 = 1239 \text{ кг}/\text{м}^3$
Коефіцієнт теплопровідності	$\lambda_2 = 0,496 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$
Кінематична в'язкість	$\nu_2 = 3,61 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$
Динамічна в'язкість	$\mu_2 = 4,47 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$

Кількість теплоти, яка передається від води до розсолу:

$$Q = G_1 \cdot c_1 (t_1' - t_1'') = 0,11 \cdot 4190 (20 - 5) = 6913,5 \text{ Вт}; \quad (5.81)$$

Витрати розсолу:

$$G_2 = \frac{Q}{c_2 \cdot (t_2'' - t_2')} = \frac{6913,5}{2850(4 + 4)} = 0,3 \text{ кг/с}; \quad (5.82)$$

					Розрахунки, що підтверджують працездатність обладнання	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Об'ємні витрати розсолу:

$$V_2 = \frac{G_2}{\rho_2} = \frac{0,3}{1239} = 0,24 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}; \quad (5.83)$$

Рациональна швидкість руху води в каналах теплообмінника:

$\alpha_1' = 2500 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ - орієнтовний коефіцієнт тепловіддачі [1];

$$t_{cm} = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{12,5 + 0}{2} = 6,25 \text{ }^\circ\text{C}; \quad (4.84)$$

$$\xi_1 = 7,$$

де ξ - коефіцієнт загального гідравлічного опору (в даному випадку для води).

Тоді швидкість води в каналах,

$$W_1 = 2,3 \sqrt{\frac{\alpha_1'(t_1 - t_{cm})\Delta P_1}{c_1'(t_1' - t_1'')\rho_1^2 \xi_1}} = 2,3 \sqrt{\frac{2500 \cdot (12,5 - 6,25) \cdot 0,12 \cdot 10^6}{4190 \cdot (20 - 5) \cdot 1000^2 \cdot 7}} = 0,016 \text{ м/с}; \quad (5.85)$$

Визначимо критерій Рейнольдса:

$$Re_1 = \frac{w_1 \cdot d_e}{\nu_1} = \frac{0,016 \cdot 0,008}{1,236 \cdot 10^{-6}} = 104 \quad (5.86)$$

Перевіримо прийняте значення коефіцієнта загального гідравлічного опору:

$$\xi_1 = \frac{22,4}{(104)^{0,25}} = 7 \quad (5.87)$$

Критерій Прандля:

$$Pr_1 = \frac{c_1 \cdot \mu_1}{\lambda_1} = \frac{4190 \cdot 1,236 \cdot 10^{-3}}{0,593} = 8,7 \quad (5.88)$$

Критерій Нусельта:

$$Nu_1 = 0,135 \cdot Re_1^{0,73} \cdot Pr_1^{0,43} = 0,135 \cdot 104^{0,73} \cdot 8,7^{0,43} = 10 \quad (5.89)$$

Коефіцієнт тепловіддачі води:

$$\alpha_1 = \frac{Nu_1 \cdot \lambda_1}{d_e} = \frac{10 \cdot 0,593}{0,008} = 741 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad (5.90)$$

Коефіцієнт тепловіддачі розсолу ведемо за формулами (5.81)-(5.90).

Рациональна швидкість руху розсолу в каналах теплообмінника:

$\alpha_2' = 3500 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ - орієнтовний коефіцієнт тепловіддачі [1];

					Розрахунки, що підтверджують працездатність обладнання	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$t_{cm} = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{12,5 + 0}{2} = 6,25 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$\xi_2 = 7,4$, де ξ – коефіцієнт загального гідравлічного опору.

Тоді швидкість розсолу в каналах,

$$W_2 = 2,3 \sqrt{\frac{\alpha_2'(t_{cm} - t_2) \Delta P_2}{c_2'(t_2' - t_2'') \rho_2^2 \xi_2}} = 2,3 \sqrt{\frac{3500 \cdot (6,25 - 0) \cdot 0,14 \cdot 10^6}{2850 \cdot (4 + 4) \cdot 1239^2 \cdot 7,4}} = 0,038 \text{ м/с};$$

Визначимо критерій Рейнольдса:

$$Re_2 = \frac{w_2 \cdot d_e}{\nu_2} = \frac{0,038 \cdot 0,008}{3,61 \cdot 10^{-6}} = 84$$

Перевіримо прийняте значення коефіцієнта загального гідравлічного опору:

$$\xi_2 = \frac{22,4}{(84)^{0,25}} = 7,38$$

Критерій Прандля:

$$Pr_2 = \frac{c_2 \cdot \mu_2}{\lambda_2} = \frac{2850 \cdot 4,47 \cdot 10^{-3}}{0,496} = 25,7$$

Критерій Нуссельта:

$$Nu_2 = 0,135 \cdot Re_2^{0,73} \cdot Pr_2^{0,43} = 0,135 \cdot 84^{0,73} \cdot 25,7^{0,43} = 13,8$$

Коефіцієнт тепловіддачі розсолу:

$$\alpha_2 = \frac{Nu_2 \cdot \lambda_2}{d_e} = \frac{13,8 \cdot 0,496}{0,008} = 854 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

Коефіцієнт теплопередачі буде дорівнювати:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{741} + 0,000402 + \frac{1}{854}} = 342 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)} \quad (5.91)$$

Сума термічних опорів гофрованої пластини із нержавіючої сталі

товщиною 1,0 мм:

$$\sum \frac{\delta}{\lambda} = \frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}} + r_{забр,1} + r_{забр,2} = \frac{0,001}{17,5} + \frac{1}{5800} + \frac{1}{5800} = 0,000402 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}, \quad (5.92)$$

де $\delta_{cm} = 0,001 \text{ м}$ – товщина пластини;

$\lambda_{cm} = 17,5 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ – теплопровідність нержавіючої сталі [1];

$r_{забр,1} = 0,00017 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$ – термічний опір забруднення води [1];

					Розрахунки, що підтверджують працездатність обладнання	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

$r_{забр.2} = 0,00017$ Вт/(м²·К) - термічний опір забруднення розсолу [1].

Розраховуємо потрібну поверхню теплообміну:

$$F_a = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{6913,5}{342 \cdot 12} = 1,68 \text{ м}^2 \quad (5.93)$$

Приймаємо найближчу стандартну поверхню теплообміну $F'_a = 1,8 \text{ м}^2$

5.2.1.2 Конструктивний розрахунок першої секції

Мета розрахунку: вибір необхідної кількості пластин та схеми їх компоновки та перевірка правильності їх вибору.

Площа поперечного перерізу пакета:

$$f_{ni} = \frac{V_i}{W_i}, \quad (5.94)$$

по стороні ходу води: $f_{n1} = \frac{V_1}{W_1} = \frac{0,00011}{0,016} = 0,006875 \text{ м}^2;$

по стороні ходу розсолу: $f_{n2} = \frac{V_2}{W_2} = \frac{0,00024}{0,038} = 0,006316 \text{ м}^2;$

Кількість каналів в одному пакеті:

$$m_i = \frac{f_{ni}}{f_i}, \quad (5.95)$$

- для води: $m_1 = \frac{f_{n1}}{f_1} = \frac{0,006875}{0,0011} = 6,25$

Приймаємо: $m_1 = 6$.

- для розсолу: $m_2 = \frac{f_{n2}}{f_2} = \frac{0,006316}{0,0011} = 5,74$

Приймаємо $m_2 = 6$.

Число пластин в одному пакеті: $n_i = 2 \cdot m_i \quad (5.96)$

$n_1 = 2 \cdot m_1 = 2 \cdot 6 = 12;$

$n_2 = 2 \cdot m_2 = 2 \cdot 6 = 12;$

Поверхня теплообміну одного пакета: $F_i = F_i \cdot n_i \quad (5.97)$

					Розрахунки, що підтверджують працездатність обладнання	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_{n1} = F_1 \cdot n_1 = 0,3 \cdot 12 = 3,6 \text{ м}^2;$$

$$F_{n2} = F_1 \cdot n_2 = 0,3 \cdot 12 = 3,6 \text{ м}^2;$$

Кількість пакетів в апараті:

$$\text{по стороні ходу води: } X_1 = \frac{F'_a}{F_{n1}} = \frac{1,8}{3,6} = 0,5;$$

$$\text{по стороні ходу розсолу: } X_2 = \frac{F'_a}{F_{n2}} = \frac{1,8}{3,6} = 0,5;$$

Число пластин в апараті:

$$n = \frac{F'_a + 2 \cdot F_1}{F_1} = \frac{1,8 + 2 \cdot 0,3}{0,3} = 8 \text{ шт.} \quad (5.98)$$

Схема компоновки пластин в апараті: $C \times \frac{3}{4}$

Фактична площа поперечного перерізу пакетів для прийнятого апарата:

$$f_n = m_1 \cdot f_1 = 3 \cdot 0,0011 = 0,0033 \text{ м}^2; \quad (5.99)$$

Фактична швидкість води і розсолу відповідно:

$$W_i = \frac{V_i}{f_n} \quad (5.100)$$

$$W_1 = \frac{V_1}{f_n} = \frac{0,00011}{0,0033} = 0,033 \text{ м/с};$$

$$W_2 = \frac{V_2}{f_n} = \frac{0,00024}{0,0033} = 0,073 \text{ м/с};$$

Провіримо величину вибраної поверхні теплообміну при фактичних швидкостях робочих середовищ використовуючи формули (4.86)-(4.93):

$$Re_1 = \frac{W_1 \cdot d_e}{\nu_1} = \frac{0,033 \cdot 0,008}{1,236 \cdot 10^{-6}} = 214;$$

$$Re_2 = \frac{W_2 \cdot d_e}{\nu_2} = \frac{0,073 \cdot 0,008}{3,61 \cdot 10^{-6}} = 162;$$

Критерій Нусельта:

$$Nu_1 = 0,135 \cdot Re_1^{0,73} \cdot Pr_1^{0,43} = 0,135 \cdot 214^{0,73} \cdot 8,7^{0,43} = 17$$

$$Nu_2 = 0,135 \cdot Re_2^{0,73} \cdot Pr_2^{0,43} = 0,135 \cdot 162^{0,73} \cdot 25,7^{0,43} = 22,4$$

					Розрахунки, що підтверджують працездатність обладнання	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт тепловіддачі розсолу і води:

$$\alpha_1 = \frac{Nu_1 \cdot \lambda_1}{d_e} = \frac{17 \cdot 0,593}{0,008} = 1260 \quad \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$\alpha_2 = \frac{Nu_2 \cdot \lambda_2}{d_e} = \frac{22,4 \cdot 0,496}{0,008} = 1386 \quad \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Коефіцієнт теплопередачі буде дорівнювати:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{1260} + 0,000402 + \frac{1}{1386}} = 526 \quad \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Поверхня теплообміну:

$$F_p' = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{6913,5}{526 \cdot 12} = 1,12 \quad \text{м}^2$$

Отже, вибраний стандартний теплообмінник з поверхнею теплообміну $F = 1,8 \text{ м}^2$ і схема компоновки задовольняють заданим вихідним умовам.

5.2.1.3 Гідромеханічний розрахунок першої секції

Мета розрахунку: визначення потужності необхідної для подолання гідравлічних опорів та вибір насосів.

Коефіцієнт загального гідравлічного опору одиниці відносної довжини каналу:

$$\xi_1 = \frac{22,4}{Re_1^{0,25}} = \frac{22,4}{214^{0,25}} = 5,8 \quad \text{- для води;}$$

$$\xi_2 = \frac{22,4}{Re_2^{0,25}} = \frac{22,4}{162^{0,25}} = 6,3 \quad \text{- для розсолу;}$$

Швидкість у штуцерах на вході і виході:

$$W_{iu} = \frac{V_i}{f_\alpha}, \quad (5.101)$$

$$W_{1iu} = \frac{V_1}{f_\alpha} = \frac{0,00011}{0,0045} = 0,024 \text{ м}/\text{с} < 2,5 \text{ м}/\text{с}$$

$$W_{2iu} = \frac{V_2}{f_\alpha} = \frac{0,00024}{0,0045} = 0,53 \text{ м}/\text{с} < 2,5 \text{ м}/\text{с}$$

					Розрахунки, що підтверджують працездатність обладнання	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

де $f_\alpha = 0,0045 \text{ м}^2$ - площа поперечного перерізу колектора (кутовий отвір на пластині).

Оскільки, швидкість у штуцерах на вході і виході задовольняє умові $W_{1,2u} < 2,5$ м/с, то при розрахунку гідравлічного опору для кожного теплоносія, місцеві опори в штуцерах не враховуємо.

$$\Delta p'_i = x_i \xi_i \frac{L}{d_e} \frac{\rho_i \cdot W_i^2}{2}, \quad (5.102)$$

Маємо

$$\Delta p'_1 = x_1 \xi_1 \frac{L}{d_e} \frac{\rho_1 \cdot W_1^2}{2} = \frac{1 \cdot 5,8 \cdot 1,12 \cdot 1000 \cdot 0,033^2}{0,008 \cdot 2} = 0,055 \text{ МПа};$$

$$\Delta p'_2 = x_2 \xi_2 \frac{L}{d_e} \frac{\rho_2 \cdot W_2^2}{2} = \frac{1 \cdot 6,3 \cdot 1,12 \cdot 1239 \cdot 0,073^2}{0,008 \cdot 2} = 0,073 \text{ МПа};$$

Співставимо задані максимально допустимі гідравлічні опори з розрахованими:

- Максимально допустимий гідравлічний

опір в сторону руху води $\Delta P_1 = 0,12 \text{ МПа};$

- Максимально допустимий гідравлічний

опір в сторону руху розсолу $\Delta P_2 = 0,14 \text{ МПа};$

$$\frac{\Delta P_{зад.}}{\Delta P_{роз.}} \geq 1; \quad \frac{0,12}{0,055} = 2,2; \quad \frac{0,14}{0,073} = 1,9, \quad (5.103)$$

що задовольняє заданим умовам.

Потужність, яка потрібна для подолання гідравлічних опорів при прокачуванні розсолу і води через теплообмінник:

$$N_1 = \frac{V_1 \cdot \Delta P_1}{\eta_1} = \frac{0,00011 \cdot 55000}{0,74} = 8,2 \text{ Вт};$$

$$N_2 = \frac{V_2 \cdot \Delta P_2}{\eta_2} = \frac{0,00024 \cdot 73000}{0,74} = 23,7 \text{ Вт};$$

де η_{1-2} - коефіцієнти корисної дії насосів;

					Розрахунки, що підтверджують працездатність обладнання	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\eta_{1-2} = 0,74$ – насос 6К-86 [9].

5.2.2 Розрахунок другої секції

5.2.2.1 Тепловий розрахунок другої секції

Мета розрахунку: визначення необхідної поверхні теплообміну

Тепловий розрахунок 2-ої секції ведемо аналогічно розрахунку першої секції за формулами (5.81)-(5.103).

Вихідні дані:

Продуктивність апарата (по ДМА) $G_1 = 24$ кг/ГОД

Початкова температура ДМА $t_1' = 60$ °C;

Кінцева температура ДМА $t_1'' = 10$ °C;

Початкова температура розсолу $t_2' = 4$ °C;

Кінцева температура розсолу $t_2'' = 5$ °C;

Складаємо температурну схему при протитоку, тобто розсіл і ДМА рухаються в різних напрямках:

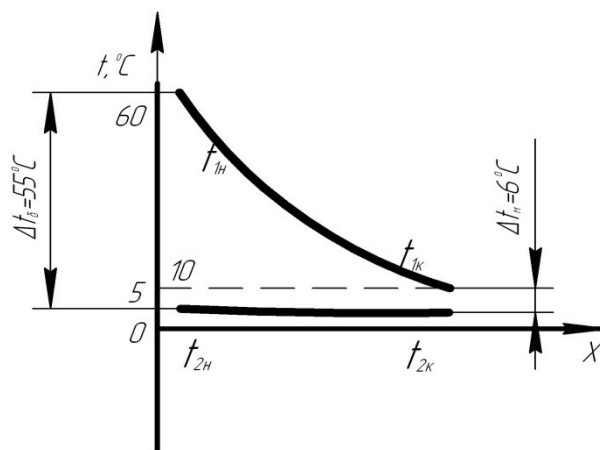


Рис.5.4 Схема зміни температур теплоносіїв

60 °C → 10 °C

5 °C ← 4 °C

$\Delta t_{\delta} = 55$ °C, $\Delta t_m = 6$ °C

					Розрахунки, що підтверджують працездатність обладнання	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\frac{\Delta t_{\bar{\theta}}}{\Delta t_m} > 2$$

Визначаємо середньо логарифмічну різницю температур:

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\bar{\theta}} - \Delta t_m}{\ln \frac{\Delta t_{\bar{\theta}}}{\Delta t_m}} = \frac{55 - 6}{\ln \frac{55}{6}} = 22 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Середня температура ДМА:

$$t_1 = \frac{t_1' + t_1''}{2} = \frac{60 + 10}{2} = 35 \text{ } ^\circ\text{C},$$

де $t_2 = 4,5 \text{ } ^\circ\text{C}$ середня температура розсолу.

Теплофізичні властивості ДМА при $t_1 = 35 \text{ } ^\circ\text{C}$:

Теплофізичні властивості ДМА [1]

<i>Параметри</i>	<i>Значення</i>
Питома теплоємність ДМА	$c_1 = 1530 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$
Густина ДМА	$\rho_1 = 2,01 \text{ кг}/\text{м}^3$
Коефіцієнт теплопровідності	$\lambda_1 = 0,0233 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$
Кінематична в'язкість	$\nu_1 = 0,0081 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{с}$
Динамічна в'язкість	$\mu_1 = 0,0162 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$

Теплофізичні властивості розсолу:

При середній температурі $t_2 = 4,5 \text{ } ^\circ\text{C}$

Теплофізичні властивості розсолу [1].

<i>Параметри</i>	<i>Значення</i>
Питома теплоємність розсолу	$c_2 = 2891 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$
Густина розсолу	$\rho_2 = 1237 \text{ кг}/\text{м}^3$
Коефіцієнт теплопровідності	$\lambda_2 = 0,512 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$
Кінематична в'язкість	$\nu_2 = 3,16 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$
Динамічна в'язкість	$\mu_2 = 3,915 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$

					Розрахунки, що підтверджують працездатність обладнання	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Кількість теплоти, яка передається від ДМА до розсолу:

$$Q = G_1 \cdot c_1 (t_1' - t_1'') = 0,0068 \cdot 1530(60 - 10) = 520 \text{ Вт};$$

Витрати розсолу:

$$G_2 = \frac{Q}{c_2 \cdot (t_2'' - t_2')} = \frac{520}{2891(5 - 4)} = 0,18 \text{ кг/с};$$

Об'ємні витрати розсолу:

$$V_2 = \frac{G_2}{\rho_2} = \frac{0,18}{1239} = 0,145 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с};$$

Раціональна швидкість руху ДМА в каналах теплообмінника:

$\alpha_1' = 50 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ - орієнтовний коефіцієнт тепловіддачі [1];

$$t_{cm} = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{35 + 4,5}{2} = 19,75 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$\xi_1 = 5,2,$$

де ξ - коефіцієнт загального гідравлічного опору (в даному випадку для ДМА).

Тоді швидкість ДМА в каналах,

$$W_1 = 2^3 \sqrt{\frac{\alpha_1' (t_1 - t_{cm}) \Delta P_1}{c_1' (t_1' - t_1'') \rho_1^2 \xi_1}} = 2^3 \sqrt{\frac{50 \cdot (35 - 19,75) \cdot 0,08 \cdot 10^6}{1530 \cdot (60 - 10) \cdot 2,01^2 \cdot 5,2}} = 0,34 \text{ м/с};$$

Визначимо критерій Рейнольдса:

$$Re_1 = \frac{w_1 \cdot d_e}{\nu_1} = \frac{0,34 \cdot 0,008}{0,0081 \cdot 10^{-3}} = 336$$

Перевіримо прийняте значення коефіцієнта загального гідравлічного опору:

$$\xi_1 = \frac{22,4}{(336)^{0,25}} = 5,12$$

Критерій Прандля:

$$Pr_1 = \frac{c_1 \cdot \mu_1}{\lambda_1} = \frac{1530 \cdot 0,0162 \cdot 10^{-3}}{0,0121} = 2$$

Критерій Нуссельта:

$$Nu_1 = 0,135 \cdot Re_1^{0,73} \cdot Pr_1^{0,43} = 0,135 \cdot 336^{0,73} \cdot 2^{0,43} = 12,7$$

Коефіцієнт тепловіддачі ДМА:

					Розрахунки, що підтверджують працездатність обладнання	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

$$\alpha_1 = \frac{Nu_1 \cdot \lambda_1}{d_e} = \frac{12,7 \cdot 0,0121}{0,008} = 19,2 \quad \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Раціональна швидкість руху розсолу в каналах теплообмінника:

$$\alpha_2' = 3500 \quad \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) - \text{орієнтовний коефіцієнт тепловіддачі [1];}$$

$$t_{cm} = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{35 + 4,5}{2} = 19,75 \quad \text{°С};$$

$\xi_2 = 7,4$, де ξ – коефіцієнт загального гідравлічного опору.

Тоді швидкість розсолу в каналах,

$$W_2 = 2,3 \sqrt{\frac{\alpha_2'(t_{cm} - t_2) \Delta P_2}{c_2'(t_2' - t_2'') \rho_2^2 \xi_2}} = 2,3 \sqrt{\frac{3500 \cdot (19,75 - 4,5) \cdot 0,14 \cdot 10^6}{2891 \cdot (5 - 4) \cdot 1237^2 \cdot 7,4}} = 0,061 \quad \text{м/с};$$

Визначимо критерій Рейнольдса:

$$Re_2 = \frac{w_2 \cdot d_e}{\nu_2} = \frac{0,061 \cdot 0,008}{3,16 \cdot 10^{-6}} = 154$$

Перевіримо прийняте значення коефіцієнта загального гідравлічного опору:

$$\xi_2 = \frac{22,4}{(154)^{0,25}} = 7,28$$

Критерій Прандля:

$$Pr_2 = \frac{c_2 \cdot \mu_2}{\lambda_2} = \frac{2891 \cdot 3,915 \cdot 10^{-3}}{0,512} = 22,1$$

Критерій Нуссельта:

$$Nu_2 = 0,135 \cdot Re_2^{0,73} \cdot Pr_2^{0,43} = 0,135 \cdot 154^{0,73} \cdot 22,1^{0,43} = 20,2$$

Коефіцієнт тепловіддачі розсолу:

$$\alpha_2 = \frac{Nu_2 \cdot \lambda_2}{d_e} = \frac{20,2 \cdot 0,512}{0,008} = 1293 \quad \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Коефіцієнт теплопередачі буде дорівнювати:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{19,2} + 0,000402 + \frac{1}{1293}} = 18,8 \quad \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Сума термічних опорів гофрованої пластини із нержавіючої сталі

товщиною 1,0 мм:

					Розрахунки, що підтверджують працездатність обладнання	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sum \frac{\delta}{\lambda} = \frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}} + r_{забр.1} + r_{забр.2} = \frac{0,001}{17,5} + \frac{1}{5800} + \frac{1}{5800} = 0,000402 \quad \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}),$$

де $\delta_{cm} = 0,001 \text{ м}$ – товщина пластини;

$\lambda_{cm} = 17,5 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ - теплопровідність нержавіючої сталі [1];

$r_{забр.1} = 0,00017 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ - термічний опір забруднення в ДМА [1];

$r_{забр.2} = 0,00017 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ - термічний опір забруднення розсолу [1].

Розраховуємо потрібну поверхню теплообміну:

$$F_a = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{520}{18,8 \cdot 22} = 1,26 \quad \text{м}^2$$

Приймаємо найближчу стандартну поверхню теплообміну $F'_a = 1,8 \text{ м}^2$

5.2.2.2 Конструктивний розрахунок другої секції

Мета розрахунку: вибір необхідної кількості пластин та схеми їх компоновки та перевірка правильності їх вибору.

Площа поперечного перерізу пакета:

по стороні ходу ДМА: $f_{n1} = \frac{V_1}{W_1} = \frac{0,0034}{0,34} = 0,01 \quad \text{м}^2;$

по стороні ходу розсолу: $f_{n2} = \frac{V_2}{W_2} = \frac{0,000145}{0,061} = 0,00238 \quad \text{м}^2;$

Кількість каналів в одному пакеті:

- для ДМА: $m_1 = \frac{f_{n1}}{f_1} = \frac{0,01}{0,0011} = 9,1$

Приймаємо: $m_1 = 10$.

- для розсолу: $m_2 = \frac{f_{n2}}{f_2} = \frac{0,00238}{0,0011} = 2,16$

Приймаємо $m_2 = 2$.

Число пластин в одному пакеті:

$n_1 = 2 \cdot m_1 = 2 \cdot 10 = 20$;

$n_2 = 2 \cdot m_2 = 2 \cdot 2 = 4$;

					Розрахунки, що підтверджують працездатність обладнання	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Поверхня теплообміну одного пакета:

$$F_{n1} = F_1 \cdot n_1 = 0,3 \cdot 20 = 6 \text{ м}^2;$$

$$F_{n2} = F_1 \cdot n_2 = 0,3 \cdot 4 = 1,2 \text{ м}^2;$$

Кількість пакетів в апараті:

$$\text{по стороні ходу ДМА: } X_1 = \frac{F'_a}{F_{n1}} = \frac{1,8}{6} = 0,3;$$

$$\text{по стороні ходу розсолу: } X_2 = \frac{F'_a}{F_{n2}} = \frac{1,8}{1,2} = 1,5;$$

Число пластин в апараті:

$$n = \frac{F'_a + 2 \cdot F_1}{F_1} = \frac{1,8 + 2 \cdot 0,3}{0,3} = 8 \text{ шт.}$$

Схема компоновки пластин в апараті: $C \times \frac{3}{4}$

Фактична площа поперечного перерізу пакетів для прийнятого апарата:

$$f_n = m_1 \cdot f_1 = 3 \cdot 0,0011 = 0,0033 \text{ м}^2;$$

Фактична швидкість ДМА і розсолу відповідно:

$$W_1 = \frac{V_1}{f_n} = \frac{0,0034}{0,0033} = 1,03 \text{ м/с};$$

$$W_2 = \frac{V_2}{f_n} = \frac{0,000145}{0,0033} = 0,044 \text{ м/с};$$

Провіримо величину вибраної поверхні теплообміну при фактичних швидкостях робочих середовищ:

$$Re_1 = \frac{W_1 \cdot d_e}{\nu_1} = \frac{1,03 \cdot 0,008}{0,0081 \cdot 10^{-3}} = 1017;$$

$$Re_2 = \frac{W_2 \cdot d_e}{\nu_2} = \frac{0,044 \cdot 0,008}{3,16 \cdot 10^{-6}} = 111;$$

Критерій Нусельта:

$$Nu_1 = 0,135 \cdot Re_1^{0,73} \cdot Pr_1^{0,43} = 0,135 \cdot 1017^{0,73} \cdot 2^{0,43} = 28,5$$

$$Nu_2 = 0,135 \cdot Re_2^{0,73} \cdot Pr_2^{0,43} = 0,135 \cdot 111^{0,73} \cdot 22,1^{0,43} = 16$$

Коефіцієнт тепловіддачі розсолу і води:

					Розрахунки, що підтверджують працездатність обладнання	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

$$\alpha_1 = \frac{Nu_1 \cdot \lambda_1}{d_e} = \frac{28,5 \cdot 0,0121}{0,008} = 43 \quad \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$\alpha_2 = \frac{Nu_2 \cdot \lambda_2}{d_e} = \frac{16 \cdot 0,512}{0,008} = 1024 \quad \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Коефіцієнт теплопередачі буде дорівнювати:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{43} + 0,000402 + \frac{1}{1024}} = 40,6 \quad \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Поверхня теплообміну:

$$F_p' = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{520}{40,6 \cdot 22} = 0,6 \quad \text{м}^2$$

Отже, вибраний стандартний теплообмінник з поверхнею теплообміну $F = 1,8 \text{ м}^2$ і схема компоновки задовольняють заданим вихідним умовам.

5.2.2.3 Гідромеханічний розрахунок другої секції

Мета розрахунку: визначення потужності необхідної для подолання гідравлічних опорів та вибір насосів.

Коефіцієнт загального гідравлічного опору одиниці відносної довжини каналу:

$$\xi_1 = \frac{22,4}{Re_1^{0,25}} = \frac{22,4}{1017^{0,25}} = 4 \quad \text{- для ДМА;}$$

$$\xi_2 = \frac{22,4}{Re_2^{0,25}} = \frac{22,4}{111^{0,25}} = 6,9 \quad \text{- для розсолу;}$$

Швидкість у штуцерах на вході і виході:

$$W_{1ш} = \frac{V_1}{f_\alpha} = \frac{0,0034}{0,0045} = 0,76 \text{ м}/\text{с} < 2,5 \text{ м}/\text{с}$$

$$W_{2ш} = \frac{V_2}{f_\alpha} = \frac{0,000145}{0,0045} = 0,032 \text{ м}/\text{с} < 2,5 \text{ м}/\text{с}$$

де $f_\alpha = 0,0045 \text{ м}^2$ - площа поперечного перерізу колектора (кутовий отвір на пластині).

					Розрахунки, що підтверджують працездатність обладнання	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оскільки, швидкість у штуцерах на вході і виході задовольняє умові $W_{1,2ш} < 2,5$ м/с, то при розрахунку гідравлічного опору для кожного теплоносія, місцеві опори в штуцерах не враховуємо.

Маємо

$$\Delta p_1' = x_1 \xi_1 \frac{L}{d_e} \frac{\rho_1 \cdot W_1^2}{2} = \frac{1 \cdot 4 \cdot 1,12 \cdot 2,01 \cdot 0,34^2}{0,008 \cdot 2} = 0,004 \text{ МПа};$$

$$\Delta p_2' = x_2 \xi_2 \frac{L}{d_e} \frac{\rho_2 \cdot W_2^2}{2} = \frac{1 \cdot 6,9 \cdot 1,12 \cdot 1239 \cdot 0,13^2}{0,008 \cdot 2} = 0,014 \text{ МПа};$$

Співставимо задані максимально допустимі гідравлічні опори з розрахованими:

Максимально допустимий гідравлічний

опір в сторону руху ДМА $\Delta P_1 = 0,08$ МПа;

Максимально допустимий гідравлічний

опір в сторону руху розсолу $\Delta P_2 = 0,14$ МПа;

$$\frac{\Delta P_{зад.}}{\Delta P_{роз.}} \geq 1 \quad ; \quad \frac{0,08}{0,004} = 20 \quad ; \quad \frac{0,14}{0,014} = 10 \quad ,$$

що задовольняє заданим умовам.

Потужність, яка потрібна для подолання гідравлічних опорів при прокачуванні розсолу і води через теплообмінник:

$$N_1 = \frac{V_1 \cdot \Delta P_1}{\eta_1} = \frac{0,0034 \cdot 4000}{0,74} = 1,8 \text{ Вт};$$

$$N_2 = \frac{V_2 \cdot \Delta P_2}{\eta_2} = \frac{0,000145 \cdot 14000}{0,74} = 3 \text{ Вт},$$

де η_{1-2} – коефіцієнти корисної дії насосів;

$\eta_{1-2} = 0,74$ – насос 6К-86 [9].

5.2.3 Розрахунок третьої секції

5.2.3.1 Тепловий розрахунок третьої секції

					Розрахунки, що підтверджують працездатність обладнання	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Мета розрахунку: визначення необхідної поверхні теплообміну

Тепловий розрахунок третьої секції ведемо аналогічно розрахунку першої та другої секцій за формулами (5.81)-(5.103).

Вихідні дані:

Продуктивність апарата (по ДМА) $G_1 = 84$ кг/ГОД;

Початкова температура ДМА $t_1' = 20$ °С;

Кінцева температура ДМА $t_1'' = 10$ °С;

Початкова температура розсолу $t_2' = 4$ °С;

Кінцева температура розсолу $t_2'' = 5$ °С;

Складаємо температурну схему при протитоку, тобто розсіл і ДМА рухаються в різних напрямках:

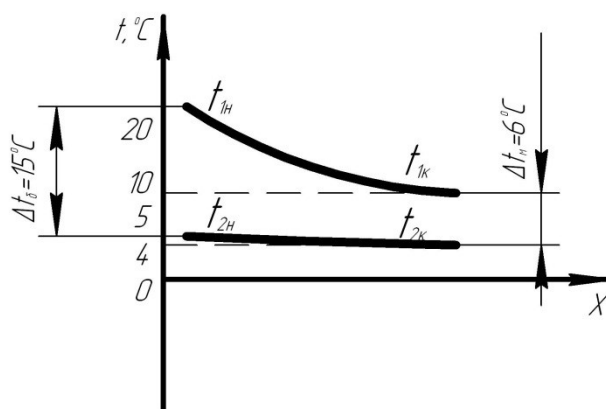


Рис.5.5 Схема зміни температур теплоносіїв

20 °С → 10 °С

5 °С ← 4 °С

$\Delta t_{\delta} = 15$ °С, $\Delta t_{\text{m}} = 6$ °С

$$\frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\text{m}}} > 2$$

Визначаємо середньологарифмічну різницю температур:

$$\Delta t_{\text{cp}} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{\text{m}}}{\ln \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\text{m}}}} = \frac{15 - 6}{\ln \frac{15}{6}} = 10 \text{ } ^{\circ}\text{C}$$

Середня температура ДМА:

					Розрахунки, що підтверджують працездатність обладнання	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$t_1 = \frac{t_1' + t_1''}{2} = \frac{20 + 10}{2} = 15 \text{ } ^\circ\text{C},$$

де $t_2 = 4,5 \text{ } ^\circ\text{C}$ - середня температура розсолу.

Теплофізичні властивості ДМА при $t_1 = 14,5 \text{ } ^\circ\text{C}$:

Теплофізичні властивості ДМА [1]

Параметри	Значення
Питома теплоємність ДМА	$c_1 = 1521 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$
Густина ДМА	$\rho_1 = 1,99 \text{ кг}/\text{м}^3$
Коефіцієнт теплопровідності	$\lambda_1 = 0,0136 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$
Кінематична в'язкість	$\nu_1 = 0,0086 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2/\text{с}$
Динамічна в'язкість	$\mu_1 = 0,0172 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$

Теплофізичні властивості расолу:

При середній температурі $t_2 = 4,5 \text{ } ^\circ\text{C}$

Теплофізичні властивості розсолу [1].

<i>Параметри</i>	<i>Значення</i>
Питома теплоємність розсолу	$c_2 = 2891 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$
Густина розсолу	$\rho_2 = 1237 \text{ кг}/\text{м}^3$
Коефіцієнт теплопровідності	$\lambda_2 = 0,512 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$
Кінематична в'язкість	$\nu_2 = 3,16 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$
Динамічна в'язкість	$\mu_2 = 3,915 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$

Кількість теплоти, яка передається від ДМА до розсолу:

$$Q = G_1 \cdot c_1 (t_1' - t_1'') = 0,023 \cdot 1521 (20 - 10) = 350 \text{ Вт};$$

Витрати розсолу:

					Розрахунки, що підтверджують працездатність обладнання	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

$$G_2 = \frac{Q}{c_2 \cdot (t_2'' - t_2')} = \frac{350}{2891(5-4)} = 0,12 \text{ кг/с;}$$

Об'ємні витрати розсолу:

$$V_2 = \frac{G_2}{\rho_2} = \frac{0,12}{1239} = 0,097 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с;}$$

Раціональна швидкість руху ДМА в каналах теплообмінника:

$$\alpha_1' = 50 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) - \text{орієнтовний коефіцієнт тепловіддачі [1];}$$

$$t_{cm} = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{15 + 4,5}{2} = 9,75 \text{ }^\circ\text{C;}$$

$$\xi_1 = 5,2,$$

де ξ - коефіцієнт загального гідравлічного опору (в даному випадку для ДМА).

Тоді швидкість ДМА в каналах,

$$W_1 = 2,3 \sqrt{\frac{\alpha_1'(t_1 - t_{cm})\Delta P_1}{c_1'(t_1' - t_1'')\rho_1^2 \xi_1}} = 2,3 \sqrt{\frac{50 \cdot (15 - 9,75) \cdot 0,08 \cdot 10^6}{1521 \cdot (20 - 10) \cdot 1,99^2 \cdot 5,2}} = 0,43 \text{ м/с;}$$

Визначимо критерій Рейнольдса:

$$Re_1 = \frac{w_1 \cdot d_e}{\nu_1} = \frac{0,43 \cdot 0,008}{0,0086 \cdot 10^{-3}} = 400$$

Перевіримо прийняте значення коефіцієнта загального гідравлічного опору:

$$\xi_1 = \frac{22,4}{(400)^{0,25}} = 5$$

Критерій Прандля:

$$Pr_1 = \frac{c_1 \cdot \mu_1}{\lambda_1} = \frac{1521 \cdot 0,0172 \cdot 10^{-3}}{0,0136} = 1,9$$

Критерій Нусельта:

$$Nu_1 = 0,135 \cdot Re_1^{0,73} \cdot Pr_1^{0,43} = 0,135 \cdot 400^{0,73} \cdot 1,9^{0,43} = 14,1$$

Коефіцієнт тепловіддачі води:

$$\alpha_1 = \frac{Nu_1 \cdot \lambda_1}{d_e} = \frac{14,1 \cdot 0,0136}{0,008} = 24 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Раціональна швидкість руху розсолу в каналах теплообмінника:

					Розрахунки, що підтверджують працездатність обладнання	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\alpha'_2 = 3500$ Вт/(м²·К) - орієнтовний коефіцієнт тепловіддачі [1];

$$t_{cm} = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{15 + 4,5}{2} = 9,75 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$\xi_2 = 7,4$, де ξ - коефіцієнт загального гідравлічного опору.

Тоді швидкість розсолу в каналах,

$$W_2 = 2,3 \sqrt{\frac{\alpha'_2(t_{cm} - t_2)\Delta P_2}{c'_2(t'_2 - t_2)\rho_2^2 \xi_2}} = 2,3 \sqrt{\frac{3500 \cdot (9,75 - 4,5) \cdot 0,14 \cdot 10^6}{2891 \cdot (5 - 4) \cdot 1237^2 \cdot 7,4}} = 0,04 \text{ м/с};$$

Визначимо критерій Рейнольдса:

$$Re_2 = \frac{w_2 \cdot d_e}{\nu_2} = \frac{0,04 \cdot 0,008}{3,16 \cdot 10^{-6}} = 101$$

Перевіримо прийняте значення коефіцієнта загального гідравлічного опору:

$$\xi_2 = \frac{22,4}{(101)^{0,25}} = 7,34$$

Критерій Прандля:

$$Pr_2 = \frac{c_2 \cdot \mu_2}{\lambda_2} = \frac{2891 \cdot 3,915 \cdot 10^{-3}}{0,512} = 22,1$$

Критерій Нусельта:

$$Nu_2 = 0,135 \cdot Re_2^{0,73} \cdot Pr_2^{0,43} = 0,135 \cdot 101^{0,73} \cdot 22,1^{0,43} = 15$$

Коефіцієнт тепловіддачі води:

$$\alpha_2 = \frac{Nu_2 \cdot \lambda_2}{d_e} = \frac{15 \cdot 0,512}{0,008} = 950 \text{ Вт/(м}^2\text{·К)}$$

Коефіцієнт теплопередачі буде дорівнювати:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{24} + 0,000402 + \frac{1}{950}} = 23,2 \text{ Вт/(м}^2\text{·К)}$$

Сума термічних опорів гофрованої пластини із нержавіючої сталі

товщиною 1,0 мм:

$$\sum \frac{\delta}{\lambda} = \frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}} + r_{забр1} + r_{забр2} = \frac{0,001}{17,5} + \frac{1}{5800} + \frac{1}{5800} = 0,000402 \text{ Вт/(м}^2\text{·К)},$$

де $\delta_{cm} = 0,001$ м - товщина пластини;

$\lambda_{cm} = 17,5$ Вт/(м·К) - теплопровідність нержавіючої сталі [1];

					Розрахунки, що підтверджують працездатність обладнання	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

$r_{забр1} = 0,00017$ Вт/(м²·К) - термічний опір забруднення ДМА [1];

$r_{забр2} = 0,00017$ Вт/(м²·К) - термічний опір забруднення розсолу [1].

Розраховуємо потрібну поверхню теплообміну:

$$F_a = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{350}{23,2 \cdot 10} = 1,5 \text{ м}^2$$

Приймаємо найближчу стандартну поверхню теплообміну $F'_a = 1,8 \text{ м}^2$

5.2.3.2 Конструктивний розрахунок третьої секції

Мета розрахунку: вибір необхідної кількості пластин та схеми їх компоновки та перевірка правильності їх вибору.

Площа поперечного перерізу пакета:

по стороні ходу ДМА: $f_{n1} = \frac{V_1}{W_1} = \frac{0,01156}{0,043} = 0,00814 \text{ м}^2;$

по стороні ходу розсолу: $f_{n2} = \frac{V_2}{W_2} = \frac{0,000097}{0,04} = 0,002425 \text{ м}^2;$

Кількість каналів в одному пакеті:

- для ДМА: $m_1 = \frac{f_{n1}}{f_1} = \frac{0,00814}{0,0011} = 7,4$

Приймаємо: $m_1 = 8$.

- для розсолу: $m_2 = \frac{f_{n2}}{f_2} = \frac{0,002425}{0,0011} = 2,2$

Приймаємо $m_2 = 2$.

Число пластин в одному пакеті:

$$n_1 = 2 \cdot m_1 = 2 \cdot 8 = 16;$$

$$n_2 = 2 \cdot m_2 = 2 \cdot 2 = 4;$$

Поверхня теплообміну одного пакета:

$$F_{n1} = F_1 \cdot n_1 = 0,3 \cdot 16 = 4,8 \text{ м}^2;$$

$$F_{n2} = F_1 \cdot n_2 = 0,3 \cdot 4 = 1,2 \text{ м}^2;$$

Кількість пакетів в апараті:

					Розрахунки, що підтверджують працездатність обладнання	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

$$X_1 = \frac{F'_a}{F_{n1}} = \frac{1,8}{4,8} = 0,375$$

по стороні ходу ДМА:

$$X_2 = \frac{F'_a}{F_{n2}} = \frac{1,8}{1,2} = 1,5$$

по стороні ходу розсолу:

Число пластин в апараті:

$$n = \frac{F'_a + 2 \cdot F_1}{F_1} = \frac{1,8 + 2 \cdot 0,3}{0,3} = 8 \text{ шт.}$$

Схема компоновки пластин в апараті: $C \times \frac{3}{4}$

Фактична площа поперечного перерізу пакетів для прийнятого апарата:

$$f_n = m_1 \cdot f_1 = 3 \cdot 0,0011 = 0,0033 \text{ м}^2;$$

Фактична швидкість ДМА і розсолу відповідно:

$$W_1 = \frac{V_1}{f_n} = \frac{0,01156}{0,0033} = 3,5 \text{ м/с};$$

$$W_2 = \frac{V_2}{f_n} = \frac{0,000097}{0,0033} = 0,03 \text{ м/с};$$

Провіримо величину вибраної поверхні теплообміну при фактичних швидкостях робочих середовищ:

$$Re_1 = \frac{W_1 \cdot d_e}{\nu_1} = \frac{3,5 \cdot 0,008}{0,0086 \cdot 10^{-3}} = 3256$$

$$Re_2 = \frac{W_2 \cdot d_e}{\nu_2} = \frac{0,03 \cdot 0,008}{3,16 \cdot 10^{-6}} = 81$$

Критерій Нусельта:

$$Nu_1 = 0,135 \cdot Re_1^{0,73} \cdot Pr_1^{0,43} = 0,135 \cdot 3256^{0,73} \cdot 1,9^{0,43} = 65$$

$$Nu_2 = 0,135 \cdot Re_2^{0,73} \cdot Pr_2^{0,43} = 0,135 \cdot 81^{0,73} \cdot 22,1^{0,43} = 12$$

Коефіцієнт тепловіддачі розсолу і води:

$$\alpha_1 = \frac{Nu_1 \cdot \lambda_1}{d_e} = \frac{65 \cdot 0,0136}{0,008} = 110 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

$$\alpha_2 = \frac{Nu_2 \cdot \lambda_2}{d_e} = \frac{12 \cdot 0,512}{0,008} = 768 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

Коефіцієнт теплопередачі буде дорівнювати:

					Розрахунки, що підтверджують працездатність обладнання	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{110} + 0,000402 + \frac{1}{768}} = 92,6 \quad \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Поверхня теплообміну:

$$F_p' = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{350}{92,6 \cdot 10} = 0,38 \quad \text{м}^2$$

Отже, вибраний стандартний теплообмінник з поверхнею теплообміну $F = 1,8 \text{ м}^2$ і схема компоновки задовольняють заданим вихідним умовам.

5.2.3.3 Гідромеханічний розрахунок третьої секції

Мета розрахунку: визначення потужності необхідної для подолання гідравлічних опорів та вибір насосів.

Коефіцієнт загального гідравлічного опору одиниці відносної довжини каналу:

$$\xi_1 = \frac{22,4}{\text{Re}_1^{0,25}} = \frac{22,4}{3256^{0,25}} = 3 \quad \text{- для ДМА;}$$

$$\xi_2 = \frac{22,4}{\text{Re}_2^{0,25}} = \frac{22,4}{81^{0,25}} = 7,4 \quad \text{- для розсолу;}$$

Швидкість у штуцерах на вході і виході:

$$W_{1ш} = \frac{V_1}{f_\alpha} = \frac{0,01156}{0,0045} = 2,4 \text{ м}/\text{с} < 2,5 \text{ м}/\text{с}$$

$$W_{2ш} = \frac{V_2}{f_\alpha} = \frac{0,000097}{0,0045} = 0,021 \text{ м}/\text{с} < 2,5 \text{ м}/\text{с}$$

де $f_\alpha = 0,0045 \text{ м}^2$ - площа поперечного перерізу колектора (кутовий отвір на пластині).

Оскільки, швидкість у штуцерах на вході і виході задовольняє умові $W_{1,2ш} < 2,5 \text{ м}/\text{с}$, то при розрахунку гідравлічного опору для кожного теплоносія, місцеві опори в штуцерах не враховуємо.

Маємо

$$\Delta p_1' = x_1 \xi_1 \frac{L}{d_e} \frac{\rho_1 \cdot W_1^2}{2} = \frac{1 \cdot 3 \cdot 1,12 \cdot 1,99 \cdot 3,5^2}{0,008 \cdot 2} = 0,0056 \quad \text{МПа;}$$

					Розрахунки, що підтверджують працездатність обладнання	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta p_2' = x_2 \xi_2 \frac{L}{d_e} \frac{\rho_2 \cdot W_2^2}{2} = \frac{1 \cdot 7,4 \cdot 1,12 \cdot 1239 \cdot 0,088^2}{0,008 \cdot 2} = 0,038 \text{ МПа};$$

Співставимо задані максимально допустимі гідравлічні опори з розрахованими:

- Максимально допустимий гідравлічний

опір в сторону руху ДМА $\Delta P_1 = 0,08 \text{ МПа};$

- Максимально допустимий гідравлічний

опір в сторону руху розсолу $\Delta P_2 = 0,14 \text{ МПа};$

$$\frac{\Delta P_{\text{зад.}}}{\Delta P_{\text{роз.}}} \geq 1 \quad ; \quad \frac{0,08}{0,0056} = 14,2 \quad ; \quad \frac{0,14}{0,038} = 3,7$$

що задовольняє заданим умовам.

Потужність, яка потрібна для подолання гідравлічних опорів при прокачуванні розсолу і води через теплообмінник:

$$N_1 = \frac{V_1 \cdot \Delta P_1}{\eta_1} = \frac{0,01156 \cdot 5600}{0,74} = 8,7 \text{ Вт};$$

$$N_2 = \frac{V_2 \cdot \Delta P_2}{\eta_2} = \frac{0,000097 \cdot 38000}{0,74} = 5 \text{ Вт},$$

де η_{1-2} – коефіцієнти корисної дії насосів;

$\eta_{1-2} = 0,74$ – насос 6К-86 [9].

5.2.4 Опис руху теплоносіїв в теплообміннику

Схема руху теплоносіїв в пластинчатому теплообміннику зображено на рис.5.6.

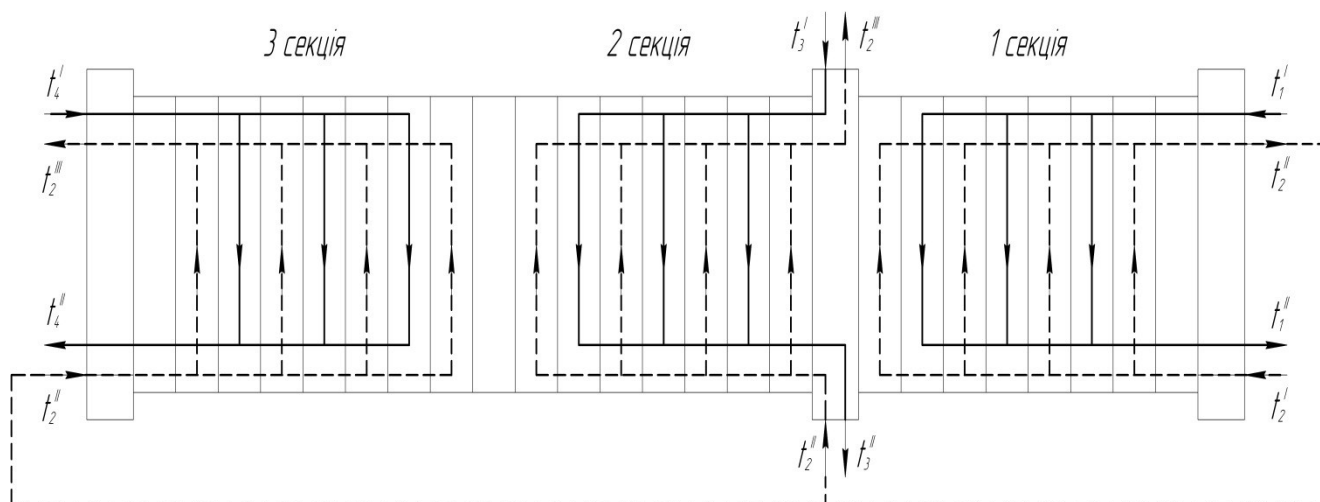


Рис.5.6 Схема руху теплоносіїв

					Розрахунки, що підтверджують працездатність обладнання	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

t_1', t_1'' - вода з температурою $t_1' = 20^\circ C$ на вході та $t_1'' = 5^\circ C$ на виході;

t_2', t_2'' - розсіл з температурою $t_2' = -4^\circ C$ на вході в першу секцію, $t_2'' = 4^\circ C$ на виході з першої секції та на вході в другу та третю секції, $t_2''' = 5^\circ C$ на виході з другої та третьої секцій;

t_3', t_3'' - диметиламін з температурою $t_3' = 60^\circ C$ на вході та $t_3'' = 10^\circ C$ на виході;

t_4', t_4'' - диметиламін з температурою $t_4' = 20^\circ C$ на вході та $t_4'' = 10^\circ C$ на виході;

Рух теплоносіїв організовано таким чином, що розсіл виходячи після охолодження води в першій секції з тією ж температурою розділений на два потоки подається в другу та третю секції для охолодження дитетиламіну.

Таким чином зменшуються витрати розсолу, довжина трубопроводів та енергія яка необхідна для доставки охолоджуючого агенту до місця призначення, тобто до теплообмінника.

5.3 Розрахунок перегінного куба

5.3.1 Матеріальний баланс [2]

Мета розрахунку: визначення об'єму необхідного для ведення процесу перегонки та вибір перегінного кубу.

Матеріальний баланс буде мати вигляд:

$$m_p = m_2 + m_3 + m_4 \quad (5.104)$$

де $m_p = 163$ кг - маса розчину, що поступає на перегонку;

m_2 - маса легкої фракції (дихлоретан-вода);

$m_3 = 122$ кг - маса твердої фракції;

$m_4 = 1$ кг - маса кубового залишку;

З формули (104) знайдемо масу легкої фракції:

$$m_2 = m_p - m_3 + m_1 = 163 - 122 - 1 = 40 \text{ кг} \quad (5.105)$$

Об'єм вихідного розчину дорівнює:

$$V_p = \frac{m_p}{\rho_p} = \frac{163}{849} = 0,192 \text{ м}^3 \quad (4.106)$$

					Розрахунки, що підтверджують працездатність обладнання	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $\rho_p = 848$ кг/м³ - густина вихідного розчину [1].

Обираємо перегінний куб об'ємом 0,2 м³ та внутрішнім діаметром D=0,65 м.

5.3.2 Тепловий баланс [14]

Мета розрахунку: визначення часу необхідного для випаровування необхідної кількості продукту.

Вихідні дані:

- початкова температура розчину - $t_{2n} = 80$ °С,
- кінцева температура розчину - $t_{2к} = 118$ °С,
- гарячий теплоносій – пара.
- початкова температура - $t_{1n} = t_1 = 130$ °С,
- кінцева температура - $t_{1к} = t_1 = 130$ °С,

Рівняння теплового балансу має наступний вигляд:

$$Q = Q_p + Q_n \quad (5.107)$$

де Q_p - теплота, яка витрачається на випарювання необхідної кількості легкої фракції (дихлоретан-вода);

Q_n - витрати теплоти в навколишнє середовище;

Q - кількість теплоти, яка підводиться парою, що конденсується.

Коефіцієнт теплопередачі від розчину до нагріваючої пари через стінку куба:

$$k_p = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}; \quad (5.108)$$

де α_1 - коефіцієнт тепловіддачі від розчину до внутрішньої поверхні куба, Вт/м²К ;

α_2 - коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні куба до пари, Вт/м²К ;

$\frac{\delta}{\lambda}$ - термічний опір стінки;

δ - товщина стінки;

					Розрахунки, що підтверджують працездатність обладнання	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

λ - коефіцієнт теплопровідності стінки.

Середня різниця температур розраховується за формулами (5.12)-(5.14):

$$\Delta t_{\delta} = 50 \text{ }^{\circ}\text{C}, \quad \Delta t_{\text{м}} = 12 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{\text{м}} = t_1 - t_{2\text{н}} = 130 - 118 = 12 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\Delta t_{\delta} = t_1 - t_{2\text{к}} = 130 - 80 = 50 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

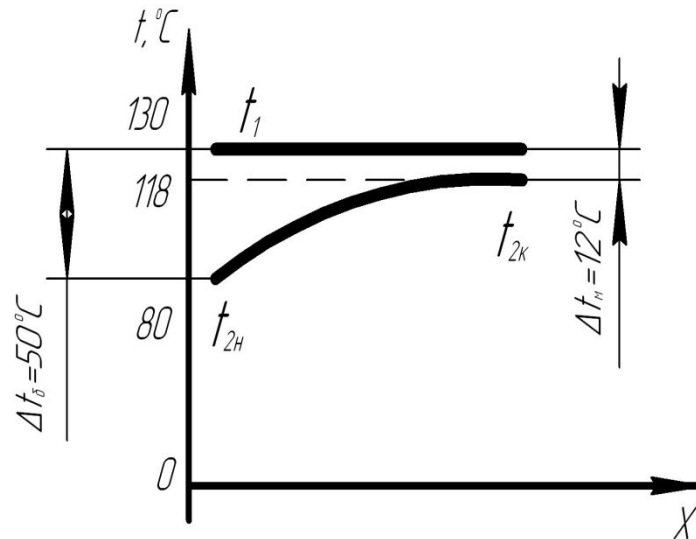


Рис.5.7 Схема зміни температур теплоносіїв

З огляду на те, що $\frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\text{м}}} = \frac{50}{12} = 4,2$, визначаємо середню логарифмічну різницю:

$$\Delta t_{\text{ср}} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{\text{м}}}{\ln \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\text{м}}}} = \frac{50 - 12}{\ln \frac{50}{12}} = 26 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Коефіцієнт тепловіддачі від розчину до внутрішньої поверхні куба:

$$\alpha_1 = b^3 \frac{\rho_p \cdot \lambda_p^3 (\Delta T_{\text{кип}})}{\mu_p \cdot \sigma_p \cdot T_{\text{кип}}} = 0,15^3 \frac{1150 \cdot 0,116^2 \cdot (130 - 99)}{0,251 \cdot 10^{-3} \cdot 18,35 \cdot 10^{-3} \cdot (273 + 99)} = 914 \text{ Вт/(м}^2\text{·К)} \quad (5.109)$$

Фізичні властивості розчину при середній температурі кипіння $t_{\text{кип}} = 99 \text{ }^{\circ}\text{C}$ [1]:

$\mu_p = 0,251 \text{ мПа} \cdot \text{с}$ - динамічний коефіцієнт в'язкості;

$\rho_p = 776 \text{ кг/м}^3$; - густина;

$\lambda_p = 0,116 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ - коефіцієнт теплопровідності;

$\sigma_p = 18,35 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$ - поверхневий натяг;

					Розрахунки, що підтверджують працездатність обладнання	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

коефіцієнт $b = 0,15$

Коефіцієнт тепловіддачі від пари до зовнішньої поверхні куба.

При плівковій конденсації насиченої пари та ламінарному стіканні плівки конденсату під дією сили тяжіння коефіцієнт тепловіддачі розраховують по формулі (5.110):

$$\alpha_2 = 1,15 \cdot \sqrt[4]{\lambda_k^3 \cdot \rho_k^2 \cdot r \cdot g / (\mu_k \cdot \Delta t \cdot l)} = 1,15 \cdot \sqrt[4]{\frac{(68,6 \cdot 10^{-2})^3 \cdot 935^2 \cdot 2170 \cdot 10^3 \cdot 9,81}{0,2838 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 0,66}} = 12940 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

де $\lambda_k = 0,686 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ - коефіцієнт теплопровідності конденсату [1];

$\mu_k = 0,2838 \text{ мПа} \cdot \text{с}$ - динамічний коефіцієнт в'язкості конденсату [1];

$\rho_p = 935 \text{ кг}/\text{м}^3$; - густина конденсату [1];

$g = 9,81 \text{ м}/\text{с}^2$ – прискорення вільного падіння;

$r = 2170 \text{ кДж}/\text{кг}$ - теплота фазового перетворення [1];

$l = 0,66 \text{ м}$ - висота сорочки.

Коефіцієнт теплопередачі буде дорівнювати:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_1}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{914} + \frac{0,008}{46,5} + \frac{1}{12940}} = 744 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

де $\lambda = 46,5 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ - теплопровідність стінки [1];

$\delta_1 = 0,008 \text{ м}$ - товщина стінки.

Отже кількість теплоти Q , що підводиться буде дорівнювати:

$$Q = k \cdot F \cdot \Delta t_{cp} = 744 \cdot 1,5 \cdot 26 = 25147 \text{ Вт} \quad (5.111)$$

де F – середня площа теплообміну.

В процесі випарювання розчину його висота в апараті, а отже й поверхня теплообміну зменшуються. Тому приймаємо середнє значення поверхні теплообміну, яке дорівнює:

$$F = \frac{F_1 + F_2}{2} = \frac{1,5 + 1,1}{2} = 1,3 \text{ м}^2, \quad (5.112)$$

де $F_1 = 1,5 \text{ м}^2$ - площа теплопередачі на початку випарювання;

					Розрахунки, що підтверджують працездатність обладнання	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$F_1 = 1,1 \text{ м}^2$ - площа теплопередачі в кінці випарювання;

Коефіцієнт теплопередачі від пари, що конденсується до навколишнього середовища через стінку сорочки апарату розраховуємо за формулами (5.28)-
(5.33)

$$k_n = \frac{1}{1/\alpha_2 + \sum \delta_2/\lambda + 1/\alpha_3};$$

де α_2 - коефіцієнт тепловіддачі від пари до внутрішньої поверхні сорочки, Вт/м²К ;

α_3 - коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні сорочки до навколишнього середовища, Вт/м²К ;

δ/λ - термічний опір стінки;

$\delta_2 = 6 \text{ мм}$ - товщина стінки;

λ - коефіцієнт теплопровідності стінки.

В свою чергу :

$$\alpha_3 = \alpha_3' + \alpha_3'' ,$$

де α_3' - коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні сорочки за рахунок вільної конвекції ;

α_3'' - коефіцієнт тепловіддачі за рахунок випромінювання.

Середня різниця температур:

$$\Delta t = t_1 - t_n = 130 - 20 = 110 \text{ }^\circ\text{C}$$

де t_n - температура навколишнього середовища.

Коефіцієнт тепловіддачі від пари до внутрішньої поверхні сорочки $\alpha_2 = 12940$ Вт/(м²·К) відомий з попередніх розрахунків

Коефіцієнт тепловіддачі за рахунок вільної конвекції α_3' залежить від добутку $Gr \cdot Pr$.

Критерій Грасгофа:

					Розрахунки, що підтверджують працездатність обладнання	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Gr = \frac{g \cdot l \left(\frac{\Delta t_{cp}}{T_n} \right)}{\nu^2} = \frac{9,81 \cdot (0,66)^3}{(0,151 \cdot 10^{-4})^2} \cdot \frac{110}{293} = 4,64 \cdot 10^9$$

де $\nu_n = 0,151 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2/\text{с}$ [1].

Добуток $Gr \cdot Pr = 4,64 \cdot 10^9 \cdot 0,703 = 3,26 \cdot 10^9$,

де $Pr = 0,703$.

При $Gr \cdot Pr > 2 \cdot 10^7$ розрахункова формула буде мати вигляд:

$$Nu_3 = 0,135(Gr \cdot Pr)^{1/3} = 0,135(3,26 \cdot 10^9)^{1/3} = 200$$

Коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні сорочки за рахунок вільної конвекції ;

$$\alpha'_3 = \frac{Nu_3 \cdot \lambda_n}{l} = \frac{200 \cdot 0,0256}{0,66} = 7,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

де $\lambda_n = 0,0256 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ [1].

Коефіцієнт тепловіддачі за рахунок випромінювання:

$$\alpha''_3 = \varepsilon \cdot c_0 \frac{\left[\left(\frac{t_n + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{t_{cm} + 273}{100} \right)^4 \right]}{(t_n - t_{cm})}$$

де $c_0 = 5,67 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}^4)$ - коефіцієнт випромінювання абсолютно чорного тіла [8];

$\varepsilon = 0,8$ - ступінь чорноти тіла [8].

$$\alpha''_3 = 0,8 \cdot 5,67 \cdot \frac{\left[\left(\frac{50 + 273}{100} \right)^4 - \left(\frac{20 + 273}{100} \right)^4 \right]}{(50 - 20)} = 5,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні сушильної камери до навколишнього середовища :

$$\alpha_3 = \alpha'_3 + \alpha''_3 = 7,7 + 5,3 = 13 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Коефіцієнт теплопровідності буде дорівнювати:

					Розрахунки, що підтверджують працездатність обладнання	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$k_n = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta_2}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_3}} = \frac{1}{\frac{1}{12940} + \frac{0,006}{46,5} + \frac{1}{13}} = 12,9 \quad \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

В свою чергу витрати теплоти в навколишнє середовище дорівнюватимуть:

$$Q_n = k_n \cdot F_p \cdot \Delta t_{cp} = 12,9 \cdot 1,6 \cdot 110 = 2270 \quad \text{Вт} \quad (5.113)$$

Витрати теплоти в навколишнє середовище складають 9 %. Це забагато, отже для зменшення витрат необхідно поставити на апарат ізоляцію.

Отже коефіцієнт теплопровідності через теплоізольовану стінку буде дорівнювати:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta_2'}{\lambda} + \frac{\delta_{iz}}{\lambda_{iz}} + \frac{\delta_2}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_3}} = \frac{1}{\frac{1}{12940} + \frac{0,001}{46,5} + \frac{0,01}{0,058} + \frac{0,006}{46,5} + \frac{1}{13}} = 2,4 \quad \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

(5.114)

де $\delta_{iz} = 0,01$ м – товщина слою ізоляції ;

$\delta_2' = 1$ мм, $\delta_2 = 8$ мм - товщина відповідно зовнішньої та внутрішньої стінки сорочки;

$\lambda_{iz} = 0,058$ Вт/(м·К) - коефіцієнт теплопровідності ізоляції [1].

Витрати теплоти в навколишнє середовище через теплоізольовану стінку дорівнюватимуть:

$$Q_n = k_n \cdot F_p \cdot \Delta t_{cp} = 2,4 \cdot 1,6 \cdot 110 = 422 \quad \text{Вт}$$

Витрати теплоти в навколишнє середовище складуть 1,7 %.

Кількість випареної фракції при такому підводі тепла дорівнюватиме:

$$G_p = \frac{Q_p}{r} = \frac{24725}{2210000} = 0,011 \text{ кг}/\text{с} \quad (5.115)$$

де $Q_p = Q - Q_n = 25147 - 422 = 24725$ Вт - теплота, що витрачається на випарювання розчину.

Всього нам потрібно випарити 40 кг першої фракції.

Час, який нам для цього знадобиться:

$$\tau = \frac{40}{0,011} = 3606 \text{ с} = 60 \quad \text{хв.} \quad (5.116)$$

					Розрахунки, що підтверджують працездатність обладнання	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

5.3.3 Розрахунки на міцність [4]

Розрахунки на міцність ведемо за формулами (5.49)-(5.63), аналогічно розрахункам на міцність реактора, які приведені вище.

5.3.3.1 Розрахунок на міцність сорочки, навантаженої внутрішнім тиском

Мета розрахунку: розрахунок товщини стінки сорочки та перевірка її на міцність

Розрахуємо на міцність сорочку апарату, навантаженої внутрішнім тиском за наступними вихідними даними:

тиск пари $p_{zp} = 0,6$ МПа;

внутрішній діаметр обичайки $D = 0,7$ м;

Матеріал сорочки сталь ВСт3;

час роботи апарату $\tau = 10$ років.

Розрахункова товщина стінки обичайки:

$$S_R = \frac{p_{zp} \cdot D}{2 \cdot [\sigma] - p_{zp}} = \frac{0,6 \cdot 10^6 \cdot 0,7}{2 \cdot 130 \cdot 10^6 - 0,6 \cdot 10^6} = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ м,}$$

де $[\sigma] = 130$ МПа – допустиме напруження для сталі ВСт3 при температурі стінки 120 °С.

Виконавча товщина стінки:

$$S = S_R + c = S_R + c_1 + c_2 + c_3 = (1,6 + 0,5 + 0,4 + 0) \cdot 10^{-3} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

де c_1 – прибавка на компенсацію корозії,

$$c_1 = P \cdot \tau = 0,05 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м,}$$

P – проникність, або швидкість корозії. Приймаємо $P = 0,05$ мм/рік;

$c_2 = 0,4 \cdot 10^{-3}$ м – прибавка на компенсацію мінусового допуску на товщині листа;

c_3 – технологічна прибавка. Приймаємо $c_3 = 0$.

Приймаємо товщину стінки $S = 6$ мм.

Допустимий тиск:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot (S - c)}{D + S - c} = \frac{2 \cdot 130 \cdot (0,006 - 0,0009)}{0,7 + 0,006 - 0,0009} = 1,9 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

					Розрахунки, що підтверджують працездатність обладнання	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

$$p_{zp} = 0,6 \text{ МПа} < [p] = 1,9 \text{ МПа}$$

Отже, умова міцності виконується.

5.3.3.2 Розрахунок на міцність обичайки, навантаженої зовнішнім тиском

Мета розрахунку: розрахунок товщини стінки корпусу та перевірка його на міцність.

Розрахункова товщина стінки обичайки:

$$S_R = \frac{1,1P_{zp}D}{2[\sigma]} = \frac{1,1 \cdot 0,6 \cdot 10^6 \cdot 0,65}{2 \cdot 156 \cdot 10^6} = 1,3 \cdot 10^{-3} \text{ м,}$$

де $[\sigma] = 156$ МПа – допустиме допустиме напруження для сталі 12Х18Н10Т при температурі стінки 100°C .

Виконавча товщина стінки:

$$S = S_R + c = S_R + c_1 + c_2 + c_3 = (1,3 + 0,5 + 0,4 + 0) \cdot 10^{-3} = 2,2 \cdot 10^{-3} \text{ м,}$$

де c_1 – прибавка на компенсацію корозії,

$$c_1 = \Pi \cdot \tau = 0,05 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м,}$$

Π – проникність, або швидкість корозії. Приймаємо $\Pi = 0,05$ мм/рік;

$c_2 = 0,4 \cdot 10^{-3}$ м – прибавка на компенсацію мінусового допуску на товщині листа;

c_3 – технологічна прибавка. Приймаємо $c_3 = 0$.

Приймаємо товщину стінки $S = 8$ мм.

Допустимий тиск з умови міцності розраховується за формулою:

$$[P]_p = \frac{2[\sigma] \cdot (S - c)}{D + (S - c)} = \frac{2 \cdot 156 \cdot 10^6 \cdot (8 - 0,9) \cdot 10^{-3}}{0,65 + (8 - 0,9) \cdot 10^{-3}} = 3,4 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

Допустимий тиск з умови стійкості в границях пружності:

$$[P]_E = \frac{18 \cdot 10^{-6} E}{n_y \cdot B_1} \cdot \frac{D}{l_R} \cdot \left(\frac{100 \cdot (S - c)}{D} \right)^2 \cdot \sqrt{\frac{100 \cdot (S - c)}{D}} =$$

$$= \frac{18 \cdot 10^{-6} \cdot 2,06 \cdot 10^{11}}{2,4 \cdot 1} \cdot \frac{0,65}{0,66} \cdot \left(\frac{100 \cdot (8 - 0,9) \cdot 10^{-3}}{0,65} \right)^2 \cdot \sqrt{\frac{100 \cdot (8 - 0,9) \cdot 10^{-3}}{0,65}} = 1,9 \cdot 10^6 \text{ Па,}$$

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

					Розрахунки, що підтверджують працездатність обладнання	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

$l_R = 0,66$ м – розрахункова довжина частини обичайки, що навантажена зовнішнім тиском;

$$B_1 = \min \left\{ 1; 8,15 \cdot \frac{D}{l_R} \cdot \sqrt{\frac{D}{100 \cdot (S - c)}} \right\} = \min \left\{ 1; 8,15 \cdot \frac{0,65}{0,66} \cdot \sqrt{\frac{0,65}{100 \cdot (8 - 0,9) \cdot 10^{-3}}} \right\} = \\ = \min \{ 1; 7,7 \} = 1.$$

Допустимий зовнішній тиск дорівнює:

$$[P] = \frac{[P]_p}{\sqrt{1 + \left(\frac{[P]_p}{[P]_E} \right)^2}} = \frac{3,4 \cdot 10^6}{\sqrt{1 + \left(\frac{3,4 \cdot 10^6}{1,9 \cdot 10^6} \right)^2}} = 1,6 \cdot 10^6 \quad \text{Па.}$$

$$P_{zp} = 0,6 \text{ МПа} < [P] = 1,6 \text{ МПа}$$

Отже, умова міцності виконується

5.3.3.3 Розрахунок на міцність днища сорочки, навантаженого внутрішнім тиском

Мета розрахунку: розрахунок товщини днища сорочки та перевірка його на міцність.

Розрахункова товщина днища:

$$S_R = \frac{p_{zp} \cdot R}{2 \cdot [\sigma] - 0,5 p_{zp}} = \frac{0,6 \cdot 10^6 \cdot 0,7}{2 \cdot 130 \cdot 10^6 - 0,5 \cdot 0,6 \cdot 10^6} = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ м,}$$

де $[\sigma] = 130$ МПа – допустиме напруження для сталі ВСт3 при температурі стінки 120°C ;

Виконавча товщина стінки:

$$S = S_R + c = S_R + c_1 + c_2 + c_3 = (1,6 + 0,5 + 0,4 + 0) \cdot 10^{-3} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ м,}$$

де c_1 – прибавка на компенсацію корозії,

$$c_1 = \Pi \cdot \tau = 0,05 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м,}$$

Π – проникність, або швидкість корозії. Приймаємо $\Pi = 0,05$ мм/рік;

$c_2 = 0,4 \cdot 10^{-3}$ м – прибавка на компенсацію мінусового допуску на товщині листа;

c_3 – технологічна прибавка. Приймаємо $c_3 = 0$.

					Розрахунки, що підтверджують працездатність обладнання	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Приймаємо товщину стінки $S = 6$ мм.

Допустимий тиск:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot (S - c)}{R + 0,5 \cdot (S - c)} = \frac{2 \cdot 130 \cdot (0,006 - 0,0009)}{0,7 + 0,5 \cdot (0,006 - 0,0009)} = 1,9 \cdot 10^6 \text{ Па}$$

$$p_{zp} = 0,6 \text{ МПа} < [p] = 1,9 \text{ МПа}$$

Отже, умова міцності виконується.

5.3.3.4 Розрахунок на міцність днища обичайки, навантаженого зовнішнім тиском

Мета розрахунку: розрахунок товщини днища корпусу та перевірка його на міцність.

Розрахункова товщина стінки обичайки:

$$S_R = \max \left\{ \frac{K_e R}{510} \cdot \sqrt{\frac{n_y \cdot P_{zp}}{10^{-6} E}}; \frac{P_{zp} \cdot R}{2 \cdot [\sigma]} \right\} = \max \left\{ \frac{0,9 \cdot 0,65}{510} \cdot \sqrt{\frac{2,4 \cdot 0,6 \cdot 10^6}{10^{-6} \cdot 2,06 \cdot 10^{11}}}; \frac{0,6 \cdot 10^6 \cdot 0,65}{2 \cdot 156 \cdot 10^6} \right\} =$$

$$= \max \{ 3,1 \cdot 10^{-3}; 1,2 \cdot 10^{-3} \} = 3,1 \cdot 10^{-3} \text{ м,}$$

де $[\sigma] = 156$ МПа – допустиме допустиме напруження для сталі 12Х18Н10Т при температурі стінки 100°C ;

$K_e = 0,9$ – коефіцієнт приведення радіуса кривини для еліптичного днища;

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

R – радіус кривини у вершині днища,

Виконавча товщина стінки:

$$S = S_R + c = S_R + c_1 + c_2 + c_3 = (3,1 + 0,5 + 0,4 + 0) \cdot 10^{-3} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ м,}$$

де c_1 – прибавка на компенсацію корозії,

$$c_1 = \Pi \cdot \tau = 0,05 \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м,}$$

Π – проникність, або швидкість корозії. Приймаємо $\Pi = 0,05$ мм/рік;

$c_2 = 0,4 \cdot 10^{-3}$ м – прибавка на компенсацію мінусового допуску на товщині листа;

c_3 – технологічна прибавка. Приймаємо $c_3 = 0$.

Приймаємо товщину стінки $S = 8$ мм.

					Розрахунки, що підтверджують працездатність обладнання	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Допустимий тиск з умови міцності розраховується за формулою:

$$[P]_p = \frac{2[\sigma] \cdot (S - c)}{R + (S - c)} = \frac{2 \cdot 156 \cdot 10^6 \cdot (8 - 0,9) \cdot 10^{-3}}{0,65 + (8 - 0,9) \cdot 10^{-3}} = 3,4 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

Допустимий тиск з умови стійкості в границях пружності:

$$[P]_E = \frac{26 \cdot 10^{-6} E}{n_y} \cdot \left(\frac{100 \cdot (S - c)}{K_e R} \right) = \frac{26 \cdot 10^{-6} \cdot 2,06 \cdot 10^{11}}{2,4} \cdot \left(\frac{100 \cdot (8 - 0,9) \cdot 10^{-3}}{0,938 \cdot 0,65} \right) = 2,6 \cdot 10^6 \text{ Па,}$$

де K_e – коефіцієнт приведення радіуса кривини для еліптичного днища:

$$K_e = \frac{1 + (2,4 + 8x)x}{1 + (3 + 10x)x} = \frac{1 + (2,4 + 8 \cdot 0,11) \cdot 0,11}{1 + (3 + 10 \cdot 0,11) \cdot 0,11} = 0,938 ;$$

$$x = 10 \cdot \frac{S - c}{D} \cdot \left(\frac{D}{2H_\delta} - \frac{2H_\delta}{D} \right) = 10 \cdot \frac{(8 - 0,9) \cdot 10^{-3}}{0,65} \cdot \left(\frac{0,65}{2 \cdot 0,2} - \frac{2 \cdot 0,2}{0,65} \right) = 0,11$$

Допустимий зовнішній тиск за формулою дорівнює:

$$[P] = \frac{[P]_p}{\sqrt{1 + \left(\frac{[P]_p}{[P]_E} \right)^2}} = \frac{3,4 \cdot 10^6}{\sqrt{1 + \left(\frac{3,4 \cdot 10^6}{2,6 \cdot 10^6} \right)^2}} = 2,1 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

$$P_{ep} = 0,6 \text{ МПа} < [P] = 2,1 \text{ МПа}$$

Отже, умова міцності виконується.

					Розрахунки, що підтверджують працездатність обладнання	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$\text{Тоді } 2Z_{2\min}=2(200+300+(100^2+0^2)^{0,5})=600 \text{ мкм}$$

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

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

$$T_1=IT13=540 \text{ мкм}; T_2=IT11=220 \text{ мкм};$$

$$2Z_{2\max}=600+540-220=920 \text{ мкм};$$

$$2Z_{2\text{ном}}=(2Z_{2\max}+2Z_{2\min})/2=(920+600)/2=760 \text{ мкм};$$

Припуск на чорнове точіння:

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

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

Для заготовок масою до 4 кг (табл.6) $Rz_0=600$; $D_0=500$ мкм,

$$T_{\text{пр}0}=100(\text{табл.7})$$

ε_{y1} -похибка установлення при чорновому точінні.

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

$$2Z_{1\min}=2(600+500+300+(100^2+100^2)^{0,5})=3082 \text{ мкм},$$

Загальний припуск:

$$2Z_{\text{сум}}=\sum 2Z_{i\text{ном}}=760+3082=3842 \text{ мкм}$$

прийmemo $2Z_{\text{сум}}=4$ мм

Коефіцієнт використання матеріалу

$$K_M=M_{\text{дет}}/M_{\text{заг}}=1321,5/740,06=0,56$$

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

Розрахунок обробки шестерні

70.Токарна

Перехід 70.1 Точити $\varnothing 86$ начисто.

					Технологія виготовлення окремих деталей	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Режим обробки визначаємо з умови, що знімаємо максимальний припуск.

$$2Z_{1\max} = 2Z_{1\min} + T,$$

де T – допуск обробки. Для чорнового точіння $T = IT12 - IT13$ (табл.8)

прийmemo $IT12 = 0,3$ мм. Тоді $2Z_{1\max} = 0,7 + 0,3 = 1$ мм.

Глибина різання при цьому $t = 2Z_{1\max} = 1$ мм.

Вибираємо подачу. Для різців з перетином 16×25 мм при обробці чавунних деталей діаметром до 100 мм з глибиною різання до 3 мм $S = 0,6 - 0,9$ мм/об (табл.17), прийmemo $S = 0,6$ мм/об.

Швидкість різання буде визначатись:

$$v = C_v / (T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,2}) = 485 / (T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,2}),$$

де $T = 60$ хв. – стійкість різця.

$$\text{Тоді } v = 485 / (60^{0,2} \cdot 1^{0,15} \cdot 0,6^{0,2}) = 237 \text{ м/хв.}$$

Потрібна частота обертання шпінделя верстата:

$$n_B = 1000 \cdot v / \pi \cdot d_3 = 1000 \cdot 237 / 3,14 \cdot 88 = 858 \text{ об/хв.}$$

Із ряду обертів шпінделя верстата виберемо найближче менше значення

$$n_B = 800 \text{ об/хв.}$$

Дійсна швидкість різання при таких обертах шпінделя:

$$V_d = \pi \cdot d \cdot n_B / 1000 = 3,14 \cdot 88 \cdot 800 / 1000 = 221 \text{ м/хв}$$

Основний час на виконання переходу

$$t_0 = L / n_B \cdot S, \text{ де } L \text{ – розрахункова довжина різання}$$

$$L = l + l_1 + l_2 + l_3, \text{ де } l = 30 \text{ мм – довжина обробки безпосередньо на деталі;}$$

$l_1 = 3$ мм – доавка довжини на підвід інструмента до початку різання з механічною подачею;

$l_2 = t \cdot \text{ctg} \varphi = 1$ мм – величина врізання інструменту (прохідний різець з основним кутом $\varphi = 45^\circ$);

					Технологія виготовлення окремих деталей	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$l_3 = 3$ – величина перебігу різця (упорний різець з основним кутом $\varphi = 90^\circ$. Отже $L = 30 + 3 + 1 + 3 = 37$ мм.

Тоді $t_0 = 37 / 800 \cdot 0,6 = 0,08$ хв

Допоміжний час на виконання переходу:

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

де $t_1 = 0,11$ хв – допоміжний час, пов'язаний безпосередньо з переходом для поздовжнього обточування з установленням різця по упору або грубо по лімбу на верстатах з висотою центрів до 200 мм при автоматичній подачі (табл.26);

$t_2 = 0,05 + 0,1 = 0,15$ хв – допоміжний час на зміну частоти обертання шпінделя і подачі (табл.26);

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

Тоді $t_d = 0,11 + 0,15 = 0,26$ хв.

Основний час на виконання операції становить:

$$T_0 = \sum t_{0i} = 0,08 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання операції

$T_d = t_y + \sum t_d$, де $t_y = 0,16$ хв – допоміжний час на встановлення (переустановлення), кріплення і зняття деталі. Тоді:

$$T_d = 0,16 + 0,26 = 0,42 \text{ хв};$$

$$T_{оп} = T_0 + T_d = 0,08 + 0,42 = 0,5 \text{ хв};$$

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

$$T_{об} = T_{оп} \cdot 0,025 \text{ і } T_{шт} = T_{оп} \cdot 0,04. \text{ Отже, } T_{шт} = 0,5 + 0,5 \cdot (0,025 + 0,04) = 0,53 \text{ хв.}$$

Підготовчо-завершальний час $T_{п.з} = T_{п.з1} + T_{п.з2}$, де $T_{п.з1} = 14$ хв – час на одержання завдання, пристроїв і здачу по закінченні роботи; $T_{п.з2} = 6$ хв – час на налагодження встановлення деталі.

$$T_{п.з} = 14 + 6 = 20 \text{ хв.}$$

Калькуляційний час на виконання операції під час виготовлення однієї деталі: $T_k = T_{шт} + T_{п.з} / n = 0,53 + 20 / 200 = 0,63$ хв.

					Технологія виготовлення окремих деталей	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

50. Фрезерна

Перехід 50.1. Фрезерувати паз шириною 6 мм в розмір 3 мм.

Глибина різання буде рівною глибині пазу, отже $t=3$ мм.

Виберемо подачу. При фрезеруванні пазів шириною 6 мм кінцевою фрезою з швидкорізальної сталі ($D_{\phi}=6$ мм) подача буде здійснюватись $S_z=0,08$ мм/зуб (табл.31).

Швидкість різання сірого чавуну для кінцевих фрез із швидкорізальної сталі при подачах $S_z \leq 0,1$ мм/зуб визначається за формулою (табл.28):

$$V=(75,5 \cdot D_{\phi}^{0,7}) / (T^{0,25} \cdot t^{0,5} \cdot S_z^{0,2} \cdot B^{0,3} \cdot Z^{0,3}), \text{ де } T=60 \text{ хв} \text{ – стійкість фрези (табл.35).}$$

$$V=(75,5 \cdot 6^{0,7}) / (60^{0,25} \cdot 3^{0,5} \cdot 0,08^{0,2} \cdot 6^{0,3} \cdot 5^{0,3})=32,8 \text{ м/хв}$$

Потрібна частота обертів шпінделя є

$$n=1000 \cdot v / \pi \cdot D_{\phi}=1000 \cdot 32,8 / 3,14 \cdot 6=1740 \text{ об/хв}$$

із ряду частот шпінделя верстата приймаємо $n_B=1500$ об/хв

тоді перерахувавши отримаємо:

$$V_d = \pi \cdot D_{\phi} \cdot n_B / 1000 = 3,14 \cdot 6 \cdot 1500 / 1000 = 28,3 \text{ м/хв.}$$

Визначаємо хвилинну подачу:

$$S_{XB} = S_{об} \cdot n_B = S_z \cdot z \cdot n_B = 0,05 \cdot 5 \cdot 1500 = 375 \text{ мм/хв.}$$

Із ряду подач верстата приймемо ближче значення

$$S_{XB}=400 \text{ м/хв.}$$

$T_0=t_0=L/S_{XB}$, де L – робоча довжина обробки

$$L=l+l_1+l_2=31,4+3+8=42,4 \text{ мм,}$$

де $l=31,4$ мм – довжина оброблюваної поверхні;

$l_1=3$ мм – добавка на перехід інструменту з робочою подачею до моменту різання;

$l_2=8$ мм величина врізання і перебігу фрез (табл.39)

Тоді $T_0=42,4 / 90 = 0,47$ хв.

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

					Технологія виготовлення окремих деталей	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де t_{y1} – допоміжний час безпосередньо на встановлення та зняття деталі;

при установленні деталей масою до 5 кг з кріпленням гайкою за допомогою ключа $t_{y1} = 0,30$ хв(табл.37)

$t_{y2} = 0,06$ хв – додатак на очищення місця встановлення деталі від стружки(табл.37).

Тоді $t_y = 0,3 + 0,06 = 0,36$ хв.

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

$t_d = 0,06$ хв(табл.38).

Тоді допоміжний час $T_d = t_y + t_d = 0,36 + 0,06 = 0,42$ хв.

Оперативний час $T_{оп} = T_o + T_d = 0,47 + 0,42 = 0,89$ хв,

$T_{шт} = T_{оп} + T_{об} + T_{пер}$,

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

$T_{шт} = 0,89 + 0,04 + 0,053 = 0,983$ хв.

Калькуляційний час на фрезерування однієї деталі

$T_k = T_{шт} + T_{п.з}/n$,

де $T_{п.з}$ – підготовчо-заготівельний час(табл.36), який визначається як сума часу налагодження верстата та на одержання наряду, інструментів, пристроїв:

$T_{п.з} = 12 + 7 = 19$ хв.

Тоді $T_k = 0,983 + 19/200 = 1,078$ хв

20 Свердління

Перехід 20.3. Свердлимо отвір $\varnothing 20$.

Глибина різання під час свердління становить половину діаметра свердла, тобто:

$t = d_{св}/2 = 20/2 = 10$ мм.

Рекомендовані подачі $0,26 \div 0,32$ мм/об(табл.42).

					Технологія виготовлення окремих деталей	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

Прийmemo $S=0,3$ мм/об

Для визначення швидкості різання беремо формулу(табл.45):

$$V=42,2 \cdot d_{\text{св}}^{0,5} / T^{0,4} \cdot S^{0,5}, \text{ де } T=30 \text{ хв} \text{ – стійкість свердла.}$$

Тоді:

$$V=42,2 \cdot 20^{0,5} / 30^{0,4} \cdot 0,3^{0,5} = 88,4 \text{ м/хв}$$

Потрібна кількість обертів для свердління:

$$n=1000 \cdot v / \pi \cdot d_{\text{св}} = 1000 \cdot 88,4 / 3,14 \cdot 20 = 1408 \text{ об/хв.}$$

Прийmemo $n_{\text{в}}=1400$ об/хв.

Тоді дійсна швидкість

$$V_{\text{д}} = \pi \cdot d_{\text{св}} \cdot n_{\text{в}} / 1000 = 3,14 \cdot 20 \cdot 1400 / 1000 = 87,9 \text{ м/хв.}$$

Основний час буде визначатись:

$$t_0 = L / n \cdot S = 57 / 1400 \cdot 0,3 = 0,14 \text{ хв}$$

$$\text{де } L = l + l_1 + l_2 + l_3 = 57 \text{ мм,}$$

де $l=47$ мм –глибина свердління;

$l_1 = 2$ мм – величина на підведення свердла з ручною подачею;

$l_2 + l_3 = 8$ мм - додаток на врізання і перебіг свердла.

Допоміжний час на виконання переходу $t_{\text{доп}} = 0,08$ хв.

Перехід 20.4. Зенкерувати отвір $\varnothing 21,8$.

Глибина різання:

$$t = (d_3 - d_c) / 2 = (20 - 21,8) / 2 = 0,9 \text{ мм.}$$

Рекомендовані подачі $S=0,7 \div 0,9$ мм/об. Прийmemo $S=0,8$ мм/об

Для визначення швидкості зенкерування беремо формулу:

$$V=101,5 \cdot d^{0,4} / T^{0,4} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,45}, \text{ де } T=30 \text{ хв} \text{ – стійкість зенкера.}$$

Тоді:

$$V=101,5 \cdot 21,8^{0,4} / 30^{0,4} \cdot 0,9^{0,15} \cdot 0,8^{0,45} = 100 \text{ м/хв}$$

					Технологія виготовлення окремих деталей	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Потрібна кількість обертів для зенкерування:

$$n = 1000 \cdot v / \pi \cdot d_3 = 1000 \cdot 100 / 3,14 \cdot 21,8 = 1461.$$

Прийmemo $n_B = 1400$ об/хв. Тоді перерахувавши отримаємо:

$$V_d = \pi \cdot d_3 \cdot n_B / 1000 = 3,14 \cdot 21,8 \cdot 1400 / 1000 = 95,83 \text{ м/хв.}$$

Основний час буде визначатись: $t_0 = L / n \cdot S = 54 / 1400 \cdot 0,8 = 0,048$ хв

де $L = l + l_1 + l_2 + l_3 = 54$ мм, $l = 47$ мм –глибина зенкерування;

$l_1 = 2$ мм –величина на підведення зенкера з ручною подачею;

$l_2 + l_3 = 5$ - додаток на врізання і перебіг зенкера.

Допоміжний час на виконання переходу $t_{доп} = 0,08$ хв.

Перехід 20,5. Розвернути отвір $\varnothing 22H7$.

Глибина різання:

$$t = (d_p - d_3) / 2 = (22 - 21,8) / 2 = 0,1 \text{ мм.}$$

Рекомендовані подачі $S = 0,8 \div 1,1$ мм/об. Прийmemo $S = 1$ мм/об

Для визначення швидкості розвертання беремо формулу:

$$V = 15,1 \cdot d_p^{0,2} / T^{0,3} \cdot t^{0,1} \cdot S^{0,5}, \text{ де } T = 30 \text{ хв –стійкість розвертки.}$$

Тоді:

$$V = 15,1 \cdot 22^{0,2} / 30^{0,3} \cdot 0,1^{0,1} \cdot 1^{0,5} = 12,7 \text{ м/хв}$$

Потрібна кількість обертів для розвертання:

$$n = 1000 \cdot v / \pi \cdot d_p = 1000 \cdot 12,7 / 3,14 \cdot 22 = 184.$$

Прийmemo $n_B = 160$ об/хв.

Тоді перерахувавши отримаємо:

$$V_d = \pi \cdot d_p \cdot n_B / 1000 = 3,14 \cdot 22 \cdot 160 / 1000 = 11,1 \text{ м/хв.}$$

Основний час буде визначатись:

$$t_0 = L / n \cdot S = 54 / 160 \cdot 1 = 0,34 \text{ хв}$$

де $L = l + l_1 + l_2 + l_3 = 54$ мм,

					Технологія виготовлення окремих деталей	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $l=47$ –глибина розвертання;

$l_1=2$ мм –величина на підведення розвертки з ручною подачею;

$l_2+l_3=5$ - додаток на врізання і перебіг розвертки.

Допоміжний час на виконання переходу $t_{доп}=0,08$ хв.

Основний час на виконання операції становить:

$$T_0 = \sum t_{0i} = 0,14 + 0,048 + 0,34 = 0,528 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання операції

$T_d = t_y + \sum t_d$, де $t_y=0,1$ хв –допоміжний час на встановлення(переустановлення), кріплення і зняття деталі.

$$\text{Тоді: } T_d = 0,1 + 0,08 + 0,08 + 0,08 = 0,34 \text{ хв;}$$

$$T_{оп} = T_0 + T_d + T_1 + T_2 = 0,528 + 0,34 + 0,12 + 0,12 = 1,108 \text{ хв,}$$

де T_1, T_2 – час на виконання першого і другого переходів відповідно (підрізання торців)

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

$$T_{об} = T_{оп} \cdot 0,015 \text{ і } T_{шт} = T_{оп} \cdot 0,06. \text{ Отже, } T_{шт} = 1,108 + 1,108 \cdot (0,015 + 0,06) = 1,19 \text{ хв.}$$

$$\text{Підготовчо-завершальний час } T_{п.з} = T_{п.з1} + T_{п.з2},$$

де $T_{п.з1} = 10$ хв - час на одержання завдання, пристроїв і здачу по закінченні роботи;

$T_{п.з2} = 4$ хв –час на налагодження установлення деталі .

$$T_{п.з} = 10 + 4 = 14 \text{ хв.}$$

Калькуляційний час на виконання операції під час виготовлення однієї деталі: $T_k = T_{шт} + T_{п.з}/n = 1,19 + 14/160 = 1,28$ хв.

Опис пристрою

Кондуктор для виконання технологічної операції (токарної 60) складається із корпусу, жорсткої оправки запресованої в корпус, швидко знімної шайби й гайки та кондукторної втулки.

Деталь надівається на жорстку оправку по шпоночному з'єднанні з посадкою Н7/h6 . З'єднання по даній посадці виключає перекоє деталі в пристрої. Торець

Технологія виготовлення окремих деталей					Арк.
					9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

деталі , який вибрано за вимірювальну базу упирається в корпус. Таким чином вимірювальна база співпадає з технологічною.

З іншого боку деталь притискається гайкою. Між гайкою і деталлю встановлюється швидкозйомна шайба. Діаметр гайки менший за діаметр за діаметр оправки , таким чином забезпечується швидке зняття й установлення деталі. На кришці зроблено отвір, в який вставлена кондукторна втулка, що у свою чергу притискається гвинтом. Кондукторна втулка служить направляючою для свердла.

Розрахунок похибки базування

Розрахуємо похибку базування при установці деталі на жорстку оправку (палець). Допустима похибка базування $\varepsilon_6 = 0,2$ мм. Вимірю -вальною базою для зовнішньої поверхні є вісь деталі, а технологічною - оправки(пальця).

Деталь встановлюється на оправку (палець) по посадці з зазором H7/d8 і закріплюється по торцю. Якщо в спряженні зазор максимальний $S_{\max} = 2e$, де e – ексцентриситет, то похибка базування буде:

$$\varepsilon_{6d1} = \varepsilon_{6d2} = S_{\max} = S_{\min} + T_H + T_h , \text{ де}$$

$$S_{\min} = 0,065 \text{ мм} - \text{мінімальний зазор з'єднання,}$$

$$T_H = 0,021 \text{ мм} - \text{допуск на діаметр отвору,}$$

$$T_h = 0,033 \text{ мм} - \text{допуск на діаметр оправки.}$$

$$\text{Тоді } \varepsilon_{6d1} = \varepsilon_{6d2} = 0,065 + 0,021 + 0,033 = 0,119 \text{ мм}$$

$$\text{Отримаємо } \varepsilon_{6d1} = \varepsilon_{6d2} = 0,119 \text{ мм} < \varepsilon_6 = 0,2 \text{ мм}$$

					Технологія виготовлення окремих деталей	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технологічний маршрут виготовлення шестерні

№оп., пер.	Назва операції, переходу				Технолог. обл., пристрої, інструмент обробл. і контр.
10	Заготівельна УЗЗ				Вилити заготовку
20	Токарна УЗЗ				Токарно-гвинторізний верстат 16К20, 3х кулачковий патрон, упор
20.1	Торцювати поверхню витримавши L= 2 мм	1	Ø32	Прохідний прямий правий 16Х20Х140, $\alpha=80^\circ$, $\gamma=10^\circ$, $\phi=90^\circ$, ВК6, ГОСТ 10043-62, ШЦ –І	
20.2	Торцювати поверхню витримавши L = 2 мм	2	Ø90	Прохідний прямий правий 16Х20Х140, $\alpha=80^\circ$, $\gamma=10^\circ$, $\phi=90^\circ$, ВК6, ГОСТ 10043-62, ШЦ –І	
20.3	Свердлити отвір Ø20, пов. 3				Свердло Ø20 (2 $\phi=118^\circ$), Р6М5, ГОСТ 10903-64 Зенкер Ø21,8 , Р6М5
20.4	Зенкерувати отвір Ø21,8, пов. 4				
20.5	Розвернути отвір Ø22Н7, пов. 5				
30	Токарна УЗЗ				Токарно-гвинторізний верстат 16К20, оправка цангова, упор
30.1	Торцювати поверхню витримавши L=2 мм	6	Ø90	Прохідний прямий правий 16Х20Х140, $\alpha=80^\circ$, $\gamma=10^\circ$, $\phi=90^\circ$, ВК6, ГОСТ 10043-62, ШЦ-І	
30.2	Торцювати поверхню витримавши L=2 мм	7	Ø32	Прохідний прямий правий 16Х20Х140, $\alpha=80^\circ$, $\gamma=10^\circ$, $\phi=90^\circ$, ВК6, ГОСТ 10043-62, ШЦ-І	
30.3	Точити поверхню 8 з Ø90 до Ø88				Прохідний відігнутий правий, 16Х20Х140, $\phi=45^\circ$, ВК6, ГОСТ 10043-62, ШЦ-І
40	Протягувальна УЗЗ				Горизонтально-протягувальний верстат 7Б510, оправка, упор, лещата
40.1	Протягнути паз b= 6Р9, пов. 9, 10				Протяжка шпоночна, комбінована, з виглажуючим зубом, Р14Ф4; $\gamma=15^\circ$, $\alpha_p=3^\circ$, $\alpha_s=2^\circ$, ГОСТ 9788-68

					Технологія виготовлення окремих деталей	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		
						11

Продовження таблиці 6.1

50	Фрезерувальна УЗЗ	Вертикально-фрезерний верстат, 6Н81Г, оправка цангова, упор
50.1	Фрезерувати паз шириною 6 мм в розмір 3 мм, пов. 11, 12	Фреза кінцева Ø6, Р6М5, ГОСТ 8237-57 ШЦ - І
60	Свердлильна УЗЗ	Вертикально-свердлильний верстат, 2Н125, кондуктор
60.1	Свердлити отвір Ø6,75, пов. 13	Свердло Ø6,8 Р6М5 ГОСТ 10903-64
60.2	Нарізати різьбу М8-7Н	Мітчик, ГОСТ 9522-60 Пробка М8-7Н
70	Токарна УЗЗ	Токарно-гвинторізний верстат 16К20, оправка цангова
70.1	Точити поверхню Ø86 начисто, пов. 14	Прохідний відігнутий правий, 16Х20Х140, φ=45°, ВК6 ГОСТ 10043-62
80	Зубофрезерна УЗЗ	Зубофрезерний верстат 5К324А, оправка цангова, упор, лещата
80.1	Фрезерувати зубці, пов. 15 m=2 z=41	Фреза черв'ячна, m=2, z=12, коротка, ГОСТ 9324-60
90	Зубофасовочна Зачистити заусенці	Наждачний папір, терпуг

					Технологія виготовлення окремих деталей	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

7. РЕКОМЕНДАЦІЇ З МОНТАЖУ, ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА РЕМОНТУ

Дійсні рекомендації поширюються на пластинчаті теплообмінники, які виготовляються згідно з ОСТ 26-291-71. Технічні вимоги і експлуатація під тиском і на відкритому повітрі, або ж в неопалюваних приміщеннях:

1) Пуск в зимній період теплообмінних апаратів, які встановлені на відкритих майданчиках (або в неопалюваних приміщеннях), працюють під тиском, потрібно проводити при постійній зміні температури і тиску (рис. 7.1). Чим нижча температура корпусу теплообмінника, тим менший допустимий тиск теплоносія і підвищення тиску по мірі підігріву корпусу.

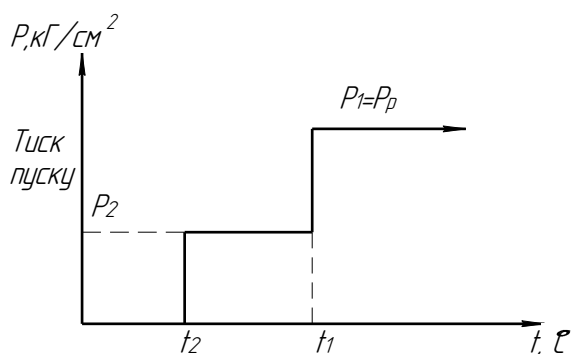


Рис. 7.1. Графік залежності тиску і температури: t_1 – найменша температура, при якій сталь і зварні з'єднання допускаються до роботи; t_2 – найменша температура повітря, при якій допускається пуск апарата під тиском P_p (робочий тиск); - при температурі t_1 нижче або дорівнює t_2 тиск пуску $P_2 = P_1$.

2) Досягнення тиску P_1 рекомендується здійснювати при швидкості підвищення або пониження температури згідно з технічною документацією.

					160180.ДП.12.007.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Байрамов Р.Р.			РЕКОМЕНДАЦІЇ З	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Бабанова О.І.			МОНТАЖУ, ЕКСПЛУАТАЦІЇ		98	3
Реценз.					ТА РЕМОНТУ	НУХТ гр. ОФ-4-14		
Н. Контр.								
Затверд.		Гавва О.М.						

3) При зупинці апарата в зимній період зменшення тиску при зниженні температури повинно відповідати вимогам графіка. Апарат і трубопроводи повинні бути очищені від замерзаючих середовищ.

4) При необхідності випробування апарата на герметичність при робочому тиску в зимній період необхідно виконувати всі вимоги, які представлені під час пуску апарата.

5) Пуск, зупинка і розбір теплообмінника рекомендується проводити при температурі навколишнього середовища вище 0 °С. При температурі нижче 0 °С рекомендується прогрівати апарат.

Перед монтажем спочатку робиться бетонний фундамент з колодязями під фундаментні болти. Потім береться нерухома зажимна плита і кріпиться до болтів з накладними стрижнями за допомогою гайок і шайб. Колодці заливуються бетоном. Після того як бетон загусне, можна приступати до іншого етапу монтажних робіт. В отвори, що є в плиті встановлюються два стержні і дві штанги. Пластили, між якими повинні розташовуватись гумові прокладки, встановлюються на штанги, а потім притискаються іншою, але рухомою затискною плитою до нерухомої плити за допомогою чотирьох гайок. При цьому головною умовою є рівномірна і одночасна затяжка.

Розрахунок та побудова графіка планово-попереджувальних ремонтів

Система планово-попереджувальних ремонтів (ППР) містить капітальні, середні та поточні ремонти, крім того, передбачає технічний огляд та інші види міжремонтного обслуговування технологічного обладнання.

Виходячи з паспортних даних обраного обладнання, розраховано час роботи обладнання між ремонтами, час простою, кількість ремонтів, складений графік ППР, представлений у таблиці 7.1.

В умовах безперервного виробництва номінальний робочий фонд робочого часу роботи обладнання становить 8760 год/рік.

Загальний час простою обладнання в ремонтах визначаємо за формулою:

					РЕКОМЕНДАЦІЇ З МОНТАЖУ, ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА РЕМОНТУ	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{рем} = a_k \cdot t_k + a_c \cdot t_c + a_n \cdot t_n, \quad (7.1)$$

де a_k , a_c , a_n – кількість капітальних, середніх, поточних ремонтів даного виду обладнання протягом року, од.;

t_k , t_c , t_n – тривалість простою даного виду обладнання у капітальному, середньому, поточному ремонтах, год/од.

Таблиця 7.1.

Графік ППР технологічного обладнання на рік

Перелік обладнання	Вид ремонту (час роботи між ремонтами (чисельник) і простій в ремонті (знаменник))			Кількість ремонтів протягом календарного місяця за видами ремонтів												Тривалість простою у ремонтах, Тпрост	Ефективний фонд робочого часу обладнання, Теф.
	К	С	П	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Перегінний куб	8760/480	1460/32	720/8	п	с	п	с	п	с	п	с	п	с	п	к	688	8072
Реактор	8760/480	1460/32	720/8	п	с	п	с	п	с	п	с	п	с	п	к	688	8072
Мірник	8760/40	1460/18	720/8	п	с	п	с	п	с	п	с	п	с	п	к	178	8582
Поглиняльна колонна	8760/480	1460/32	720/8	п	с	п	с	п	с	п	с	п	с	п	к	688	8072
Теплообмінник	8760/480	1460/32	720/8	п	с	п	с	п	с	п	с	п	с	п	к	688	8072
Збірник	8760/40	1460/18	720/8	п	с	п	с	п	с	п	с	п	с	п	к	178	8582
Насос	8760/480	1460/32	720/8	п	с	п	с	п	с	п	с	п	с	п	к	688	8072
Усе інше обладнання	8760/40	1460/18	720/8	п	с	п	с	п	с	п	с	п	с	п	к	178	8582
Теплообмінник пластинчатий	8760/480	1460/32	720/8	п	с	п	с	п	с	п	с	п	с	п	к	688	8072

					РЕКОМЕНДАЦІЇ З МОНТАЖУ, ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА РЕМОНТУ	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8. ОПИС СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

8.1. Схема системи автоматизації

Систему автоматизації розроблено для регулювання температури в реакторі Р-2 на стадії отримання тетраметилетилендіаміну з врахуванням технологічного процесу, який проходить в реакторі.

У вільний, чистий, продутий та перевірений на герметичність стислим азотом тиском 0,05-0,06 МПа реактор для одержання тетраметиетилендіаміну (ТМЭДА) Р-2 при увімкнених: пластинчатому теплообміннику Т-7, охолоджуваному розсоллом, і системі поглинання диметиламіну (поглинальній колоні ПК- 8 теплообміннику Т-7, збірнику С-13, насосі Н-29, уловлювачах С-18, С-19, С-20), завантажують 360 кг (330 л) 25% водного розчину диметиламіну (ДМА) з мірника М-10.

25% водний розчин диметиламіну в мірник М-10 завантажують відцентровим насосом Н-24 зі збірника водного розчину диметиламіну С-14, куди його завантажують з автоконтейнера.

При перемішуванні в реактор Р-2 з мірника М-9 завантажують 200 кг (160 л) дихлоретану (ДХЕ). Дихлоретан у мірник М-9 завантажують відцентровим насосом Н-22 зі збірника дихлоретану С-11, куди його завантажують із автоконтейнера.

По закінченні завантаження дихлоретану в реактор Р-2, охолоджуваний захоложеною водою, при безперервному перемішуванні завантажують повільно 800,0 кг твердого їдкого натру з бункера Б-21 протягом 15 хвилин з такою швидкістю, щоб температура реакційної маси не перевищувала 20 °С.

Їдкий натр у бункер Б-21 завантажують вручну з тари, дотримуючись при цьому всіх запобіжних заходів при роботі з їдкими речовинами.

					160180.ДП.12.008.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Байрамов Р.Р.			Опис системи управління	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Бабанова О.І.					101	7
Реценз.						НУХТ гр. ОФ-4-14		
Н. Контр.								
Затверд.		Гавва О.М.						

Після остаточного завантаження їдкого натру масу в реакторі Р-2, перемішують при температурі 20 °С протягом 29 годин при постійному охолодженні.

Після закінчення часу витримки масу з реактора Р-2 перевантажують відцентровим насосом Н-23 у попередньо підготовлений, продутий та випробуваний на герметичність стислим азотом (тиском 0,05-0,06 МПа) реактор Р-3 для відпарки диметиламіна.

Схему системи автоматизації представлено на рис. 8.1

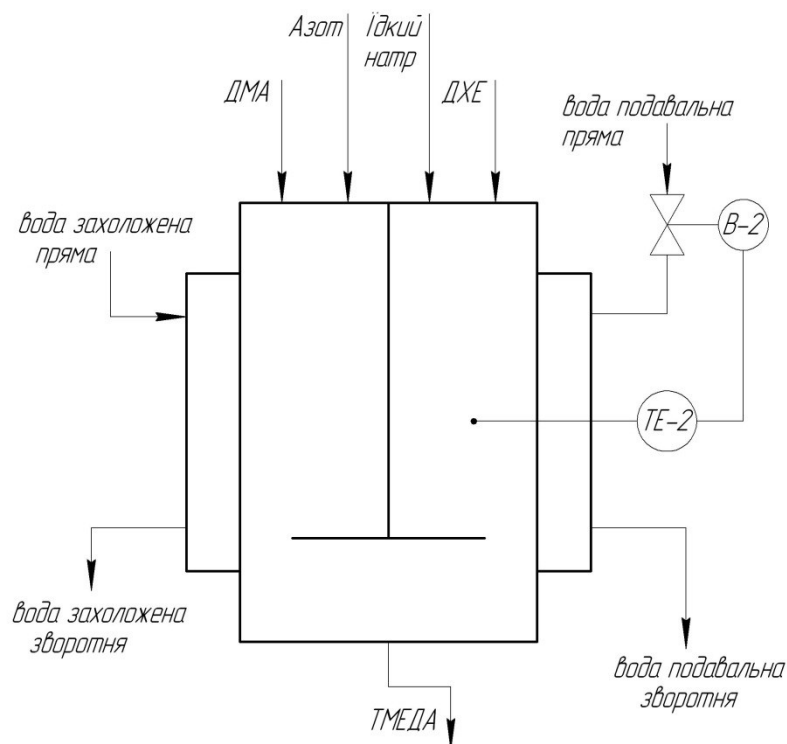


Рис. 8.1 Схема системи автоматизації

8.2. Вибір і опис елементів системи керування

Об'єкт керування – реактор для отримання тетраметилдіаміна. Одним з найважливіших технологічних параметрів, який необхідно регулювати в ректорі, є температура. Вона регулюється за допомогою контролю витрат подавальної води, що подається в сорочку.

Датчик температури ТЕ 2 – датчик температури (термоперетворювач опору).

Вимірювання температури з допомогою терморезисторів засновано на властивості металів і напівпровідників змінювати свій електричний опір зі зміною

					Опис системи управління	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

температури. Такими властивостями володіють багато металів, але тільки деякі з них задовольняють експлуатаційним вимогам, які пов'язані зі стабільністю й чутливістю до зовнішніх впливів щодо інших фізичних параметрів (тиск, щільність магнітного потоку та інші).

Терморезистори дозволяють вимірювати температуру в межах від -260 до 1100 °С.

Термопари складаються з чутливого елемента відповідної конструкції, захисної арматури та з'єднуючих провідників (рис. 8.2).

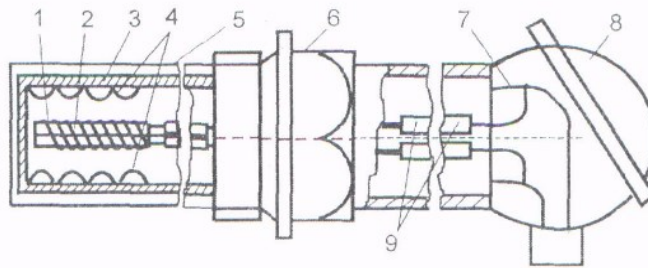


Рис. 8.2. Конструкція металевого термометра опору: 1 - терморезистивний чутливий елемент; 2 - каркас; 3 - алюмінієва гільза; 4 - пружні металеві пластини; 5 - чохол; 6 - штуцер; 7 - провідник; 8 - з'єднуюча головка; 9 - ізоляційні буси

До позитивних властивостей металевих термометрів опору можна віднести: високу ступінь точності вимірювання температури, можливість випуску приладів зі стандартною градуовальною характеристикою практично для кожного температурного діапазону, можливість централізації контролю температури, використання їх з інформаційно-обчислювальними машинами.

Регулюючий орган В-2 – дистанційний керуємий регулюючий вентиль.
 $D_y=15$ мм.

Регулюючим органом називається ланка виконавчого пристрою, який призначений для зміни витрати регульованого середовища, енергії або яких-небудь інших величин з метою забезпечення заданого режиму роботи об'єкта. В автоматичних системах регулювання хіміко-технологічних процесах використовуються різноманітні типи регулюючих органів. Найбільш розповсюдженими є дросельні регулюючі органи, які представляють собою

					Опис системи управління	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

змінний гідравлічний опір, котрий керує витратою середовища шляхом зміни прохідного поперечного перетину. До дросельних регулюючих органів відносяться: регулюючі клапани, поворотні заслінки, шибери та крани.

Регулюючі клапани є найбільш розповсюдженим видом дросельних регулюючих органів. Вони використовуються для регулювання витрати рідин, пари та газів при різних параметрах середовища. Регулюючі клапани розрізняють за видом і кількістю опорних поверхонь, за конструкцією плунжера та корпусу. За видом регулюючі клапани розділяються на односідлові та двохсідлові. За конструкцією затвора вони є тарільчаті, коркові та поршневі. Окрім того, до односідлових відносяться клапани з канавчатими та ступінчатими затворами.

Односідельні регулюючі органи з поршневим затвором (рис. 8.8) у залежності від профілю вирізів розділяються на органи з канавчатим і ступінчатим затворами. Регулюючі органи з канавчатим затвором використовують для регулювання невеликих витрат, а з ступінчатими — для регулювання вологого газу.

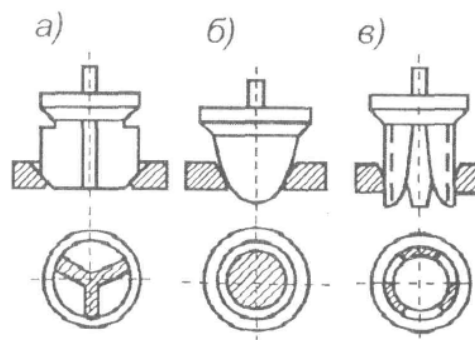


Рис. 8.4. Затвори односідлових регулюючих органів

Виконавчий механізм

Виконавчі механізми (ВМ) представляють собою приводну частину регулюючого органа. Виконавчий механізм перетворює енергію в зусилля, котре переміщає, затвор регулюючого органа в положення, яке визначене командним сигналом регулятора або пристроєм дистанційного керування [36].

Пневматичні виконавчі механізми (рис. 8.4) мають безпосереднє з'єднання з регулюючим органом і, як правило, встановлюються вертикально. Вони

					Опис системи управління	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

конструюються таким чином, щоби при зміні тиску в робочій порожнині в межах стандартного діапазону (0,02...0,1 МПа) переміщення вихідного елемента дорівнювало значенню умовного ходу L_y . Значення умовного ходу прийняті.

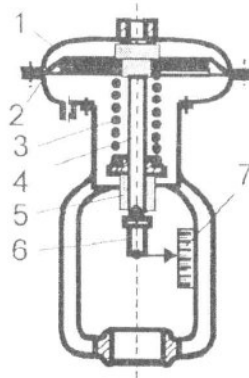


Рис. 8.4. Мембранний пружинний виконавчий механізм прямої дії

за рядом чисел: 4; 6; 10; 16; 25; 40; 60 і 100 мм. У реальних умовах виконавчий механізм працює, переборюючи дію на рухому частину не тільки зусилля тертя та рухомих з'єднань, але зусилля статичної та динамічної не розвантаженості затвора. Таким чином, зовнішні зусилля, які діють на рухому систему, спотворюють ходову характеристику мембранно-пружинних виконавчих механізмів, уводячи не лінійність і гістерезис.

Принцип роботи мембранних ВМ полягає в наступному. Командний тиск повітря подається безпосередньо в головку 1 з мембраною 2 механізму. Налаштування розмаху шкали 7 переміщення виконується зміною натягу пружини 3. Якщо при зміні тиску від P_{\min} до P_{\max} розмах шкали відповідає паспортному значенню, але затвор регулюючого органа повністю не закривається або не відкривається, то необхідно змінити початкове положення затвора обертанням муфти 6 на штоку 4.

8.3. Функціональна схема системи автоматизації

Закон регулювання регулятора визначається вимогами якості регулювання технологічного процесу. Якщо допустима межа відхилення технологічного параметра достатньо велика, то можна використовувати пропорційний закон регулювання. При цьому статична похибка не повинна перевищувати допустимої

					Опис системи управління	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

межі зміни регульованого параметра. Якщо допустимі відхилення цього параметра малі, то в закон регулювання необхідно вводити інтегруючу складову, тобто прийняти пропорційно-інтегральний закон регулювання. Щоб зменшити час перехідного процесу, у ПІ-закон регулювання вводять диференціальну складову. Для регулювання температури в реакторі використовуємо пропорційний закон регулювання.

Функціональну схему системи автоматизації зображено на рис. 8.6.

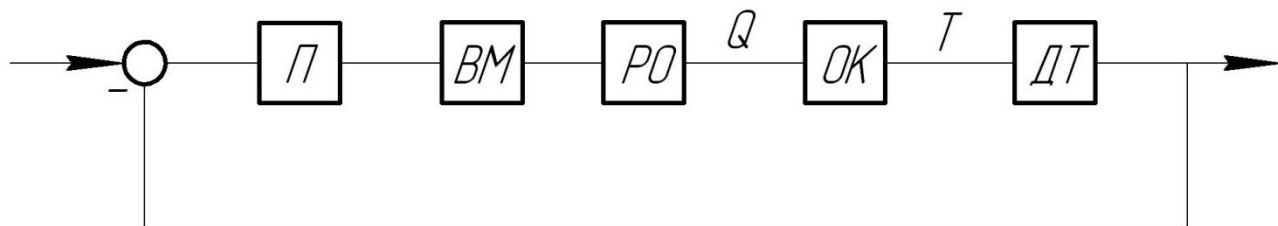


Рис. 8.6. Схема функціональна системи автоматизації

Умовні позначення:

П – пропорційний регулятор;

ВМ – виконавчий механізм;

РО – регулюючий орган;

ОК – об'єкт керування;

ДТ – датчик температури;

Q – витрата;

T – температура.

Схема системи автоматичного керування температури в загальному вигляді зображена на рис. 8.7.

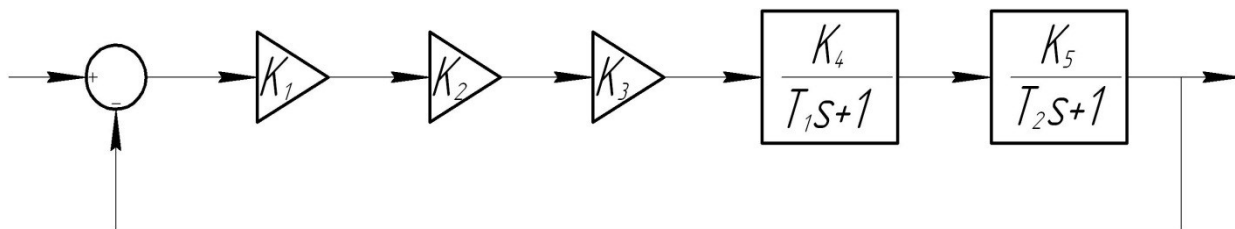


Рис. 8.7. Структурна схема системи автоматизації (загальний вигляд)

На цій схемі $K_1 \dots K_5$ – коефіцієнти підсилення ланок системи; T_1 і T_2 – постійні часу.

					Опис системи управління	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

Висновки: в даному розділі було підбрано вимірюючий пристрій і виконавчий механізм автоматичної системи регулювання температури в процесі отримання тетраметилетилендіаміну.

					Опис системи управління	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ

Із технологічної частини проекту видно, що в виробництві застосовуються шкідливі, вибухо- та пожежонебезпечні речовини, використовується електрична, теплова, механічна енергія та енергія хімічних реакцій.

Проект виконано з урахуванням вимог по охороні праці та пожежної безпеки.

На підставі аналізу шкідливих і небезпечних виробничих факторів (ШВНФ) розроблені заходи, спрямовані на створення здорових безпечних умов праці.

Виявлення та аналіз ШВНФ на проектному об'єкті

1.1 Повітря робочої зони

Згідно з ДСН 3.3.6.042-99, роботи, що виконуються на виробництві відносяться до робіт середньої важкості (категорія 2а).

В таблиці 9.1 представлена санітарна характеристика виробництва.

Для нормалізації повітря робочої зони у всіх приміщення передбачається припливно-витяжні системи вентиляції . Примусовий приплив повітря в робочу зону має дорівнювати 75-80%.

На підприємстві передбачається система водяного центрального опалення для підтримання необхідної температури і вологості повітря. Температура повітря контролюється ртутним термометром, вологість – психрометром.

					160180.ДП.12.009.ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Заходи з охорони праці					
Розроб.		Байрамов Р.Р.						Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Бабанова О.І.							108	7
Реценз.								НУХТ гр. ОФ-4-14		
Н. Контр.										
Затверд.		Гавва О.М.								

Таблиця 9.1

Коротка санітарна характеристика виробництва

Шкідливі речовини, виділяються при виробництві	Група шкідливості, характеристика токсичної дії	ГДК у повітрі робочої зони, мг/м ³	Клас небезпечності шкідливої речовини	Засоби індивідуального захисту, тип, марка, ГОСТ	Засоби допікарської допомоги	Методи контролю вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони	Клас підприємства згідно СН-245-71	Санітарна група виробничого процесу за СНиП 2.09.04-87
1	2	3	4	5	6	7		
Диметил амін	Подразнюючі. Подразнює слизові оболонки верхніх дихальних шляхів, очей, уражає ЦНС.	1	2	Халат бавовняний ГОСТ ССБТ 12.4.103-83 Ковпак бавовняний ГОСТ ССБТ 12.4.011-89	Свіже повітря, спокій, виклик лікаря. При потрапінні на шкіру та в очі – промити уражене місце водою.	Фотометрія	5	16
Дихлор етан	Сильнотоксичні. Зумовлює дистрофічні зміни у внутрішніх органах. Ознаки гострого отруєння – головний біль, сонливість, нудота. У важких випадках – втрата свідомості	10	2	Окуляри захисні ГОСТ ССБТ 12.4.013-85 Фартук гумовий ГОСТ ССБТ 12.4.029-76 Рукавички гумові ГОСТ ССБТ 14.4.103-83	У випадках отруєння – свіже повітря, при необхідності теплий душ	Фотометрія	5	36
Тетраметил етиленді амін	Загальноотоксичні. Уражає ЦНС. Попадаючи на шкіру, викликає опіки. В невеликих концентраціях – викликає подразнення шкіри обличчя та слизової оболонки носа.	1	2	Респіратор ШБ-1 пельюстка ГОСТ ССБТ 12.4.028-78 Тапочки шкіряні ГОСТ ССБТ 12.4.137-84 Противогаз марки В ГОСТ 12.4.121.83 Маска "Уз" ГОСТ 12.4.028-76	Свіже повітря. При потрапінні на шкіру – промити уражене місце водою.	Фотометрія	5	16
Ідкий натр	Подразнюючі. Ідка рідина, викликає хімічні опіки шкіри, очей	0,5	2		Промивати водою протягом 20 хв. Потім шкіру протерти 5% розчином перманганату калію.	Типометрія	5	36

В таблиці 9.2. представлені нормативні значення основних параметрів мікроклімату виробничих приміщень.

Таблиця 9.2

Мікроклімат виробничих приміщень виробництва

Категорія робіт	Період року	Температура повітря, °С		Відносна вологість, %		Швидкість руху повітря, м/с	
		Допустима	Оптимальна	Допустима	Оптимальна	Допустима	Оптимальна
2а	Холодний	17-23	18-20	40-60	75	0.3	0.2
	Теплий	27-30	21-23	40-60	75	0.4	0.3

1.2 Виробниче освітлення

На виробництві в приміщеннях передбачається природне, штучне й суміщене освітлення у відповідності з вимогами СНиП II-79.

Штучне освітлення представлене системою комбінованого освітлення, яке складається з рівномірного освітлення при якому світильники розміщуються у

					Заходи з охорони праці	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

верхній зоні приміщення й локалізованого освітлення, при якому додається освітлення робочого місця світильниками, що перебувають біля приладів.

Рівномірне штучне освітлення в цеху здійснюється за допомогою люмінесцентних ламп ЛБ-20-4 з використанням світильників розсіюваного світла типу АОДД, місцеве – світильниками з лампами розжарення типу СПБ в вологонепроникному виконанні. Напруга освітлювальної мережі 220 В. На заводі передбачене використання робочого, аварійного, евакуаційного й ремонтного освітлення. Для аварійного освітлення передбачають лампи розжарювання та люмінесцентні лампи (останні при температурі повітря не менше 10 °С).

У таблиці 9.3 представлені норми освітленості приміщень при штучному освітленні і КПО при природному та суміщеному освітленні.

Таблиця 9.3

Норми освітленості приміщень при штучному освітленні і КПО при природному та суміщеному освітленні

Розряд зорових робіт	Освітленість, лк		КПО, 1%	
	Штучне освітлення		Природне освітлення	Суміщене освітлення
	Комбіноване	Загальне		
IVВ	500	200	1,5	0,9

Контролюють освітлення згідно ГОСТ 2440-81, СНіП II-4-79, за допомогою фотометричного люксометру Ю-116.

Кольорова обробка приміщення та устаткування згідно зі СН 181-70 світлого чи темно-зеленого або сірого кольорів.

1.3 Виробничий шум та вібрація

Виробничий шум виникає в результаті роботи вентиляторів та електродвигунів встановлених в цеху. Шуми носять постійний характер. Гранично допустимий рівень звуку в приміщеннях підприємства згідно ДСН 3.36.037-99 становить 80 дБ.

					Заходи з охорони праці	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Джерелами вібрації на підприємстві є електродвигуни, вентилятори та насоси. Допустимий рівень вібрації 92 дБ.

Для зниження шуму, виникаючого при роботі двигунів, вентиляторів, компресорів та кондиціонерів передбачено застосування звукоізолюючих перетинок та глушителів шуму, які встановлюють на повітроводах та магістралях викиду повітря.

У приміщеннях, де шум перевищує допустимі нормативні значення, передбачене застосування заходів індивідуального захисту робітників. Згідно ДСН 3.36.042-99 такими заходами виступають навушники типу ВЦННІОТ.

Для захисту від вібрацій застосовують віброізолюючі пружинні елементи, які розміщують між віброуючою машиною та її основою. В якості цих елементів є загальні пружини та гумові прокладки.

1.4 Електробезпека

Електрообладнання цеху живиться електроенергією від трьохфазної чотирьохпроводної електромережі змінного струму, промислової частоти напругою 380/220 В з глухозаземленою нейтраллю. Основними причинами ураження людей електричним струмом є доторкання до відкритих струмоведучих частин, до струмопровідних елементів обладнання, які виявилися під напругою в результаті порушення ізоляції, а також ураження напругою та через електричну дугу.

Допустимі значення струму і напруги:

-в нормальному режимі роботи

$I_d = 0,3 \text{ мА}$ і $U_{\text{дот.}} = 3 \text{ В}$, з часом дії до 10 хвилин на добу.

в аварійному режимі роботи

$I_d = 6 \text{ мА}$ і $U_{\text{дот.}} = 36 \text{ В}$, при контакті більше 1 с.

Особливо небезпечне ураження електричним струмом можливе при одночасному дотику до металевих корпусів електрообладнання і до заземлених газових та водопровідних комунікацій. Найчастіше трапляються два випадки замикання ланцюга струму через тіло людини: коли вона торкається одночасно

					Заходи з охорони праці	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

двох провідників (двофазне) та коли вона торкається лише одного провідника (однофазне).

Перший випадок є небезпечним, оскільки до тіла людини прикладається лінійна напруга.

Однофазний дотик трапляється набагато частіше, ніж двофазний. Такий дотик менш небезпечний, тому що до тіла людини прикладається фазна напруга.

Струм, що проходить через людину у цьому випадку, становить:

$$I_l = \frac{U_\phi \cdot 10^3}{R_l + R_o}, \text{ мА} \quad (9.1).$$

де $U_\phi = 220$ – фазна напруга, В; $R_l = 2000$ – опір тіла людини, Ом; $R_o = 4$ –

опір нейтралі заземлення, Ом; $I_l = \frac{220 \cdot 10^3}{2000 + 4} = 109.8 \text{ мА}$

При цьому напруга дотику буде дорівнювати:

$$U_{\text{дот}} = I_l \cdot R_l = 0,1098 \cdot 2000 = 219,6 \text{ В} \quad (9.2).$$

Порівнюючи розраховані значення струмів з гранично допустимими згідно ГОСТ 12.1.038-82, можна зробити висновок, що при порушенні вимог ПУЕ в цеху можливі електротравми з тяжкими наслідками.

Для забезпечення електробезпеки передбачені наступні технічні способи та засоби: занулення, захисне відключення, вирівнювання потенціалів, мала напруга, ізоляція струмоведучих частин, електричний розділ мереж, загороджувальні пристрої, блокування, попереджуюча сигналізація, знаки безпеки, попереджувальні плакати.

Безпечність експлуатації при нормальному режимі електроустановок гарантується наступними заходами: ізоляцією струмоведучих частин, малими напругами (на переносних світильниках). Джерела малої напруги - спеціальні понижуючі трансформатори із вторинною напругою 12-36 В.

Розрахунок громовідводу.

					Заходи з охорони праці	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В результаті дії електричних зарядів грозових хмар на наземні предмети виникає електростатична індукція. Ці дії блискавки на металеві конструкції приводять до великої різниці потенціалу – вторинним проявам блискавки. При цьому може виникнути іскрення.

Для захисту будівлі від блискавки їх обладнують громовідводами.

Розрахунок імовірної кількості річних уражень будівлі

$$N = \frac{(s + 2r) * (L + 2r) * n}{10^6} ; N = \frac{(43 + 2 * 45) * (60 + 2 * 45) * 3,8}{10^6} = 0.07581 \quad (9.3).$$

Де s - ширина об'єкту, м (43м);

L – довжина об'єкту, м (60м);

r – величина рівна 1.5h (де h – висота об'єкту по його боковим стінкам);

n – середнє число уражень на 1 км² поверхні землі за рік в залежності від грозової діяльності.

Громовідвід складається з громоприймача, токовідводу та заземлення. Для захисту споруди використано стержневий громоприймач довжиною 3м та перерізом 100 мм² встановлений на даху будівлі.

Громовідвід встановлено на висоті 35 м від землі.

Зона захисту одиночного стержня громовідводу висотою 35 метрів, представляє собою у вертикальному перерізі конус з твірною у вигляді ломаної лінії. Основою конуса слугує коло, радіус якого 1.5h (52.5 м). Для графічної побудови зони захисту точки осі громовідводу, розміщені на висоті 0.8h (28 м), та h (35 м) висоти від землі, з'єднують прямими лініями з точками, розміщеними по обидва боки від основи громовідводу, на відстані відповідно 1.5 h(52,5) та 0.75 h(26,25).

Пожежна безпека

Причини загоряння: руйнування кабелю, проводки, електрозамикання, статична електрика, виникнення електродуги, перегрів електроустаткування.

					Заходи з охорони праці	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

На проектованому підприємстві можливе виникнення джерела загоряння в наслідок перевантаження електроустаткування, прямого удару блискавки в будинок.

Горючими елементами є дерев'яні двері, вікна, шафи з одягом у побутовому приміщенні. Крім цього може відбутися витік газу, що також може викликати загоряння проводки, загоряння ізоляційних матеріалів (внаслідок короткого замикання), електропроводки, масла для змащення встаткування.

Заходами безпеки є: ізоляція проводки, прокладка проводки в металічних трубах, теплоізоляція апаратів, таке розташування апаратів, яке не допускає схрещування теплових потоків.

На робочих місцях знаходяться протипожежні щити з комплектом засобів пожежогасіння, вогнегасниками, пінними вогнегасниками, ящиками з піском.

Для запобігання вибухів газопроводів їх періодично перевіряють на герметичність. Встановлюється пожежна сигналізація автоматичного типу на стелі.

Від прямого удару блискавки будинок має стрижневий громовідвід.

					Заходи з охорони праці	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. ОХОРОНА ДОВКІЛЛЯ

Сучасні тенденції та підходи до розвитку окремих галузей фармацевтичної та мікробіологічної промисловості свідчать про те, що питання виробництва споживання та якості продукції взаємопов'язані з поняттями "екологізація виробництва" та "екологізація технологій".

Екологізація виробництва - це процес неухильного і постійного впровадження систем технічних, управлінських, організаційних та інших рішень, які дають можливість підвищувати ефективність використання природних ресурсів, поліпшувати або зберігати якість природнього середовища на локальному, регіональному та глобальному рівнях.

Під екологізацією технологій розуміють розробку і впровадження у виробництво таких технологій, які при максимальному отриманні продукції високої якості забезпечували б зберігання екологічної рівноваги в навколишньому середовищі та природньому кругообігу речовин і енергії, не допускали б забруднення середовища.

Основу екологізації складають розробка і впровадження маловідходних, енерго- та ресурсозберігаючих технологій, а також таких природоохоронних технологій, як очищення відпрацьованого повітря та стічних вод. В основі підходу до екологізації технологічного циклу (ресурсного циклу) будь якого виробництва закладений соціо-екологоекономічний принцип. Він зберігається і в умовах ринкових відносин.

Кожне з фармацевтичних та мікробіологічних виробництв в тій чи іншій ступені забруднює навколишнє середовище за рахунок викиду ряду шкідливих речовин у атмосферу, утворення стічних вод і твердих відходів.

Мікробіологічна промисловість займає 14-е місце серед галузей і виробництв промислового циклу за рівнем забруднення навколишнього середовища.

					160180.ДП.12.010.ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Охорона довкілля					
Розроб.		Байрамов Р.Р.						Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Бабанова О.І.							115	3
Реценз.								НУХТ гр. ОФ-4-14		
Н. Контр.										
Затверд.		Гавва О.М.								

Захист навколишнього середовища на підприємствах фармацевтичної промисловості складається із ряду заходів виявлення джерел забруднення та їх утилізацію.

Особливе місце серед природо охоронних заходів займають заходи по впровадженню безвідходних технологій.

Викиди промислових підприємств підрозділяють на неорганізовані та організовані.

Неорганізовані викиди - це викиди газів, пари, пилу та сточних вод, які утворюються у результаті нещільностей в апаратах, установках, трубопроводах, комунікаціях, через віконні та дверні проєми, особливо при відкритих процесах завантаження і розвантаження продуктів, при погано організованому транспортуванні та складуванні пилячих та виділяючих газу матеріалів, хімікатів, відходів виробництв. Особливо небезпечні для повітряного середовища та водоймищ аварійні (залпові) викиди рідких та газоподібних речовин, які утворюються при порушеннях технологічних процесів, при несправностях та за іншими причинами.

Організовані викиди - це викиди, які відводять від місць їх утворення системою повітроводів, газоходів (димові труби, шахти, загальнообмінні вентиляційні системи) від технологічного обладнання.

Викиди в атмосферу фармацевтичними підприємствами можна поділити на наступні групи:

- викиди, які супроводжуються при виділенні енергії та теплоти і в результаті використання транспортних засобів з двигунами внутрішнього згорання;
- викиди, які супутні основним технологічним процесам;
- викиди цехів по переробці вторинних матеріальних ресурсів;
- викиди допоміжних цехів та виробництв.

Джерелом першої групи викидів на підприємстві є теплоелектроцентралі та паросилове обладнання, а також автотранспорт.

					Охорона довкілля	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для контролю за станом атмосфери розроблені спеціальні санітарно-гігієнічні норми. Основною фізичною характеристикою домішок атмосфери є концентрація речовини в одиниці об'єму (мг/м^3) повітря при нормальних умовах.

У табл. 10.1. наведені значення ГДК деяких найбільш характерних забруднювачів атмосферного повітря.

Таблиця 10.1.

Значення ГДК деяких найбільш характерних забруднювачів атмосферного повітря

Речовини	Клас небезпеки	Гранично допустима концентрація, мг/м^3	
		ГДК _{м.р.}	ГДК _{ед}
NO_2	2	0,085	0,04
CO	4	5,000	3,00
SO_2	3	0,500	0,05
Хлор	2	0,1	0,03
Озон	1	0,160	0,003
Аміак	4	0,200	0,04
Спирт:			
Метиловий	3	1,000	0,50
Етиловий	4	5,000	5,00

Стічні води фармзаводу (води використані у виробничому циклі та призначені для спуску у водойми або каналізацію) являють собою складну фізико-хімічну систему. В ній затримуються не тільки розчинні частки, але й частки різного ступеня дисперсності (від 10^{-9} до 10^{-2} м). Крім зважених часток в них міститься значна кількість забруднювачів, розчинених речовин органічного і неорганічного походження. У стоках не міститься кінобіотики, тобто речовини несумісної з життям, але це не виключає наявності у стоках небезпечних для життя важких металів, радіонуклідів, пестицидів та канцерогенів. Способи очистки промислових стічних вод вибираються, виходячи зі складу забруднених стоків, що скидаються. Фармацевтична та мікробіологічна промисловість в незначній мірі забруднює навколишнє середовище. На всі викиди встановлені ліміти. Вони відповідають екологічним нормативам України.

					Охорона довкілля	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В даній роботі «Модернізація комплексу обладнання для виготовлення лікарських засобів мазевого типу продуктивністю 58 кг/добу», було розглянуто комплекс для отримання тетераметилетилендіаміну.

Для підтвердження працездатності конструкцій реактора та перегонного кубу, які входять до комплексу, були проведені тепловий, енергетичний та конструктивний розрахунки, розрахунки на міцність а також розрахунок на вібростійкість для вала перемішуючого пристрою реактора.

Кожухотрубні теплообмінники для охолодження парів диметиламіну, що надходять в поглинальну колонну де поглинаються холодною водою, яку теж потрібно охолоджувати було замінено на пластинчатий теплообмінник, який складається з трьох секцій. Рух теплоносіїв організовано таким чином, що розсіл виходячи після охолодження води в першій секції з тією ж температурою розділений на два потоки подається в другу та третю секції для охолодження дитетиламіну.

Таким чином зменшуються витрати розсолу, довжина трубопроводів та енергія яка необхідна для доставки охолоджуючого агенту до місця призначення, тобто до теплообмінника, а також кількість апаратів необхідних для охолодження.

Для покращення роботи цього обладнання була проведена модернізація пластинчатого теплообмінника, а саме зміна форми перерізу каналу. Зі зміною форми каналу зменшується і площа теплообміну, що дуже важливо з економічної точки зору .

Для підтвердження працездатності конструкції теплообмінника були проведені тепловий, конструктивний та гідромеханічний розрахунки, а також розрахунки на міцність. Проведений патентний пошук даного теплообмінника та

					160180.ДП.12.000.ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Висновки					
Розроб.		Байрамов Р.Р.						Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Бабанова О.І.							118	2
Реценз.								НУХТ гр. ОФ-4-14		
Н. Контр.										
Затверд.		Гавва О.М.								

виконано порівняльний аналіз основних показників конструкції з діючими аналогами.

На підставі аналізу шкідливих і небезпечних виробничих факторів (ШВНФ) розроблені заходи, спрямовані на створення здорових безпечних умов праці. Були дані рекомендації з монтажу та експлуатації.

Ефект даної модернізації полягає в тому, що зменшуються витрати розсолу, довжина трубопроводів та енергія, яка необхідна для доставки охолоджуючого агенту до місця призначення, тобто до теплообмінника.

					Висновки	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Лунин О.Г., Вельтищев В.Н. Теплообменные аппараты пищевых производств. – М.: Агропромиздат, 1987. – 239 с.: ил.
2. Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии: пособие по курсовому проектированию. – М: Химия, 1983. -496 стр.
3. Ануриев В.И. Справочник конструктора машиностроителя. Москва. Машиностроение. 1978. том 1.
4. Ануриев В.И. Справочник конструктора машиностроителя. Москва. Машиностроение. 1978. том 2.
5. Ануриев В.И. Справочник конструктора машиностроителя. Москва. Машиностроение. 1978. том 3.
6. Краткий справочник физико-химических величин. Изд. 8-е, перераб./Под ред. Равделя А.А. и Пономаревой А.М. – Ленинград: Химия, 1983.
7. Коваленко Л.М., Мануалей П.Е., Ширококов И.Ф. Каталог: “Пластинчатые теплообменники”. Цинтихимнефтемаш, 1974. – 59 стр.
8. Калунянц К.А., Голгер Л.И., Бала шов В.Е. Оборудование микробиологических производств.- М.: Агропромиздат, 1987.-397с.
9. Меньшутина Н.В., Мишина Ю.В., Алвес С.В. Инновационные технологии и оборудование фармацевтического производства. - Т.1. - М.: Издательство БИНОМ, 2012. - 328 с., ил.
10. ТОВАЖНЯНСКИЙ Л.Л., ГОТЛИНСКАЯ А.П. и др. Процессы и аппараты химической технологии. Учебник. В двух книгах. Книга 1 Под общ. ред. Л.Л. ТОВАЖНЯНСКОГО. - Харьков НТУ «ХПИ», 2004. – 632 с.
11. Плаксин Ю.М., Малахов Н.Н., Ларин В.А. Процессы и аппараты пищевых производств. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: КолосС, 2007. - 760 с.: ил. - (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений).

					160180.ДП.12.000.ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Список використаної літератури					
Розроб.		Байрамов Р.Р.						Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Бабанова О.І.							120	122
Реценз.								НУХТ гр. ОФ-4-14		
Н. Контр.										
Затверд.		Гавва О.М.								

12. Никитин В. С, Бурашников Ю. М. Охрана труда на предприятиях пищевой промышленности. – М.: Агропромиздат, 1991. – 350 с.
13. Автоматизация производственных процессов в машиностроении/Н. М. Капустин, П. М. Кузнецов. – М.: Высш. шк., 2004. – 415 с.
14. Сологуб М. А. Матеріалознавство і технологія матеріалів. – К.: НУХТ, 2008. – 123 с.
15. Якушев А. М. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения. – М.: Машиностроение, 1987. – 352 с.
16. Кирилук Ю.Е. Допуски и посадки: Справочник. – К.: Вища шк., 1989. – 135с.
17. Штефан Є. В. Технологічні основи машинобудування: Курс лекцій. – К.: НУХТ, 2008. – 61 с.
18. Технология лекарственных форм: Учебник Т 38 в 2-х томах. Том 2/ Р. В. Бобылев, Г. П. Грядунова, Л.А. Иванова и др., Под ред. Л.А. Ивановой. - М.: Медицина, 1991. - 544 с.
19. Чуешов В.И. и др. Промышленная технология лекарств: учебник в двух томах / Под ред. В.И. Чуешова - Х.: МТК-Книга; изд-во НФАУ, 2002. – Т. 1.- 560с.
20. Чуешов В.И. и др. Промышленная технология лекарств: учебник в двух томах / Под ред. В.И. Чуешова - Х.: МТК-Книга; изд-во НФАУ, 2002. – Т. 2. -716с.
21. Муравьев И.А. Технология лекарственных форм: учебник для учащихся фармацевтических училищ, 2-е издание, перераб. и дополн. - М.: Медицина, 1988. - Т. 1,2 - 751 с.
22. Автоматизация виробничих процесів, методичні вказівки до виконання курсової роботи, - К.: УДУХТ, 2002р.
23. Гальперин Д.М., Горбатов В.М., Монтаж, наладка, эксплуатация и ремонт оборудования.- М.: Пищевая промышленность, 1975. – 576 с.
24. Тютенков О. Л., Филиппин Н. А., Яковлева Ж. И. Тара и упаковка готовых лекарственных средств.— М.: Медицина, 1982.— С. 3—59.

					Список використаної літератури	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2

Матеріали 86 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів "Наукові здобутки молоді – вирішення проблем харчування людства у XXI столітті", 2–3 квітня 2020 р. – Київ: НУХТ. – Ч.2.

38. Модернізація комплексу для отримання мазевих лікарських засобів

Руслан Байрамов, Олена Бабанова

Національний університет харчових технологій

Вступ. Метою дослідження є модернізація обладнання для отримання тетраметилетилендіаміну, яке направлено на зменшення енерговитрат, а отже зменшення собівартості готової продукції.

Матеріали і методи. Тетраметилетилендіамін (ТЕМЕД) – $(\text{CH}_3)_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{N}(\text{CH}_3)_2$ – безбарвна рідина із густиною $0,78 \text{ г/см}^3$. Концентрація нерозведеного ТЕМЕД близько $6,7 \text{ моль/л}$. ТЕМЕД не є ініціатором полімеризації акриламідів, але служить каталізатором цього процесу. Він ефективний лише у своїй неіонізованій формі, тому при полімеризації акриламідів у кислому середовищі вміст ТЕМЕД слід значно збільшувати. У нейтральному або лужному середовищі ТЕМЕД можна додавати у кількості, еквімолярній у відношенні до персульфату.

Результати і обговорення. На сьогоднішній день на території України функціонує один завод по виробництву тетраметилетилендіаміну – ВАТ "Фармак". Тетраметилетилендіамін (ТЕМЕДА) є продуктом для виробництва етонію, який використовується для загосення після термічних, хімічних та променевих ожогів (має бактеріостатичні та бактеріцидні властивості) в фармакології та для лікування бактеріальних шлунково-кишкових захворювань у ветеринарії.

Недоліком існуючої технології виробництва ТМЕДУ – є високі витрати енергії. Це досить вагомо впливає на собівартість кінцевого продукту. Тому постає необхідність модернізації комплексу для отримання мазевих лікарських засобів, що дозволить випускати більш дешевий продукт.

Модернізація комплексу полягає у заміні трьох кожухотрубних теплообмінників (двох для охолодження диметиламіну та одного для охолодження води) на один пластинчатий. Рух теплоносіїв в такому теплообміннику організовано таким чином, що розсіл виходячи після охолодження води в першій секції з тією ж температурою розділений на два потоки подається в другу та третю секції для охолодження дитетиламіна.

Кожухотрубні теплообмінники для охолодження парів диметиламіну, що надходять в поглинальну колонну де поглинаються охолодженою водою, яку теж потрібно охолоджувати, було замінено на пластинчатий теплообмінник, який складається з трьох секцій. Рух теплоносіїв організовано таким чином, що розсіл виходячи після охолодження води в першій секції з тією ж температурою розділений на два потоки подається в другу та третю секції для охолодження дитетиламіна.

Для покращення роботи обладнання була проведена додаткова модернізація пластинчатого теплообмінника, а саме зміна форми перерізу каналу. Зі зміною форми каналу зменшується і площа теплообміну.

Висновок. Таким чином зменшуються витрати розсолу, довжина трубопроводів та енергія яка необхідна для постачання охолоджуючого агенту до місця призначення, тобто до теплообмінника, а також кількість апаратів необхідних для охолодження.

Після модернізації об'єми виробництва лишаються незмінними, а витрати на електроенергію значно зменшаться в результаті зменшення потоків охолоджуючого агенту, а отже і зменшення потужності необхідної для постачання охолоджуючого агенту до теплообмінника. Також зменшується довжина трубопроводів, а отже й металоемність обладнання.