

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра хімічної інженерії

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри

_____ *підпис, дата*

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

зі спеціальності 133 "Галузеве машинобудування"

Освітня програма «Обладнання нафто- та газопереробних виробництв»

Тема роботи: Газофракціонуюча установка. Розробити конденсатор – холодильник ізопентанової колони.

студент групи ХМ-71

Муравицький Д.С.

_____ *підпис*

Залікова книжка

№ 039

Кваліфікаційна робота бакалавра:
захищена на засіданні ЕК
з оцінкою _____

Керівник:
к.т.н., доцент Михайловський Я.Е.
посада, прізвище та ініціали

_____ *Підпис голови
(заступника голови) комісії*

_____ *дата, підпис*

СУМИ 2021
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Кафедра хімічної інженерії

Спеціальність 133 "Галузеве машинобудування"
Освітня програма " Обладнання нафто- та газопереробних виробництв »"

Курс_4___ Група ХМ-71 Семестр __8__

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

студенту Муравицькому Д.С.

1 Тема проекту: «Газофракціонуюча установка. Розробити конденсатор – холодильник ізопентанової колони».

2 Вихідні дані: Гарячий теплоносій (у міжтрубному просторі) –ізопентанові пари у кількості $G_r = 370$ кмоль/год з температурою $t_{rn} = 50$ °С під тиском $p_n = 2$ ат; температура конденсату, що надходить у ємкість зрошення $t_{rk} = 35$ °С; тиск у ємкості зрошення $p_k = 1,35$ ат. Холодний теплоносій (у трубному просторі)– вода з початковою температурою $t_{xp} = 20$ °С. Розробити кожухотрубчастий теплообмінник з нерухомими трубними решітками

3 Перелік обов'язкового графічного матеріалу (аркуші А1):

- | | |
|--|--------|
| 1. <u>Технологічна схема установки</u> | 1 арк. |
| 2. <u>Складальне креслення апарату</u> | 1 арк. |
| 3. <u>Креслення деталей і вузлів апарату</u> | 2 арк. |

4 Рекомендована література Кузнецов А.А., Судаков Е.Н. Расчеты основных процессов и аппаратов переработки углеводородных газов: Справочное пособие. — М.: Химия, 1983. — 224

5 Етапи виконання кваліфікаційної роботи:

Етапи та розділи проектування	ТИЖНІ				
	1	2,3	4,5	6,7	8
1 Вступна частина	x				
2 Технологічна частина		xx			
3 Проектно-конструкторська частина			xx		
4 Розробка креслень				xx	
5 Оформлення записки					x
6 Захист роботи					x

6 Дата видачі завдання _____

Керівник _____

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: с.73, 5 рис., 2 табл., 3 додатки, 12 джерел.

Графічні матеріали: технологічна схема установки, складальне креслення апарата – всього 2 аркуша формату А1.

Тема проекту «Газофракціонуюча установка. Розробити конденсатор - холодильник ізопентанової колони.»

Наведено теоретичні основи і особливості ізопентанової колони газофракціонуючої установки, виконані розрахунки матеріального і теплового балансів процесу, виконані технологічні розрахунки апарата, визначені його розміри.

Ключові слова: АПАРАТ, УСТАНОВКА, МЕТАНОЛ, КОЛОНАРЕКТИФІКАЦІЙНА, РОЗРАХУНОК.

Зміст

Введення	5
1. Технологічна частина	8
1.1 Опис технологічної схеми виробництва	8
1.2 Теоретичні основи процесу теплообміну	10
1.3 Опис об'єкта розробки, вибір матеріалів	13
2. Технологічні розрахунки процесу і апарату	21
2.1 Тепловий баланс процесу	21
2.2 Технологічні розрахунки	20
2.3 Конструктивні розрахунки	24
2.4 Гідравлічний опір апарату.....	26
2.5 Вибір допоміжного обладнання.....	33
3. Розрахунки апарату на міцність.....	34
3.1 Розрахунок товщини стінки корпусу і кришки апарата.....	37
3.2 Вибір і розрахунок опори.....	33
3.3 Зміцнення отворів.....	35
4 Монтаж та ремонт апарату.....	40
4.1 Монтаж розробленого апарата.....	42
4.2 Ремонт апарата.....	49
5 Охорона праці.....	57
Список використаної літератури	71
Додаток: Специфікації до крес	

						<i>XI.A.00.00.00 ПЗ</i>		
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата				
Розробник.	Муравицький				Літ.	лист	листів	
Перевір.	Михайлоський				4	74		
Рецензії.					<i>СумДУ ХМ-71</i>			
Н. Контр.								
Затвердив.								
					Конденсатор – холодильнікозопента- нової колонигазофракціонуючої установки			

ВСТУП

Розвиток хімічної промисловості є основою хімізації народного господарства. У зв'язку з цим, першочергового значення набувають розробки сучасних конструкцій машин і апаратів хімічних виробництв, інтенсифікації виробничих процесів, зниження вартості обладнання, розробка природоохоронних заходів, чому сприяє його правильний розрахунок і конструювання.

У хімічній промисловості здійснюються різноманітні процеси, в яких вихідні матеріали в результаті хімічної взаємодії зазнають глибоких перетворень, що супроводжуються зміною агрегатного стану, внутрішньої структури і складу речовин. Поряд з хімічними реакціями, які є основою хіміко - технологічних процесів останні зазвичай включають численні фізичні (в тому числі і механічні) і фізико - хімічні процеси. До таких процесів належать: переміщення рідин і твердих матеріалів, подрібнення і класифікація останніх, стиснення і транспортування газів, нагрівання та охолодження речовин, їх перемішування, розділення рідких і газових неоднорідних сумішей випарювання розчинів, сушка матеріалів та ін. При цьому спосіб проведення зазначених процесів часто визначає можливість здійснити, ефективність і рентабельність виробничого процесу в цілому. Таким чином, технологія виробництва найрізноманітніших хімічних продуктів і матеріалів (кислот і лугів, солей, мінеральних добрив барвників, полімерних і синтетичних матеріалів, пластичних мас) включає ряд однотипних фізичних і фізико-хімічних процесів, що характеризуються загальними закономірностями. Ці процеси в різних виробництвах проводяться в аналогічних за принципом дії машинах і апаратах.

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

Процеси і апарати, загальні для різних галузей хімічної технології отримали назву основних процесів і апаратів. Наприклад, одним з основних процесів є теплообмін. цей процес застосовується при отриманні багатьох речовин і продуктів.

Процеси теплообміну відіграють важливу роль в сучасній техніці. Особливо широко процеси теплообміну використовуються в хімічній, енергетичній, металургійної та харчової промисловості.

Теплообмінними апаратами називаються пристрої, призначені для передачі тепла від одного теплоносія до іншого при здійсненні різних теплових процесів: нагріванні, охолодженні, кипінні, конденсації та ін. В промисловості використовуються різноманітні типи теплообмінного обладнання, однак найбільш широке застосування знаходять кожухотрубні теплообмінники. Ці теплообмінники не володіють особливою компактністю, але мають високу механічну міцність і можуть бути використані в різних областях. За винятком охолоджувача з оребренними трубами спеціального призначення, це фактично єдиний пристрій, яке можна застосовувати при великих площах поверхні теплообміну, тисках вище 2 МПа і температурах понад 250 ° С.

Як впливає з назви, кожухотрубний теплообмінник має кожух (судини високого тиску), що містить пучок труб. Труби, що кріпляться до трубних дошок, можуть бути гладкими або оребренними і розташовуються паралельно поздовжньої осі кожуха.

Газофракційні установки, служать для поділу суміші легких вуглеводнів на індивідуальні, або технічно чисті, речовини. Установки такого типу входять до складу газобензинових, газопереробних, нафтохімічних і хімічних заводів. Для переробки до них надходить сировина - газові бензини, отримані з природних і нафтопереробних газів, продукти стабілі-

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

зації нафти, газу піролізу і крекінгу. Поділ сумішей вуглеводнів здійснюється ректифікацією в колонних апаратах.

Схема поділу газового бензину в Р. в. включає попереднє нагрівання в теплообміннику газового бензину і подачу його в пропанову колону. З верхньої частини колони відводяться пари пропану, які конденсуються в конденсаторі-холодильнику і надходять в ємність зрошення.

Частина пропану повертається на верх колони як зрошення, а надлишок відводиться у вигляді готового продукту.

Рідина з низу колони після підігріву надходить для подальшого поділу за такою ж схемою в наступну колону, де з неї виділяється у вигляді верхнього продукту суміш бутану, а з нижньої частини відводиться бензин.

Аналогічним чином проводиться поділ бутану на ізобутан і нормальний бутан, а бензину - на ізопентан, нормальний пентан, гексани і т. д. [3]

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1. Технологічна частина

1.1 Опис технологічної схеми

На рис. представлена схема газофракціонуючої установки для виділення з бензинової фракції ізопентану і н-пентану.

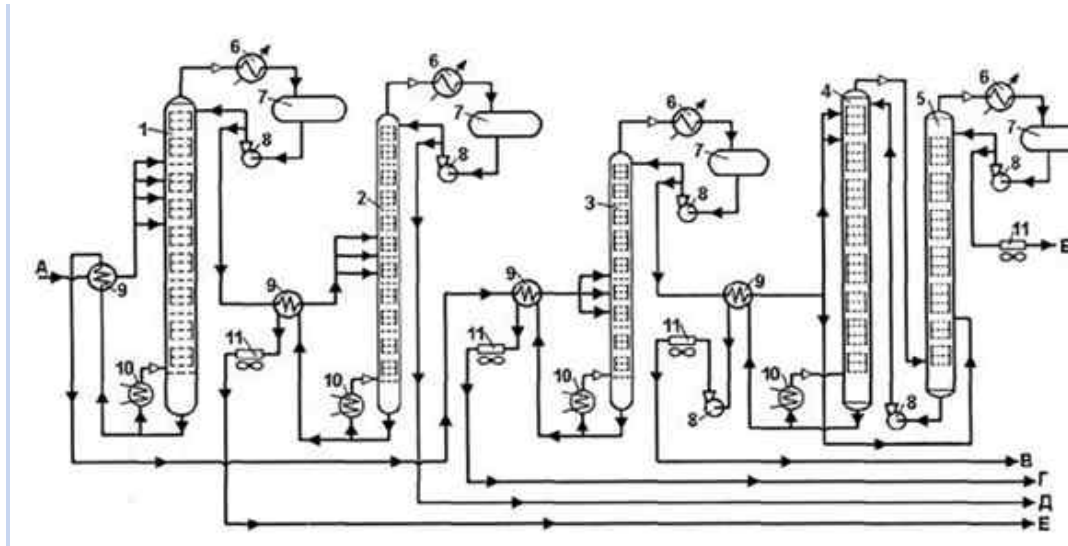


Рис.1 Технологічна схема газофракційної установки з виділенням ізбензинової фракції ізопентану і н-пентану

1 – бутанова колона; 2 – пропанова колона; 3 – пентанова колона; 4 - нижня частина ізопентанової колони; 5 - верхня частина ізопентанової колони; 6 - холодильник-конденсатор; 7 - ємність; 8 – насос; 9 – теплообмінник; 10 - кип'ятильник 11 – холодильник.

Нестабільний деетанізований бензин після підігріву в теплообміннику

9 надходить в бутанову колону 1, в якій в якості верхнього продукту відводиться збагачена пропаном і бутаном фракція, подається в пропановий колону 2 на поділ. З кубової частини бутанової колони відводиться фракція, збагачена компонентами C_5 + вищі, що подається на поділ в пентанових колону 3.

У пентановій колоні 3 в якості товарного продукту кубової частини колони відводиться гексан + вищі, як верхній шар продукту відводиться пентанових фракція, яка містить ізопентан і н-пентан. Ця фракція потім розділяється в ізопентановій розрізній колоні, що складається з окре-

михпоруч стоять ректифікаційних колон, що працюють як одна ціла.

Колона 4 працює як нижня, і з її кубової частини відводиться н-пентан в товарний парк. Колона 5 працює як верхня, і кубовий продукт насосом 8 відводиться на зрошення колони 4, а продукт верхній частині - ізопентан - після охолодження в холодильнику 11 відводиться в парк товарної продукції. Холодильниками верхніх частин колони є повітряні конденсатори або холодильники-випарники звичайних холодильних установок (аміачної або пропанового).

Температурний режим верхній частині колони вибирають таким, щоб забезпечити максимальну конденсацію парів в холодильниках-конденсаторах. Кубові частини колон обігріваються парами, які отримуються в кип'ятильниках, що використовують в якості теплоносія насичений водяна пара або циркулює нафтопродукт (дизельне паливо).

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		9

1.2 Теоретичні основи процесу теплообміну

Теплообміном називається процес перенесення теплоти між тілами, що мають різну температуру. При цьому теплота переходить мимовільно від більш нагрітого до менш нагрітого тіла. Теплообмін між тілами є обмін енергією між молекулами, атомами і вільними електронами, в результаті, якого інтенсивність руху частинок більш нагрітого тіла знижується, а менш нагрітого

- зростає. Всі теплообмінні процеси можна умовно розділити на наступні групи: нагрівання, охолодження, конденсація, випаровування. Нагрівання - підвищення температури матеріалів шляхом підведення тепла. Охолодження – зниження температури матеріалів шляхом відводу від них тепла. Конденсація

- зниження пари якої-небудь речовини шляхом відводу від них тепла. Випаровування - перехід в пароподібний стан будь-якої рідини шляхом підведення до неї тепла. Окремим випадком випаровування є процес випарювання - концентрування при кипінні розчинів твердих нелетких речовин шляхом видалення рідкого летючого розчинника у вигляді пари.

Рушійною силою будь-якого теплообмінного процесу є різниця температур середовищ, при наявності якої тепло поширюється від середовища з більшою температурою до середовища з меншою температурою. Тіла, які беруть участь в теплообміні, називаються теплоносіями. Теплоносії з більш високою температурою називають гарячими, теплоносії з більш низькою температурою - холодними. Дуже важлива також схема руху теплоносіїв. Від неї сильно залежить характер процесу. Існує кілька схем руху потоків теплоносіїв. Прямоточна схема- гарячий теплоносій взаємодіє з холодним через стінку, при цьому потоки спрямовані пара-

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

лельно один одному і в одномунапрямку, протинапрямкові потоки паралельні, але спрямовані в протилежні сторони, перехресні потоки спрямовані під кутом відносно один одного.

Тепловіддача при конденсації, а також тепловіддача при кипінні рідин протікають при зміні агрегатного стану теплоносіїв. Особливість цих процесів полягає насамперед в тому, що тепло підводиться або відводиться при постійній температурі.

Тепловіддача при конденсації, а також тепловіддача при кипінні рідин протікають при зміні агрегатного стану теплоносіїв. Особливість цих процесів полягає насамперед в тому, що тепло підводиться або відводиться при постійній температурі. Тепловіддача при конденсації насичених парів є складне явищеодночасного переносу теплоти (визначається теплотою пароутворення) і маси (яка визначається кількістю сконденсованого пара).

Конденсація насиченої пари на охолодженій поверхні призводить до значної інтенсифікації теплообміну в порівнянні, наприклад, з теплообміномвід газу до стінки. При цьому механізм конвекції абсолютно інакший.Молекули пара не тільки переносяться до охолоджуваної стінки вихорамитурбулентного потоку, а й створюють ще й власні поступальні рухи до стінки,так як в безпосередньому сусідстві з нею відбуваються конденсація пара і різкезменшення його обсягу.

Утворений конденсат стікає по стінці, а до стінкипідходить свіжий пар. Чим холодніша стінка, тим інтенсивніше відбувається конденсація і рух молекул пара до стінки. Перенесення теплоти з основної маси пара до стінки відбувається настільки швидко, що ступінь турбулізації потоку не істотно не впливає на процес і часто може не враховуватися в розрахунках. На добре змочуваних поверхнях краплі конденсату,

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		111

зливаючись один з одним, утворюючи рідку плівку, яка під дією сили тяжіння стікає.

Розрахунок теплообмінного апарату включає: визначення необхідної поверхні теплопередачі, вибір типу апарату і нормалізованого варіанти конструкції, які відповідають заданим технологічним умовами оптимальним чином. Необхідну поверхню теплопередачі визначають з основного рівняння тепло-

$$F = \frac{Q}{\Delta t_{cp} \cdot K}$$

Δt_{cp} - середня різниця температур, °С;

K - коефіцієнт теплопередачі, Вт / (м² · К).

Теплове навантаження Q відповідно до заданими технологічними умовами знаходять по одному з наступних рівнянь:

Якщо агрегатний стан теплоносіїв не змінюється:

$$Q = G \cdot C \cdot (t_1 - t_2)$$

де C - теплоємність теплоносія, Дж / (кг · К)

t_1, t_2 - температури теплоносія на вході і виході з теплообмінника, °С При випаровуванні рідини без попереднього нагрівання:

$$Q = G \cdot r$$

де r - питома теплота пароутворення, Дж / кг.

При випаровуванні рідини з попереднім підігрівом:

$$Q = G \cdot (l - ct)$$

де l - ентальпія пара, Дж / кг.

При проектуванні теплообмінника також необхідно враховувати конструктивні особливості апарату. Труби в кожухотрубних теплообмінниках намагаються розмістити так, щоб зазор між внутрішньою стінкою кожуха і поверхнею, що обгинає пучок труб, був мінімальним, в

										Лист
										122
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

іншому випадку значна частина теплоносія може минути основну поверхню теплообміну. Для зменшення кількості теплоносія, що проходить між трубним пучком і кожухом, в цьому просторі встановлюють спеціальні наповнювачі або глухі труби, які не проходять через трубні решітки та можуть бути розташовані безпосередньо у внутрішній поверхні кожуха. [4]

1.3 Опис об'єкта розробки, вибір матеріалів

Випарники кожухотрубчатого типу застосовують у складі холодильної установки установках для випаровування робочого тіла і відведення тепла від хладоносія або охолоджувального середовища.

У холодильних установках великої продуктивності переважно використовують горизонтальні випарники з подачею гарячого теплоносія в трубний простір, випаровуванням холодного теплоносія в міжтрубному просторі і організацією парового простору для сепарації крапель киплячої рідини.

Даний апарат відноситься до теплообмінних апаратів тепло в якому, від гарячого теплоносія до холодного передається через стінку (в нашому випадку через тонку стінку металевої трубки).

Гарячий теплоносій - дистилат і зрошення ізопентанової колони вводиться в міжтрубний простір апарату, холодний теплоносій - вода, надходить в трубний простір апарату. Такий розподіл теплоносіїв в апараті викликається зручністю технічного обслуговування (часте очищення поверхонь труб від внутрішніх відкладень). Кожухотрубні теплообмінники - це найбільш поширений вид теплообмінних апаратів. Їх застосовують для теплообміну і термохімічних процесів між різними рідинами, газами і парами - як без зміни, так і зі зміною їх агрегатного стану.

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		133

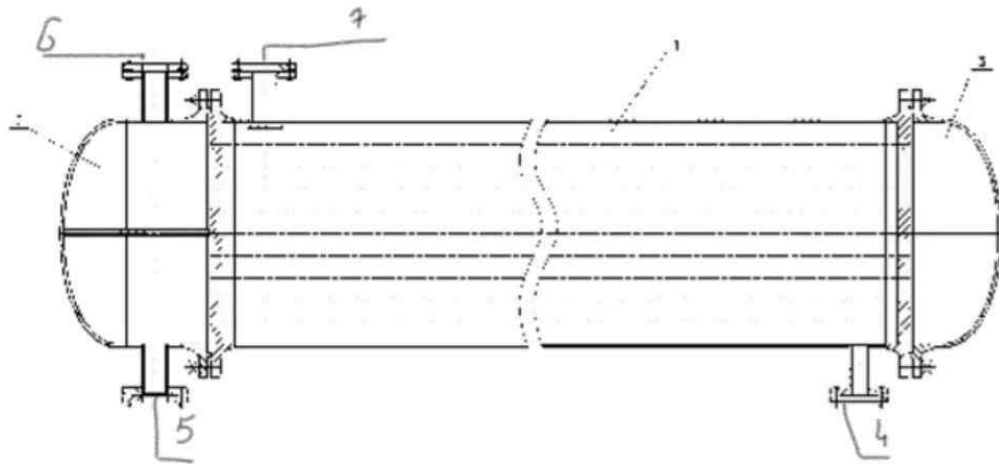


Рис.1.1- Ескіз теплообмінного апарата

1 – трубчатка; 2 – розподільна камера; 3 – кришка; 5, 6 – штуцера для входу та виходу теплоносіїв із трубного простору; 4,7 – для міжтрубного.

Теплообмінники застосовуються в якості конденсаторів, підігрівачів і випарників. В даний час їх конструкція в результаті спеціальних розробок з урахуванням досвіду експлуатації стала набагато більш досконалою. У ті ж роки почалося широке промислове застосування кожухотрубних теплообмінників в нафтовій промисловості.

Кришка та розподільна камера кріпиться до корпусу за допомогою фланцевого з'єднання.

Теплообмінники типу ТН відрізняються простим пристроєм і порівняно дешеві, однак їм притаманний великий недолік. Важке очищення зовнішніх поверхонь труб механічним способом, а теплоносії в деяких випадках можуть містити домішки, здатні осідати на поверхні труб у вигляді накипу, відкладень і ін. Шар таких відкладень має малий коефіцієнт теплопровідності і здатний вельми істотно погіршити теплопередачу в арат.

У промисловості використовуються різноманітні типи жароміцного теплообмінного устаткування, проте найбільш широке застосування зна-

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		144

ходять кожухотрубні теплообмінники. Ці теплообмінники не володіють особливою компактністю, але мають високу механічну міцність і можуть бути використані в різних областях. Як один з різновидів кожухотрубних теплообмінників, конденсатори також отримали дуже широке поширення в різних галузях промисловості. Устаткування цього типу можна застосовувати при великих площах поверхні теплообміну, тисках вище 2 МПа і температурах понад 250° С. Тип апарату ми приймаємо з нерухомими трубними решітками, так як температурна різниця середовищ невелика.

Матеріали для виготовлення хімічних апаратів і машин потрібно вибирати відповідно до специфіки їх експлуатації, враховуючи при цьому можливу зміну вихідних фізико-хімічних властивостей матеріалів під впливом робочого середовища, температури і протікають хіміко технологічних процесів. При виборі матеріалів для апаратури необхідно керуватися галузевим стандартом ОСТ 26-291-94. Вибір матеріалу необхідно починати з уточнення робочих умов: температури, тиску, концентрації оброблюваної середовища.

При конструюванні хімічної апаратури до конструкційних матеріалів пред'являються наступні основні вимоги:

- 1) достатня загальна хімічна і корозійна стійкість в агресивному середовищі з заданими концентрацією, температурою і тиском;
- 2) достатня механічна міцність при заданих тиску та температурі технологічного процесу;
- 3) здатність матеріалу зварюватись із забезпеченням високих механічних властивостей зварних з'єднань і корозійної стійкості їх в агресивній середовищі.

Для виготовлення деталей і вузлів, які контактують з робочою се-

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		155

редовищем- ізопентан і вода, вибираємо матеріал - сталь 09Г2С [1],

Працездатність виробу, тобто стан, при якому воно здатне нормально виконувати задані функції, оцінюється критеріями міцності, жорсткості, стійкості, зносостійкості, корозійної стійкості.

Завдяки широкому спектру властивостей, які визначаються складом і хіміко-термічною обробкою, сталь - найбільш поширений конструкційний матеріал.

09Г2С - відноситься до класу низьколегованих сталей, Спосіб поставки - листовая сталь. Сталь, яка характеризується підвищеною міцністю і ударною в'язкістю в інтервалі температур від -70 до + 475 0 С. Поріг холодоломкості лежить нижче - 100 0 С. Дана сталь у вигляді листового прокату широко застосовується для зварної хімічної апаратури відповідального призначення, що працюють переважно при низьких температурах (до -70 0 С) [11].

Сталь добре деформується в гарячому і холодному стані, легко піддається обробці різанням. Дуже добре зварюється усіма видами зварювання. Однак через велику в'язкості вона гірше піддається механічній обробці. Крім того, сталь нестійка в багатьох агресивних середовищах.[4]

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		166

Вибір конструкційних матеріалів

При виборі конструкційних матеріалів на основні деталі проектного апарату враховуються такі його найважливіші властивості: міцності, жаростійкість і жароміцність, корозійна стійкість при агресивному впливі середовища, фізичні властивості, технологічні характеристики, мала схильність до старіння, склад і структура матеріалу, вартість і можливість його отримання, наявність стандарту або затверджених технічних умов на його поставку (техніко-економічні показники).

Вибір конструкційних матеріалів на основні деталі проектного апарату здійснюється відповідно до рекомендацій ([1], розд.1).

Сталь 16ГС ГОСТ 19282. Замінники: Сталь 17ГС, сталь 15ГС, сталь 20Г2С, сталь 20ГС, сталь 18Г2С.

Призначення: виготовлення фланців, корпусу, деталей, що працюють при температурах $-40 \dots + 475$ °С під тиском; зварних металоконструкцій, які працюють при температурі до -70 °С.

Вид поставки (сортамент): листовий прокат (лист товстий г / катаний ГОСТ 19903, лист тонкий х / катаний ГОСТ 19904, смуга ГОСТ 103), труби (труба електрозварні квадратна ТУ 14-105-566, труба електрозварні прямокутна ТУ 14-105- 566).

Основні фізико-механічні властивості:

модуль пружності E , МПа 200000

модуль зсуву G , МПа..... 77000

щільність ρ , Кг / м³..... 7850

межа міцності σ_B , МПа, не менше..... 305

межа плинності σ_T , МПа, не менше 175

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Підпись	Дата		177

відносне звуження δ ,% 51

відносне подовження δ ,% 27

Зварюваність: зварюється без обмежень.

Сталь 09Г2С ГОСТ 19282. Замінники: Сталь 09Г2,
Сталь 09Г2ДТ, Сталь 09Г2Т, Сталь 10Г2С.

Призначення: виготовлення фланців,
деталей, що працюють при темпе-
ратурах -40..... + 425^oC під тиском.

Вид поставки (сортамент): фасонний прокат (квадрат г / катаний
ГОСТ2591, коло г / катаний ГОСТ 2590), листовий прокат (лист товстий г / ка-
таний

ГОСТ 19903, лист тонкий х / катаний ГОСТ 19904, смуга ГОСТ 103),
профільний прокат (швелер г / катаний ГОСТ 8240, балка двотаврова г /
катаная ГОСТ 8239).

Основні фізико-механічні властивості:

модуль пружності E, МПа 200000

модуль зсуву G, МПа..... 77000

щільність ρ , Кг / м³..... 7850

межа міцності σ_B , МПа, не менше 360

межа пластичності σ_T , МПа, не менше 180

відносне звуження δ ,% 56

відносне подовження δ ,% 25

						XI.T.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			188

твердість по Бринеллю, НВ..... 115

Зварюваність: зварюється без обмежень.

Сталь 20 ГОСТ 1050. Замінники: Сталь 15, Сталь 25.

Призначення: виготовлення штуцерів, кріпильних деталей (болти, шпильки, гайки), панелей, підстав, плати, кронштейнів, кутників, ребер жорсткості.

Вид поставки (сортамент):

фасонний прокат (шестигранник калібрований ГОСТ 8560,

квадрат г / катаний ГОСТ 2591, коло г / катаний ГОСТ 2590, коло калібрований, х / катаний ГОСТ 7417),

листовий прокат (лист товстий г / катаний ГОСТ 19903, лист тонкий х / катаний ГОСТ 19904, лист тонкий х / катаний оцинкований ГОСТ 19904, смуга ГОСТ 103),

стрічки (стрічка х / катаная з вуглецевої конструкційної сталі ГОСТ 2284, стрічка х / катаная з низьковуглецевої сталі ГОСТ 503, стрічка х / катаная пакувальна з ГОСТ 3560),

дріт (дріт низьковуглецевий якісна ГОСТ 792, дріт х / тянута термічнонеоброблена ГОСТ 17305, дріт х / тянута для холодного висадження ГОСТ 5663), профільний прокат (швелер г / катаний ГОСТ 8240, куточок г / катаний равнополочний ГОСТ 8509, куточок г / катаний нерівнополочний ГОСТ 8510, балка двотаврова г / катаная ГОСТ 8239),

труби (труба водогазопровідна ГОСТ 3262, труба безшовні холодно- і теплодеформовані ГОСТ 8734, труба безшовні гарячдеформовані ГОСТ 8732, труба безшовна квадратна ГОСТ 8639, труба безшовна прямокутна ГОСТ 8645, труба котельня ТУ 14-3-460, труба електрозварні квадратна ТУ 14-105 -566, труба

						ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			199

електрозварні прямокутна ТУ 14-105-566), сітки (сітка тканина ГОСТ 3826)).[2]

Основні фізико-механічні властивості:

модуль пружності E , МПа 200000

модуль зсуву G , МПа..... 74000

щільність ρ , Кг / м³ 7850

межа міцності σ_B , МПа, не менше420

межа плинності σ_T , МПа, не менше250

відносне звуження ψ , % 40

відносне подовження δ , %16

твердість по Бринеллю, НВ.....156

твердість по Роквеллу (поверхнева), НRC.....60

Зварюваність: зварюється без обмежень, крім хіміко-термічно оброблених деталей. Пароніт (ПОН-1) ГОСТ 481.

Призначення: виготовлення неметалевих прокладок для ущільнення роз'ємів фланцевих з'єднань апарату.

Основні фізико-механічні властивості:

щільність ρ , Кг / см³ 1,6-2,0

умовна міцність при розриві в поперечному напрямку, кгс / см²,
неменше 60

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2. Технологічні розрахунки процесу і апарату

2.1 Тепловий баланс процесу

Вихідні дані:

Склад гарячого теплоносія (дистилят і зрошення ізопентанової колони), Мольн. частки:

i-C ₄ H ₁₀	n-C ₄ H ₁₀	i-C ₅ H ₁₂	n-C ₅ H ₁₂	
0,001	0,009	0,985	0,005	

Кількість теплоносія : 370 кмоль / год;

Температура парів які надходять в апарат

$t_D = 50^\circ\text{C}$; Тиск на вході $P_D = 2$ ат;

Температура конденсату

$t_0 = 35^\circ\text{C}$; Тиск в ємності

зрошення $P_0 = 1,35$ ат;

Температура охолоджуючої води на вході в апарат $t_B = 20^\circ\text{C}$

Гарячий теплоносій - дистилят і зрошення ізопентанової колони вводиться в міжтрубний простір апарату, холодний теплоносій - вода, надходить в трубне простір апарату. Таке розподіл теплоносіїв в апараті викликається зручністю технічного обслуговування (порівняно часта очищення поверхонь труб від внутрішніх відкладень).

Розрахунок

Гарячий теплоносій на 98,5% складається з ізопентана, тому без великої помилки його теплофізичні властивості можна визначати як для чистого ізопентана.

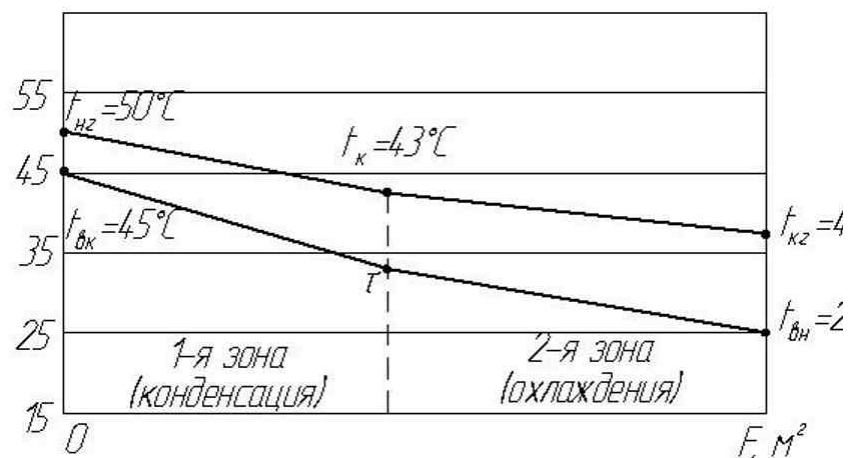
Для визначення теплового навантаження апарату, необхідно знайти температуру конденсації гарячого теплоносія - ізопентана. за

										Лист
										221
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

розрахункове тиск в апараті, по ходу гарячого теплоносія, приймається середнє тиск:

$$p = 0,5 (p_n + p_k) = 0,5 (0,2 + 0,135) = 0,167 \text{ МПа}$$

Тоді температура конденсації ізопентану при цьому тиску дорівнює: $t_k = 43^\circ \text{C}$



Мал. 2.3 Графік розподілу температур в конденсаторі-холодильника

Падіння температури уздовж зони конденсації теплоносія пов'язано з конденсацією багатоконпонентної суміші і падінням тиску внаслідок гідравлічного опору по ходу потоку

Теплове навантаження конденсатора-холодильника визначається за наступною формулою:

$$Q = G_1(H_{t_n} - h_{t_k}) + G_1(h_{t_k} - h_{t_c})$$

де $G_1 = 370$ кмоль/г - кількість гарячого теплоносія; $H_{t_n} = 45300$ кДж/кмоль - ентальпія парів гарячого теплоносія при $t_r = 50^\circ \text{C}$ і тиску $p_n =$

0,2 МПа; $h_{t_k} = 19800$

кДж/кмоль – ентальпія конденсата гарячого теплоносія при температурі $t_k = 43^\circ\text{C}$; $h_{t_c} = 19400$ кДж/кмоль-ентальпія теплоносія при температурі $t_c = 35^\circ\text{C}$.

Підстановка у формулу числових значень:

$$Q = 370(45\,300 - 19\,800) + 370(19\,800 - 19\,400) = 9,5 \cdot 10^6 \text{ кДж/ч} = 2\,661 \text{ кВт}$$

Перший доданок в наведеному вираженні є теплове навантаження зониконденсації, друге- теплове навантаження - зони охолодження конденсату:

$$Q_1 = 370(45\,300 - 19\,800) = 9,4 \cdot 10^6 \text{ кДж/ч} = 2\,620 \text{ кВт}$$

$$Q_2 = 370(19\,800 - 19\,400) = 0,14 \cdot 10^6 \text{ кДж/ч} = 41 \text{ кВт}$$

Витрата води в конденсаторі-холодильнику. Витрата води визначається зрівняння теплового балансу конденсатора-холодильника без урахування втрат

тепла в навколишнє середовище; температура охолодженої води на виході апарату приймається рівною $t_2' = 42^\circ\text{C}$:

$$Q = G_2 c_v (t_2' - t_2)$$

Звідки

$$G_2 = \frac{Q}{c_v (t_2' - t_2)}$$

де, G_2 – витрата води, кг /ч; $Q = 9,5 \cdot 10^6$ кДж/ч-теплове навантаження апарата;

$c_v = 4,187$ кДж/(кг·°C) – теплоємність води; $t_1' = 20^\circ\text{C}$ - початкова тем-

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

пературоводи.

тоді,

$$G_2 = \frac{9,5 \cdot 10^6}{4,187(42-20)} = 103\,148 \text{ кг/ч}$$

Тепловий баланс першої зони має вигляд :

$$Q_1 = G_2(t_3 - \tau) c_B$$

Звідки

$$\tau = t_2 - \frac{Q_1}{G_2 c_B} = 42 - \frac{9,5 \cdot 10^6}{103\,148 \cdot 4,187} = 20^\circ\text{C}$$

З цих розрахунків робимо висновок, що друга зона невелика за своїм тепловим навантаженням і безмінній температурі води в 20°C).[4]

2.2 Технологічні розрахунки

Вибір типу конденсатора -холодильник. Для орієнтовного вибору типу конденсатора-холодильника розраховується поверхня теплообміну:

$$F = \frac{Q}{K \Delta t_{cp}}$$

де K – коефіцієнт теплопередачі , $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$; Δt – середній температурний тиск, $^\circ\text{C}$.

На основі практичних даних (18, с.557) для водяного конденсатора-холодильника приймається коефіцієнт теплопередачі $K=350 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$.

Середній температурний тиск в апараті визначається по наступній формулі Грасгофа:

									Лист
									24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{max} - \Delta t_{min}}{2,31 \lg \frac{\Delta t_{max}}{\Delta t_{min}}} = \frac{15 - 8}{2,3 \lg \frac{15}{8}} = 11,3^{\circ}\text{C}$$

де, $\Delta t_{max} = t_1' - t_1 = 35 - 20 = 15^{\circ}\text{C}$; $\Delta t_{min} = t_1' - t_2' = 50 - 42 = 8^{\circ}\text{C}$.

Тоді поверхня теплообміну буде рівна:

$$F = \frac{Q}{K \Delta t_{cp}} = \frac{2661 \cdot 10^3}{350 \cdot 11,3} = 673 \text{ м}^2$$

По отриманих числовому значенні поверхні теплообміну вибираємо конденсатор з нерухомими трубними решітками, горизонтальний,

Умовне позначення по ГОСТ 15121-69

$$\frac{1400\text{КНГ} - 6 - \text{М10}}{20\text{Г6} - 6}$$

Технічна характеристика апарата:

Діаметр кожуха внутрішній, мм: 1 400

Діаметр гладких труб, зовнішній, мм : 20

Тиск в кожусі, умовне, МПа: 0,588

Товщина стінки труби, мм: 2

Площа перерізу труби, м²: 0,064

Діаметр гладких труб зовнішніх, мм: 25

Довжина труби, мм: 6000

Поверхня теплообміну по зовнішньому діаметрі труби, м²: 818

Гарячий теплоносій подається в міжтрубний простір апарату, а холодний (вода) - по трубах.).[3]

Визначення числа труб в апараті

Число труб апарату:

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
						25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$n_1 = \frac{F}{\pi \cdot (d_H - s) \cdot l};$$

де: F - площа теплообміну $F = 818 \text{ м}^2$;

d_H - внутрішній діаметр трубок, $D_H = 25 \text{ мм} = 0,025 \text{ м}$;

s-товщина стінки труби 2 мм

l-довжина труб 6 м

$$n_1 = \frac{818}{3,14(0,025 - 0,002) \cdot 6} = 1888 \text{ шт.}$$

Площа перетину міжтрубного простору:

$$f_{\text{мтр}} = 0,785(D_{\text{вн}}^2 - d_H^2 \cdot n);$$

де: $D_{\text{нар}}$ - зовнішній діаметр трубок, $D_{\text{нар}} = 25 \text{ мм} = 0,025 \text{ м}$.

$$f_{\text{мтр}} = 0,785(1,4^2 - 0,025^2 \cdot 1888) = 0,61 \text{ м}^2$$

Швидкість руху гарячого теплоносія в міжтрубному просторі:

$$\omega_{\text{мтр}} = \frac{G_n}{\rho_1 \cdot f_{\text{мтр}}};$$

ρ_1 - щільність гарячого теплоносія $\rho_1 = 598 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

$$\omega_{\text{мтр}} = \frac{7,91}{598 \cdot 0,61} = 0,022 \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

Крок труб в трубній решітці:

$$t = (1,3 \div 1,5) \cdot d_{\text{нар}};$$

$$t = (1,3 \div 1,5) \cdot 25 = (33 \div 37) = 35$$

2.3 Кінетичні розрахунки

Коефіцієнт теплопередачі по зонах конденсатора-холодильника.

Для першої зони коефіцієнт теплопередачі від конденсуючих парів до зовнішньої поверхні горизонтальної трубки апарата розраховується за формулою:

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

$$\alpha_1' = 1,28 \cdot \sqrt[4]{\frac{r \cdot \rho^2 \cdot \lambda^3}{\mu \Delta t d_H}}$$

де r - теплота конденсації парів ізопентана, Дж/кг; ρ – густина конденсату, кг/м³; λ – коефіцієнт теплопровідності конденсату, Вт/(м · °С);
 μ – динамічна вязкість конденсату, Па · с; Δt – різниця температур конденсуючого пару на стінках труби, °С; $d_H = 0,025\text{м}$ – зовнішній діаметр трубок апарата.

$$t_{s1} = 0,5(t_1' + t_k) = 0,5(50 + 43) = 46,5^\circ\text{C} = 47^\circ\text{C}$$

Приймається температура стінки труби із сторони гарячого теплоносія $t_{\omega 1} = 35^\circ\text{C}$. Тоді середня температура конденсату буде дорівнювати:

$$t_{m1} = 0,5(t_{s1} + t_{\omega 1}) = 0,5(47 + 35) = 41^\circ\text{C}$$

Із таблиць знаходимо, що

$$\rho_{41} = 598\text{кг/м}^3; r_{47} = 330\text{кДж/кг}; \lambda_{41} = 0,11\text{Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)};$$

$$\mu_{41} = 0,198 \cdot 10^{-3}\text{Па} \cdot \text{с}$$

Величина Δt дорівнює:

$$\Delta t = t_{s1} - t_{\omega 1} = 47 - 35 = 12^\circ\text{C}$$

Тоді

$$\alpha_1' = 1,28 \cdot \sqrt[4]{\frac{330 \cdot 10^3 \cdot 598^2 \cdot 0,11^3}{0,198 \cdot 10^{-3} \cdot 12 \cdot 0,02}} = 1730\text{Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$$

Відповідно з конструкцією апарата середнє число труб, розташованих в одному вертикальному ряді пучка, дорівнює $n = 33$.

Тому коефіцієнт теплопередачі α_1 від конденсуючого пара до поверхні пучка горизонтальних труб можна знайти за формулою:

$$\alpha = \varepsilon_n \alpha_1'$$

де ε_n – усереднений коефіцієнт прирізному розміщенні труб в пучку, і $\varepsilon_n = 0,5$. Тоді

$$\alpha_1 = 0,5 \cdot 1730 = 865\text{Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$$

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

Тепер знаходимо коефіцієнт тепловіддачі α_2 зі сторони води в першій зоні.

Середня температура води:

$$\tau_{cp1} = 0,5(\tau + t_2') = 0,5(20 + 42) = 31^\circ\text{C}$$

Фізичні параметри води при даній температурі знаходжу із таблиці :

$$\rho_{34} = 994,3 \text{ кг/м}^3; \quad \nu_{34} = 0,747 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}; \quad \lambda_{34} = 0,618 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C});$$

$$\text{Pr} = 5,014$$

Швидкість води у трубах апарата знаходжу за формулою:

$$\omega = \frac{G_2}{3600 \cdot \rho_{34} \cdot f_1}$$

Де $f_1 = 0,064 \text{ м}^2$ – площа перерізу труби для одного ходу теплоносія

$$\omega = \frac{103148}{3600 \cdot 994,3 \cdot 0,064} = 0,5 \text{ м/с}$$

Критерій Рейнольдса:

$$\text{Re}_{34} = \frac{\omega \cdot d_g}{\nu_{34}} = \frac{0,5 \cdot 0,016}{0,747 \cdot 10^{-6}} = 10710 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

$$\alpha_2 = 0,021 \frac{0,618}{0,016} \cdot 10710^{0,8} \cdot 5,014^{0,43} = 2679 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

Коефіцієнт теплопередачі в першій зоні дорівнює:

$$K_1 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_H}{\lambda_H} + \frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}} + \frac{\delta_g}{\lambda_g} + \frac{1}{\alpha_2}}$$
$$= \frac{1}{\frac{1}{865} + 0,000086 + \frac{0,002}{46,4} + 0,00035 + \frac{1}{2679}} =$$

$$= 555 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

										Лист
										28
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

де $\delta_H/\lambda_H = 0,000086 (м^2 \cdot ^\circ C)/Вт$ -теплове опір забруднених труб;

$\lambda_{cm} = 46,4 Вт/(м \cdot ^\circ C)$ -коефіцієнт провідності сталевих труб;

$\frac{\delta_\epsilon}{\lambda_\epsilon} = 0,00035 (м^2 \cdot ^\circ C)/Вт$ -тепловий опір забруднених внутрішньої частини труби.

Перевірка раніше прийнятої температури стінки дає наступний результат:

$$t_{\omega 1} = t_{s1} - \frac{K_1 \cdot \Delta t_{cp}}{\alpha_1} = 47 - \frac{555 \cdot 11,3}{865} = 39,7^\circ C$$

Розбіжність з прийнятим значенням $t_{\omega 1} = 35^\circ C$ вважається допустимим , тому перерахунку не потребує.

В другій зоні відбувається охолодження конденсата(майже чистий ізопентан) від температури до кінця конденсації $t_k = 43^\circ C$ до температури $t_x = 35^\circ C$

Середня температура конденсата :

$$t_{cp2} = 0,5(t_k + t'_1) = 0,5(43 + 35) = 39^\circ C$$

Теплофізичні параметри конденсата(ізопентану) при такій температурі :
теплоємність $c_{39} = 2,36 кДж/(кг \cdot ^\circ C)$; теплопровідність $\lambda_{39} = 0,109 Вт/(м \cdot ^\circ C)$;
густина $\rho_{39} = 599 кг/м^3$; динамічна вязкість $\mu_{39} = 0,2 \cdot 10^{-3} Па \cdot c$

Інші параметри обчислень:

$$v_{39} = \frac{\mu_{39}}{\rho_{39}} = \frac{0,2 \cdot 10^{-3}}{599} = 0,335 \cdot 10^{-6} м^2/c$$

Критерій Прандтля:

$$Pr_{39} = \frac{v_{39} \cdot c_{39} \cdot \rho_{39}}{\lambda_{39}} = \frac{0,335 \cdot 10^{-6} \cdot 2,36 \cdot 599 \cdot 10^3}{0,109} = 4,35$$

Швидкість конденсата в вузькому(стиснутому) перерізі пучка труб

$$\omega_c = \frac{V_k}{f_c}$$

де V_k – секундний об'єм конденсата при температурі $t_{cp2} = 39^\circ C, м^3/c$;

f_c – площа стиснутому перерізі пучка труб, $м^2$.

Секундний об'єм конденсата:

$$V_k = \frac{G_1 \cdot M}{3600 \cdot \rho_{39}} = \frac{370 \cdot 77}{3600 \cdot 599} = 0,013 \text{ м}^3/\text{с}$$

Площа стиснутого перерізу пучка труб знаходиться за формулою:

$$f_c = ([n_c - 1]s_1 + 3d_H - n_c d_H)l_t$$

де n_c — число труб в ряду пучка; $s_1 = 0,025$ м — шаг труб; $3d_H = 0,06$ м — сумарна відстань від центрів крайніх труб до стінки корпуса апарата;

$l_t = 6$ м — довжина труби.

$$f_c = ([47 - 1)0,025 + 0,06] - 47 \cdot 0,02)6 = 1,62 \text{ м}^3$$

Швидкість конденсата дорівнює:

$$\omega_c = \frac{0,025}{1,62} = 0,0154 \text{ м/с}$$

Критерій Рейнольдса дорівнює:

$$Re_{39} = \frac{\omega_c \cdot d_H}{\nu_{39}} = \frac{0,0154 \cdot 0,02}{0,335 \cdot 10^{-6}} = 920$$

Отримане число Рейнольдса вказує на ламінарний режим і на необхідність розрахунку коефіцієнта тепловіддачі від конденсата до зовнішньої поверхні пучка труб по рівнянню:

$$\alpha_1 = 0,56 \frac{\lambda_{39}}{d_H} \cdot Re_{39}^{0,5} \cdot Pr_{39}^{0,36} \left(\frac{Pr_{39}}{Pr_{\omega 2}} \right)^{0,25} = 0,56 \frac{0,109}{0,020} \cdot 920^{0,5} \cdot 4,35^{0,36} = 158 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

Для знаходження коефіцієнта тепловіддачі α_2 зі сторони води в другій зоні знаходимо середню температуру охолоджуючої води :

$$\tau_{cp2} = \frac{\tau + t'_2}{2} = \frac{308,3 - 258}{2} = 25^\circ\text{C}$$

Фізичні параметри води при цій температурі наступні:

$$\rho_{25} = 997 \text{ кг}/\text{м}^3 ; \lambda_{25} = 0,65 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C}) ; \nu_{25} = 0,906 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с} ;$$

$$c_{24} = 4,178 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}) ; Pr_{25} = 6,24 .$$

											Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ХІ.Т.00.00.00 ПЗ						30

Секундний розхід води в трубах в цій зоні майже не змінився, тому швидкість залишилася колишньою - 0,5 м/с. Критерій Рейнольдса дорівнює:

$$Re_{25} = \frac{\omega \cdot d_B}{\nu_{25}} = \frac{0,5 \cdot 0,016}{0,906 \cdot 10^{-6}} = 8830$$

Режим руху теплоносія - турбулентний. Тому коефіцієнт тепловіддачі розраховуємо за наступною формулою:

$$\alpha_2 = 0,021 \frac{0,605}{0,016} 8830^{0,8} \cdot 6,24^{0,43} = 2494 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$$

Коефіцієнт теплопередачі з урахунок забруднення труб:

$$\begin{aligned} K_2 &= \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_H}{\lambda_H} + \frac{\delta_{CT}}{\lambda_{CT}} + \frac{\delta_B}{\lambda_B} + \frac{1}{\alpha_2}} \\ &= \frac{1}{\frac{1}{158} + 0,000172 + \frac{0,016}{46,5} + 0,00035 + \frac{1}{2494}} \\ &= 131 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С}) \end{aligned}$$

Розрахунок діаметра штуцерів

Діаметр штуцерів d , м, теплообмінного апарату для підведення-відведення теплоносіїв:

$$d = \sqrt{\frac{4V}{\pi W}} = \sqrt{\frac{4G}{\pi \rho W}}$$

де V і G - об'ємні та масові витрати рідини або пари відповідно, м³/с і кг/с;

ρ - щільність потоку середовища, кг / м³;

W - швидкість витікання середовища, м/с.

Рекомендовані швидкості руху абсорбенту (відповідно до [2-4]):

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

для рідин 0,1 ... 0,5 м / с при самотчії і 0,5 ... 2,5 м / с в напірних трубопроводах;

для пара 20 ... 40 м / с;

для газів 5 ... 15 м / с.

Діаметр штуцера для відведення конденсату ізопентану дорівнює

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,013}{3,14 \cdot 0,5}} = 0,182 \text{ м}$$

V - об'ємна витрати конденсату ізопентану, V=0,013м³/сек

Згідно ГОСТ 14248-79 приймаємо для штуцера відведення рідкого ізопентану Ду = 200 мм.

Для введення горячих парів ізопентану

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 7,9}{3,14 \cdot 15 \cdot 4,02}} = 0,389 \text{ м}$$

ρ - щільність парів ізопентану, ρ=4,02 кг / м³

G - масова витрата парів, G=7,9 кг/сек

Згідно ГОСТ 14248-79 приймаємо для вводу парів ізопентану Ду = 400 мм.

З метою підвищення рівня уніфікації та стандартизації для відведення конденсату приймемо патрубок аналогічний патрубку введення пари, що гріє. Так само це відповідає ГОСТ 14248-79. Це дозволить спростити виготовлення і збірку теплообмінника при монтажі, а так само при наступних ремонтах.

Патрубок для підведення та відведення води

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 30}{3,14 \cdot 0,5 \cdot 988}} = 0,278 \text{ м}$$

G - масова витрата води, G=30 кг/сек

ρ - щільність води при середній температурі, ρ=988 кг / м³

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

Приймаємо штуцер $D_y = 300$, що відповідає значенню згідно ГОСТ 14248-79).[3]

2.4 Гідравлічний опір апарату

ОБ'ЄМНА ВИТРАТА ВОДИ, ЩО ОХОЛОДЖУЄ

$$V_{\text{сек}} = \frac{G_1 \cdot M}{3600 \cdot \rho_{34}} = \frac{103148}{3600 \cdot 994} = 0,029 \text{ м}^3/\text{с}$$

Дійсна швидкість

$$w = \frac{V_{\text{сек}}}{f_1} = \frac{0,029}{0,064} = 0,45 \text{ м/с}$$

Критерій Рейнольдса дорівнює:

$$Re_{cp} = \frac{0,45 \cdot 0,021}{0,66 \cdot 10^{-6}} = 14320$$

Режим руху турбулентний

Для турбулентного руху в круглих трубах коефіцієнт тертя

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

$$\lambda = \frac{0,316}{14320^{0,25}} = 0,029 .$$

Втрата тиску на тертя в прямих трубах

$$\Delta P_{mp} = \lambda \cdot \frac{n \cdot l}{d} \cdot \frac{\omega_{mp}^2 \cdot \rho_{mp}}{2}$$

$$\Delta P_{mp} = 0,029 \cdot \frac{6 \cdot 6}{0,021} \cdot \frac{0,45^2 \cdot 994}{2} = 5003 \text{ Па.}$$

де n - число ходів труб.

Коефіцієнти лінійних опорів:

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

Вхідна і вихідна камера $\zeta_1 = 1,5$,

Вхід в труби або вихід з них $\zeta_2 = 1,0$.

Втрати тиску на місцевих опорах

$$\Delta P_M = \sum \xi \cdot \frac{\omega_{\Pi}^2 \cdot \rho_{\Pi}}{2}$$

$$\Delta P_M = (2 \cdot 1,5 + 2 \cdot 1,0) \cdot \frac{0,45^2 \cdot 994}{2} = 478 \text{ Па.}$$

Загальна втрата тиску в трубному просторі

$$\Delta P_M = \Delta P_{mp} + \Delta P_M = 5003 + 478 = 5481 \text{ Па.}$$

2.5 Вибір допоміжного обладнання

Виконаємо розрахунок відцентрового насоса для подачі ізопентану в теплообмінник.

Витрата ізопентану

$$V = \frac{G_w}{\rho} = \frac{22,4}{626} = 3,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с.}$$

де ρ - щільність ізопентану, $\text{кг} / \text{м}^3$

У теплообміннику під надлишковим тиском 0,025 Па. Температура пропану 20°C; геометрична висота підйому 2 м. Довжина трубопроводу на лінії всмоктування 3 м, на лінії нагнітання 10 м. На лінії всмоктування встановлений один нормальний вентиль, на лінії нагнітання - один нормальний вентиль і дросельна заслінка, є також два коліна під кутом 90°. Прийmemo швидкість у всмоктуючому і нагнітальному трубопроводах однаковою, рівною 2 м / с. Тоді діаметр трубопроводу

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot \omega}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,035}{3,14 \cdot 1}} = 0,14 \text{ м}$$

де ω - швидкість ізопентану, м / с;

Приймаємо трубопровід зі сталі марки 12Х13, діаметром 100 × 3 мм.

Визначаємо величину критерію Re

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

$$Re = \frac{2 \cdot 0,14 \cdot 626}{1,19 \cdot 10^{-3}} = 175280$$

отже - режим руху турбулентний.

Приймаємо абсолютну шорсткість стінок труб, $e = 0,2$ мм [2], ступінь шорсткості

$$\frac{d}{e} = \frac{140}{0,2} = 700$$

;

За рис 1.5 [2, с. 22] знаходимо значення коефіцієнта тертя

$$\lambda = 0,0305$$

Визначаємо суму коефіцієнтів місцевих опорів [4, с.26]: для

всмоктуючої лінії

- вхід в трубу $\varepsilon = 0,5$;
- нормальний вентиль, для $d = 0,056$ мм, $\varepsilon = 5,4$;

$$\Sigma \varepsilon_{\text{вс}} = 0,5 + 5,4 = 5,9 ;$$

для нагнітальної лінії

- вихід з труби $\varepsilon = 1,0$;

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
						35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

- нормальний вентиль $\varepsilon = 5,4$;

- дросельна заслінка $\varepsilon = 0,9$;

- коліно під кутом

$90^\circ \varepsilon = 1,6$.

- отже,

$$-\Sigma\varepsilon_n = 1 + 5,4 + 0,9 + 2 \cdot 1,6 = 10,5$$

Визначаємо втрати напру:

у всмоктувальній лінії

$$h_{bc} = \left(0,31 \cdot \frac{3}{0,14} + 5,9 \right) \cdot \frac{1}{2 \cdot 9,81} = 2,5 \text{ м}$$

$$h_c = \left(0,31 \cdot \frac{20}{0,14} + 10,4 \right) \cdot \frac{1}{20} = 2,7 \text{ м}$$

Загальні втрати напору

$$h_z = 2,5 + 2,7 = 5,2 \text{ м}$$

Визначаємо повний напір [2]

$$H = \frac{\Delta p}{\rho \cdot g} + H_r + h_n = \frac{0,15 \cdot 10^6}{626 \cdot 9,81} + 2 + 5,2 = 25 \text{ м}$$

де Δp - тиск, Па; H_r - геометричний напір.

Корисна потужність насоса

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

$$N_{\Pi} = \frac{\rho \cdot g \cdot H \cdot V}{1000} = \frac{626 \cdot 9.81 \cdot 25 \cdot 0.14}{1000} = 0,21 \text{ кВт}$$

Потужність на валу двигуна

$$N_{\text{дв}} = \frac{N_{\Pi}}{\eta_{\text{н}} \cdot \eta_{\text{п}}}$$

$$N_{\text{дв}} = \frac{0.21}{0.7 * 1} = 0.3 \text{ кВт}$$

де $\eta_{\text{н}}$ – к.п.д. насоса; $\eta_{\text{п}}$ – к.п.д. передачі;

Установча потужність двигуна з урахуванням пускових моментів

$$N_{\text{уст}} = \frac{1,2 * 0,3}{0,85} = 0,42 \text{ кВт}$$

Встановлюємо при $V = 0,14 \text{ м}^3/\text{ч}$ відцентровий насос марки ХМ 25/25 з наступною характеристикою: продуктивність $25 \text{ м}^3/\text{год}$, напір 25 м.

3. Розрахунки апарату на міцність

3.1 Розрахунок товщини стінки корпусу і кришки апарату

Приймемо коефіцієнт міцності зварних швів $\varphi = 0,9$ (ручне дугове електрозварювання), напруга для сталі Ст3 при $t = 50^\circ\text{C}$

$$\varphi = 130 \text{ МПа.}$$

Тиск ізопентанових парів в міжтрубному просторі

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
						37
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$p = 2 \text{ ата} = 0,2 \text{ МПа.}$$

Для листового матеріалу допустима напруга

$$[\sigma] = \eta \cdot \sigma = 1 \cdot 130 = 130 \text{ МПа.}$$

Пробний тиск при гідравлічних випробуваннях при дозволяється за напрузі

$$[\sigma]_{\text{п}} = \frac{\sigma_{\text{т}}}{1,1} = \frac{210}{1,1} = 191 \text{ МПа,}$$

$$p_{\text{п}} = 1,25 \cdot p \cdot \frac{[\sigma]_{\text{п}}}{[\sigma]}$$

$$p_{\text{п}} = 1,25 \cdot 0,2 \cdot \frac{191}{130} = 0,36 \text{ МПа.}$$

Розрахункова схема обичайки приведена на рисунку 2.1

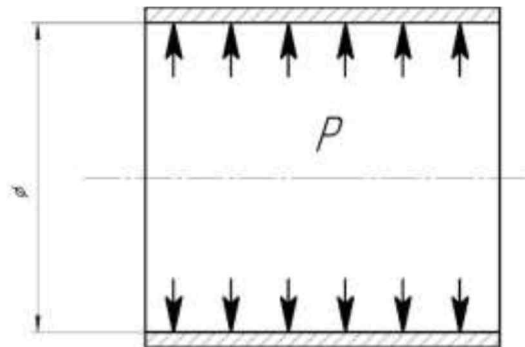


Рисунок 2.1 - Розрахункова схема обичайки

Розрахункова товщина стінки кожуха

$$s_p = \frac{p \cdot D}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] - p}$$

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

$$s_p = \frac{0,2 \cdot 1400}{2 \cdot 0,9 \cdot 130 - 0,2} = 1,2 \text{ мм.}$$

У цьому випадку розрахункова товщина стінки кожуха

$$s_p = \frac{p \cdot D}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma]_n - p}$$

$$s_p = \frac{0,36 \cdot 1400}{2 \cdot 0,9 \cdot 191 - 0,36} = 1,46 \text{ мм.}$$

Прийmemo надбавку до розрахункової товщині за весь термін служби (10 років) апарату $c = 3,0$ мм, тоді виконавча товщина стінки кожуха

$$s = s_p + c = 1,46 + 3 = 4,46 \text{ мм.}$$

З запасом приймаємо стандартне значення товщини стінки кожуха $s = 6,0$ мм.

Розрахунок товщини стінки еліптичної кришки

Розрахункова схема днища приведена на малюнку 2.2

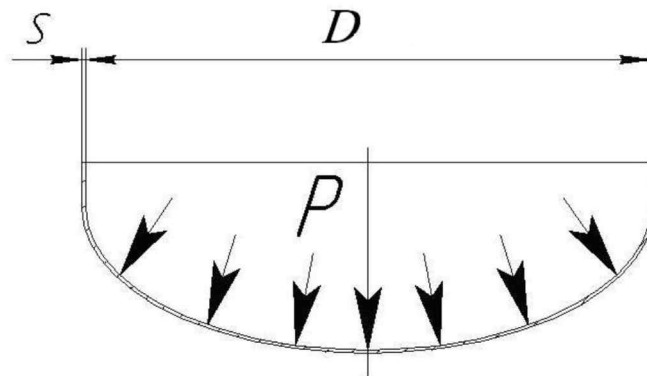


Рисунок 2.2 - Розрахункова схема днища еліптичного

Тиск пара під кришкою

$$p_n = 2 \text{ ата} = 0,2 \text{ МПа.}$$

Розрахункова товщина стінки кришки при проведенні гідравлічних випробувань

$$s_p = \frac{p_n \cdot D}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma]_n - 0,5 \cdot p_n}$$

$$s_p = \frac{0,36 \cdot 1400}{2 \cdot 0,9 \cdot 191 - 0,5 \cdot 0,36} = 1,46 \text{ мм.}$$

Виконавча товщина кришки

$$s_{кр} = s_p + c = 1,46 + 3,0 = 4,46 \text{ мм.}$$

Приймаємо $s_{кр} = 6,0 \text{ мм.}$

3.2 Розрахунок і вибір опори

Маса обичайки кожуха

$$m_k = \left[\frac{\pi \cdot (D + 2 \cdot s)^2}{4} - \frac{\pi \cdot D^2}{4} \right] \cdot l \cdot \rho$$

$$m_k = \left[\frac{3,14 \cdot (1,4 + 2 \cdot 0,006)^2}{4} - \frac{3,14 \cdot 1,4^2}{4} \right] \cdot 6 \cdot 7860 = 1249 \text{ кг,}$$

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

Маса кришки і днища

$$m_{кр} = 1,24 \cdot D^2 \cdot s_{кр} \cdot \rho$$

$$m_{кр} = 1,24 \cdot 1,4^2 \cdot 0,006 \cdot 7860 = 82 \text{ кг.}$$

маса труб

$$m_{тр} = \frac{\pi}{4} \cdot (d_n^2 - d_{вн}^2) \cdot l \cdot n \cdot \rho$$

$$m_{тр} = \frac{3,14}{4} \cdot (0,025^2 - 0,021^2) \cdot 6 \cdot 692 \cdot 7860 = 3459 \text{ кг,}$$

Маса фланця з ґратами

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		40

$$m_{\phi} = \frac{\pi \cdot D_{\phi}^2}{4} \cdot h_{\phi} \cdot \rho$$

$$m_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 1,56^2}{4} \cdot 0,05 \cdot 7860 = 750 \text{ кг,}$$

де D_{ϕ} - зовнішній діаметр фланця, h_{ϕ} - висота фланця.

Обсяг міжтрубного простору

$$V_M = f_{\text{мтр}} \cdot l$$

$$V_M = 0,64 \cdot 6 = 3,84 \text{ м}^3.$$

При коефіцієнті заповнення $\eta = 0,9$

$$m_T = V_M \cdot \rho_T \cdot \eta$$

$$m_T = 3,84 \cdot 725 \cdot 0,9 = 2509 \text{ кг.}$$

Сила тяжіння апарату в робочому стані

$$G = g \cdot (m_k + 2 \cdot m_{\text{кр}} + m_{\text{тр}} + 2 \cdot m_{\phi} + m_T)$$

$$G = 9,81 \cdot (1249 + 2 \cdot 82 + 3459 + 2 \cdot 750 + 2509) = 87123 \text{ Н} = 87,1 \text{ кН.}$$

Приймаємо кількість опор $n = 2$ шт.

Навантаження на одну опору

$$Q = \frac{G}{n}$$

$$Q = \frac{87,1}{2} = 43,55 \text{ кН.}$$

Вибираємо опору з допустимим навантаженням $Q = 50$ кН.

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

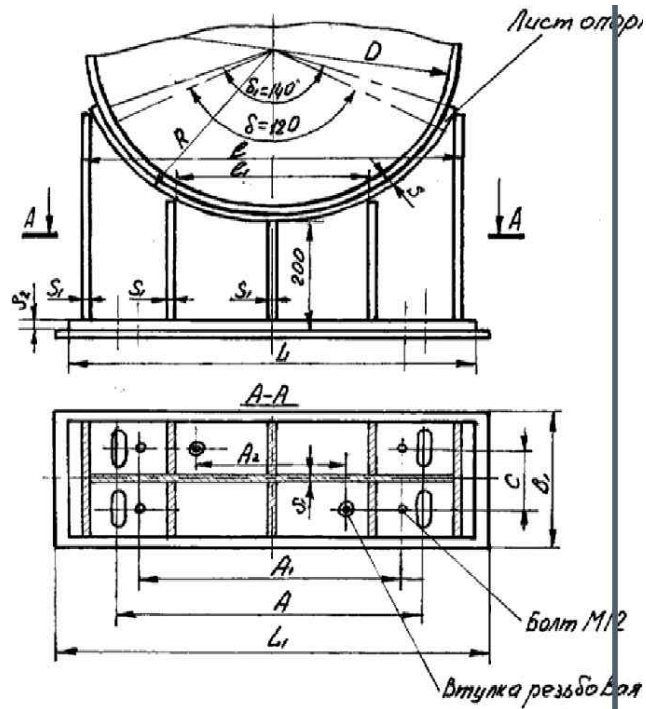


Рисунок 2.3 - Схема опори

Вибираємо сідлову опору типу 1 з допустимим навантаженням $Q = 50$ кН. Опора 50-1200-1 ОСТ 26-1665-75

3.3 Розрахунок фланцевого з'єднання

Товщину втулки фланця приймаємо $s_0 = 6$ мм.

Діаметр болтового кола визначається по формулі або відповідно до табл. [8, табл.13,7, с. 234]:

$$D_b \geq D + 2(2c + d_b + u);$$

де: d_b – зовнішній діаметр болта, при $D = 1400$ мм і $p_R = 0,36$ МПа

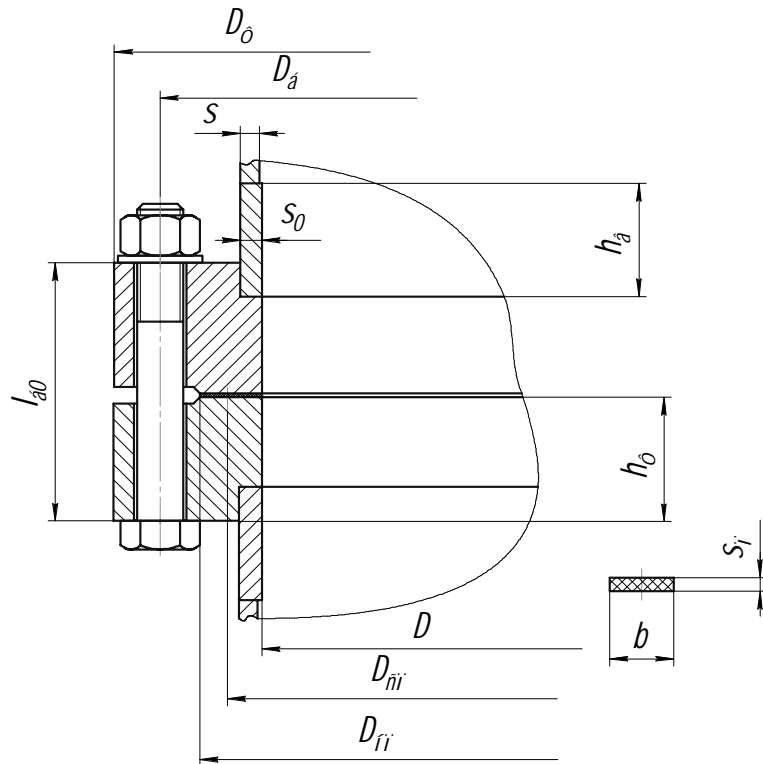
$d_b = 32$ мм;

u – нормативний зазор між гайкою і втулкою, $u = 4 \div 6$ мм.

						НАЗВАННЯ ДОКУМЕНТА	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			42

$$D_6 = 1400 + 2(25 + 32 + 6) = 1482 \text{ мм};$$

Приймаємо $D_6 = 1490 \text{ мм}$.



Малюнок 5 - Фланцеве з'єднання.

Зовнішній діаметр фланця визначуваний по формулі і відповідно до табл. 13.7 [8, табл 13.7, с.233]:

$$D_{\phi} \geq D_6 + a;$$

де: a – конструктивна добавка для розміщення гайок по діаметру фланця, приймаємо $a = 40 \text{ мм}$ [8, табл. 13.27, с.264].

$$D_{\phi} = 1490 + 40 = 1530 \text{ мм};$$

Приймаємо $D_{\phi} = 1530 \text{ мм}$.

Зовнішній діаметр прокладки:

$$D_m = D_6 - e,$$

де: e – нормативний параметр, залежний від товщини прокладки,
 $e = 30$ мм [8, табл. 13.27, с.264].

$$D_{ин} = 1490 - 30 = 1460 \text{ мм},$$

Середній діаметр прокладки визначається по формулі:

$$D_{сн} = D_{ин} - b;$$

де: b – ширина прокладки, що приймається згідно таблиці [8, табл. 13.25, с. 262], $b = 20$ мм.

$$D_{сн} = 1560 - 20 = 1440 \text{ мм},$$

Приймаємо матеріал прокладки параніт по ГОСТ 481 – 80 з товщиною S_n
 $= 2$ мм.

Кількість болтів, необхідна для забезпечення герметичності з'єднання визначується по формулі:

$$n_b \geq \frac{\pi \cdot D_b}{t_w};$$

де: t_w – крок розташування болтів, що рекомендується, рекомендується для болтів М32 і $R_y = 0,36$ МПа,

$$t_w = (3,8 \div 4,8) \cdot d_b = 131 \div 165, [8, \text{табл.} 13,29, \text{ с.} 266].$$

$$n_b = \frac{3,14 \cdot 1490}{131 \div 165} = 44 \div 28 \text{ шт};$$

Приймаємо кількість болтів $n_b = 40$, кратне чотирьом.

Висоту фланця h_ϕ визначаємо по формулі:

$$h_\phi \geq \lambda_\phi \cdot \sqrt{D \cdot s_s};$$

де: λ_ϕ – коефіцієнт, визначується по графіку [8, мал. 13,14]

$$\lambda_\phi = 0,40;$$

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

S_3 – еквівалентна товщина втулки фланця, оскільки фланець плоский, то $\beta_1 = S_1/S_0 = 1$, приймаємо $S_3 = S_0 = 6$ мм.

$$h_\phi = 0,4 \cdot \sqrt{1400 \cdot 6} = 36 \text{ мм};$$

Приймаємо висоту фланця $h_\phi = 40$ мм.

Розрахункова довжина болта визначається по формулі:

$$l_b = l_{\infty} + 0,28 \cdot d_b;$$

де: l_{∞} – відстань між опорними поверхнями головки болта і гайки при товщині прокладки $S_n = 2$ мм;

$$l_{\infty} = 2 \cdot h_\phi + s_n;$$

$$l_{\infty} = 2 \cdot 40 + 2 = 82 \text{ мм};$$

$$l_b = 82 + 0,28 \cdot 23 = 88,44 \text{ мм}.$$

Приймаємо розрахункову довжину болтів $l_b = 90$ мм.

Визначення навантажень що діють на фланець

Рівнодіючу внутрішнього тиску визначуваний по формулі:

$$F_d = \frac{\pi \cdot D_{cn}^2}{4} \cdot p_R;$$

$$F_d = \frac{3,14 \cdot 1,44^2}{4} \cdot 0,36 = 0,152 \text{ МН};$$

Реакція прокладки визначається по формулі:

$$R_n = \pi \cdot D_{cn} \cdot b_0 \cdot k_{np} \cdot p_R;$$

де: k_{np} – коефіцієнт, залежний від матеріалу і конструкції прокладки, $k_{np} = 2,5$ [8];

b_0 – еквівалентна ширина прокладки, при $b_n = 20$ мм:

$$b_0 = 0,6 \cdot \sqrt{b_n};$$

$$b_0 = 0,6 \cdot \sqrt{20 \cdot 10^{-3}} = 0,085 \text{ м};$$

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

$$R_n = 3,14 \cdot 1,44 \cdot 0,085 \cdot 2,5 \cdot 0,36 = 0,269 \text{ МН};$$

Зусилля, що виникає від температурних деформацій, визначається по формулі:

$$F_t = \frac{y_\phi \cdot n_\phi \cdot f_\phi \cdot E_\phi \cdot (\alpha_\phi \cdot t_\phi - \alpha_\phi \cdot t_\phi)}{y_n + y_\phi + 0,5 \cdot y_\phi \cdot (D_\phi - D_{cn})^2};$$

де: α_ϕ – коефіцієнт лінійного розширення матеріалу фланця

$$\alpha_\phi = 12,410^{-6} \cdot ^\circ\text{C}^{-1};$$

α_ϕ – коефіцієнт лінійного розширення матеріалу болта (приймаємо для болта сталь 20), $\alpha_\phi = 12,410^{-6} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ [8],

y_ϕ – лінійна податливість болтів, що визначається по формулі:

$$y_\phi = \frac{l_\phi}{E_\phi \cdot f_\phi \cdot n_\phi};$$

де: E_ϕ – модуль подовжньої пружності матеріалу болта

$$E_\phi = 2,0 \cdot 10^5 \cdot \text{МПа}.$$

f_ϕ – розрахункова площа поперечного перетину болта по внутрішньому діаметру, згідно таблиці [8, табл. 13.27, с.264]

$$f_\phi = 2,35 \cdot 10^{-4} \cdot \text{м}^2;$$

$$y_\phi = \frac{0,08}{2,0 \cdot 10^5 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4} \cdot 40} = 4,748 \cdot 10^{-5} \text{ м / МН};$$

y_n – лінійна податливість неметалічної прокладки, що визначається по формулі:

$$y_n = \frac{K_n \cdot h_n}{E_n \cdot \pi \cdot D_{cn} \cdot b};$$

де: K_n – коефіцієнт обтискання прокладки, для прокладок з параніта

$$K_n = 1,0 \text{ [8];}$$

E_n – модуль подовжньої пружності для матеріалу прокладки

$$E_n = 2000 \text{ МПа [8].}$$

h_n – висота прокладки, $h_n = S_n = 2 \text{ мм}.$

					XI.T.00.00.00 ПЗ		Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			46

$$y_n = \frac{1,0 \cdot 0,002}{2000 \cdot 3,14 \cdot 1,44 \cdot 0,02} = 1,52 \cdot 10^{-5} \text{ м/МН};$$

y_ϕ – кутова податливість фланця, що визначається по формулі:

$$y_\phi = \frac{[1 - \nu \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda'_\phi)] \cdot \psi_2}{h_\phi^3 \cdot E_\phi};$$

де: ν, λ'_ϕ – безрозмірні параметри, що визначаються по формулах:

$$\lambda'_\phi = \frac{h_\phi}{\sqrt{D \cdot s}};$$

$$\lambda'_\phi = \frac{0,04}{\sqrt{1,4 \cdot 0,006}} = 0,433;$$

$$\nu = \frac{1}{1 + 0,9 \cdot \lambda'_\phi \cdot \left(1 + \psi_1 + \frac{h_\phi^2}{s^2}\right)};$$

де: ψ_1 – коефіцієнт, визначуваний по формулі:

$$\psi_1 = 1,28 \cdot \lg \frac{D_\phi}{D};$$

$$\psi_1 = 1,28 \cdot \lg \frac{1530}{1400} = 0,084;$$

$$\nu = \frac{1}{1 + 0,9 \cdot 0,433 \cdot \left(1 + 0,084 + \frac{0,04^2}{0,006^2}\right)} = 0,09;$$

ψ_2 – коефіцієнт, визначуваний по формулі:

$$\psi_2 = \frac{D_\phi + D}{D_\phi - D};$$

$$\psi_2 = \frac{1530 + 1400}{1530 - 1400} = 13,3;$$

E_ϕ – модуль подовжньої пружності для матеріалу фланця

$E_\phi = 2,0 \cdot 10^5$ МПа.

$$y_\phi = \frac{[1 - 0,09 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,433)] \cdot 13,3}{0,03^3 \cdot 2,0 \cdot 10^5} = 2,17 \text{ м/МН};$$

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

$$F_t = \frac{4,748 \cdot 10^{-5} \cdot 40 \cdot 2,35 \cdot 10^4 \cdot 2,0 \cdot 10^5 \cdot (12,4 \cdot 10^{-6} \cdot 84,5 - 12,4 \cdot 10^{-6} \cdot 83,6)}{1,52 \cdot 10^{-5} + 4,748 \cdot 10^{-5} + 0,5 \cdot 2,17 \cdot (1,49 - 1,44)^2}$$

$$F_t = 0,0004 \text{ МН};$$

Коефіцієнт жорсткості фланцевого з'єднання визначуваний по формулі:

$$K_{жс} = \frac{y_{\delta} + 0,5 \cdot y_{\phi} \cdot (D_{\delta} - D - s_{эк}) \cdot (D_{\delta} - D_{cn})}{y_n + y_{\delta} + y_{\phi} \cdot (D_{\delta} - D_{cn})^2};$$

$$K_{жс} = \frac{4,748 \cdot 10^{-5} + 0,5 \cdot 2,17 \cdot (1,49 - 1,4 - 0,006) \cdot (1,49 - 1,84)}{1,53 \cdot 10^{-5} + 4,748 \cdot 10^{-5} + 2,17 \cdot (1,49 - 1,44)^2} = 0,84.$$

Болтове навантаження в умовах монтажу (до подачі внутрішнього тиску) визначаємо по формулі:

$$F_{\delta 1} = \max \left\{ \frac{K_{жс} \cdot F_{\delta} + R_n}{0,5 \cdot \pi \cdot D_{cn} \cdot b_0 \cdot P_{н.р}} \right\};$$

де: $P_{н.р}$ – тиск віджимання прокладки, для параніта $P_{н.р} = 20$ МПа.

$$F_{\delta 1} = \max \left\{ \frac{0,84 \cdot 0,09 + 0,36}{0,5 \cdot 3,14 \cdot 1,44 \cdot 0,085 \cdot 20} \right\} = \max \left\{ \frac{0,444}{2,242} \right\} = 2,242 \text{ МН};$$

Болтове навантаження в робочих умовах визначаємо по формулі:

$$F_{\delta 2} = F_{\delta 1} + (1 - K_{жс}) \cdot F_{\delta} + F_t;$$

$$F_{\delta 2} = 2,242 + (1 - 0,84) \cdot 0,09 + 0,0004 = 2,285 \text{ МН};$$

Приведений момент, що вигинає, обчислюваний за формулою:

$$M_0 = \max \left\{ \frac{0,5 \cdot (D_{\delta} - D_{cn}) \cdot F_{\delta 1}}{0,5 \cdot [(D_{\delta} - D_{cn}) \cdot F_{\delta 2} + (D_{cn} - D - s_y) \cdot F_{\delta}] \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]}} \right\};$$

$$M_0 = \max \left\{ \frac{0,5 \cdot (1,49 - 1,44) \cdot 2,242}{0,5 \cdot [(1,49 - 1,44) \cdot 2,285 + (1,44 - 1,4 - 0,006) \cdot 0,266] \cdot \frac{140}{131,5}} \right\} =$$

$$= \max \left\{ \frac{0,56}{0,066} \right\} = 0,56 \text{ МН} \cdot \text{м}.$$

4 Монтаж та ремонт апарата

4.1 Монтаж розробленого апарата

Теплообмінні апарати - пристрої, в яких здійснюється теплообмін між двома або кількома теплоносіями можливо між теплоносіями і твердими тілами (стінкою, насадкою). Теплообмінні апарати дуже поширеним типом апаратури. Наприклад, на нафтопереробних заводах і підприємствах основної хімії частка теплообмінної апаратури становить близько 40%.

Способи монтажу і ремонту теплообмінників бувають різні і визначаються їх конструкцією, розташуванням в просторі і щодо інших апаратів технологічної установки, а також умовами експлуатації.

Кожухотрубний теплообмінник - являє собою пучок трубок, поміщених в циліндричний кожух (корпус), що корпус всередині є міжтрубному просторі. Теплообмінні трубки за вальцьована в кінцевих трубних дошках, приварених до корпусу теплообмінника. У деяких кромки трубок додатково обварюються для гарантії герметичності з'єднання. Проміжні трубні решітки призначені як для підтримки трубок, так і для організації поперечного струму середовища. До трубним дошках кріпляться камери з патрубками для відведення середовища, поточної всередині трубок. Залежно від наявності та кількості в камерах перегородок, теплообмінники можуть бути одноходових, двох або багатходові по руху середовища, що тече в трубках. Також корпус забезпечений патрубками для підведення пари і відведення конденсату.

Маса і розміри кожухотрубних теплообмінників, що випускаються в даний час, дозволяють транспортувати їх до місця монтажу в повністю зібраному вигляді на заводі-виробнику вигляді. Для транс-

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

портування використовують залізничні платформи, трейлери, авто-машини, сани та ін.

Теплообмінники встановлюють горизонтально або вертикально на різних висотних відмітках відповідно до проекту. Опорною конструкцією для них можуть служити: фундаменти у вигляді двох бетонних або залізобетонних стовпів з анкерними болтами (при низькому горизонтальному розташуванні) і балки висотних металоконструкцій (при вертикальному розташуванні і горизонтальному розташуванні на великих висотах).

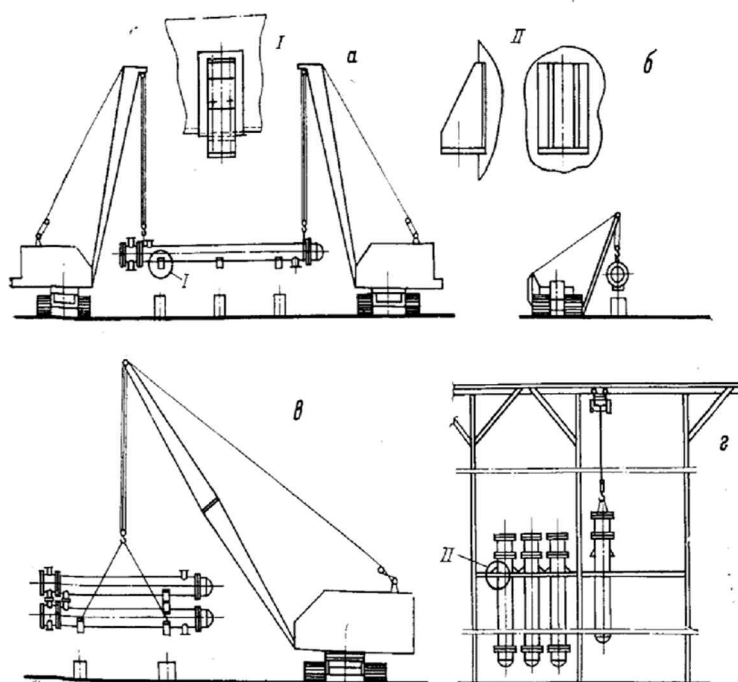


Рисунок 4.1 - Способи монтажу теплообмінних апаратів: а - за допомогою двох кранів; б-трубоукладачем;

в – блок теплообмінників краном;

г - вертикальних теплообмінників монобалкою; I - опора горизонтальних теплообмінників; II-опора вертикальних теплообмінників;

У переважній більшості випадків теплообмінники встановлюють в проектне положення за допомогою самохідних кранів. Якщо в конкретних умовах підйому вантажопідйомність кранів недостатня,

практикується установка теплообмінників двох кранів, що працюють строго узгоджено. На рис.4.1 наведені схеми підйому і установки теплообмінників при різному їх розташуванні. Теплообмінники, розташовані в два яруси і більше, доцільно піднімати великими блоками з кількох апаратів після їх взаємної трубопровідної обв'язки, якщо це дозволяють підйомні кошти. Для стикування однотипних теплообмінників та уніфікації їх трубопровідної обв'язки строго витримують при виготовленні установчі розміри штуцерів на корпусі і на розподільчій камері. При підйомі блок обв'язаних теплообмінників включають в ґратчастий твердий контейнер,

До трубопровідної обв'язки приступають після остаточної перевірки стану корпусу і закріплення болтів, що з'єднують його опори або лапи з постаментом. Положення теплообмінника вивіряють рівнем або вереском, підкладаючи, якщо це необхідно, під опорні площини сталеві планки. При горизонтальному розташуванні теплообмінників температурні деформації корпусу між опорами можуть досягати декількох міліметрів, тому одна з опор повинна бути рухливою. Нерухомому опору, звичайно встановлюється з боку нерухомих трубних решіток, закріплюють намертво; гайки болтів рухомої опори, має овальні вирізи, не затягуйте на 1-1,5 мм, але фіксують контргайками. Зазор між болтами і овальними вирізами повинен бути розташований в сторону можливого продовження теплообмінника. Поверхні ковзання захищають так, щоб виключити защемлення.

Змонтовано теплообмінники повинні бути випробувані на пробний тиск на заводі-виробнику, тому на монтажному майданчику їх окремо не випробовують, а обмежуються тільки перевіркою загальної системи теплообміну разом з трубопровідною обв'язкою після

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

завершення монтажних робіт. У тих випадках, коли відсутній акт заводського випробування або апарат тривалий час перебував на складі або монтажному майданчику, перед монтажем теплообмінник піддають ревізії і, якщо в цьому є необхідність, ремонту.

4.2 Ремонт апарата

Знос теплообмінного апарата виражається в наступному: 1) зменшення товщини стінки корпусу, днища, трубних решіток; 2) ввіпучення і вм'ятини на корпусі і днищах; 3) свищі, тріщини, прогари на корпусі, трубках і фланцях;

4) збільшення діаметра отворів для труб в трубних решітках; 5) прогин трубних решіток і деформація трубок, 6) заклинювання плаваючих головок і пошкодження їх струбцин; 7) пошкодження лінзових компенсаторів; 8) пошкодження сальникових пристроїв, коткових і пружинних опор; 9) порушення гідро - та теплоізоляції.

Підготовка до ремонту включає виконання наступних заходів:

- 1) знижується надлишковий тиск до атмосферного і апарат звільняється від продукту;
- 2) відключається арматура і відносяться заглушки на всіх підводних і відвідних трубопроводах;
- 3) проводиться продування азотом або водяною парою з наступним промиванням водою і продувкою повітрям;
- 4) виконується аналіз на наявність отруйних і вибухонебезпечних продуктів;

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

5) складається план і виходить дозвіл на вогневі роботи, якщо вони необхідні в процесі ремонту; складається акт здачі в ремонт.

Далі виконуються наступні роботи:

- 1) зняття днищ апарату, люків, демонтаж обв'язки і арматури;
- 2) виявлення дефектів вальцювання і зварювання, а також цілісності трубок гідравлічним та пневматичним випробуванням на робочий тиск;
- 3) часткова зміна або відключення дефектних трубок, кріплення труб гнуття або зварюванням;
- 4) ремонт футеровки і антикорозійних покриттів деталей з частковою заміною;
- 5) ремонт або заміна арматури, зносилася, трубопроводів, регулювання запобіжних клапанів;
- 6) зміна ущільнень розбірних з'єднань;
- 7) виписка трубок, чистка внутрішньої поверхні корпусу апарату і теплообмінних трубок, зачистки отворів в трубних решітках, зачистки кінців трубок;
- 8) заміна частини корпусу, днищ (кришок) і зношених деталей;
- 9) виготовлення нових трубок;
- 10) монтаж трубного пучка і вальцювання труб в ґратах;
- 11) ремонт плаваючих головок;
- 12) монтаж різьбових з'єднань;
- 13) гідравлічне випробування міжтрубне і трубної частин апарату пробним тиском;
- 14) пневматичне випробування апарату.

Основними конструктивними недоліками теплообмінних апаратів є: 1) велика трудомісткість розбирання-збирання апарату

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

при чищенні і заміні трубногo пучка; 2) мала надійність вальцювальних з'єднань трубок з трубою дошкою; 3) складність ущільнення кришкою трубної дошки плаваючої головки.

Витягати трубні пучки можна тільки з теплообмінників з плаваючою головкою. Найменш механізованим способом є отримання трубногo пучка за допомогою лебідок і домкра

Більш прогресивні спеціальні пристрої для вилучення - екстрактори. Екстрактори - пристосування, які кріпляться на фланці теплообмінника і за допомогою домкрата або лебідки виштовхують трубний пучок. Пучок, витягується, рухається разом з візком, на якій кріпиться його передня частина.

У більшості випадків як екстрактор використовуються пристосування для захоплення трубногo пучка в поєднанні з вантажопідйомним механізмом. Трубний пучок, витягується з горизонтальних теплообмінників, підтримується в горизонтальному положенні автомобільним краном за допомогою талі і пересувний монорельса або візки. Схема вилучення трубногo пучка за допомогою тракторної лебідки та автомобільного крана представлена на рис. 4.2

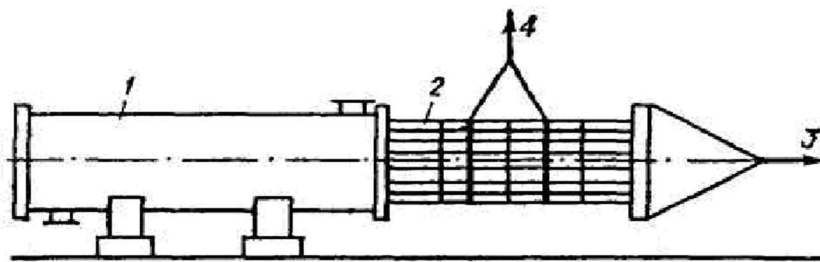


Рисунок. 4.2. - Видобуток трубногo пучка за допомогою лебідки і автомобільного крана:

1 - корпус теплообмінника; 2 - трубний пучок; 3 - строп до лебідки; 4 - строп до автомобільного крану.

Демонтаж проводиться в певній послідовності: 1) знімаються кришки теплообмінного апарату; 2) демонтуються деталі плаваючою головки; 3) проводиться попереднє зрушення трубочки; 4) тракторної лебідкою трубний пучок витягується з апарату; 5) за допомогою хомутів і стропів трубочка підвішується до гака автомобільного крана, після остаточного вилучення трубочки опускає її на причіп для транспортування на місце очищення та ремонту.

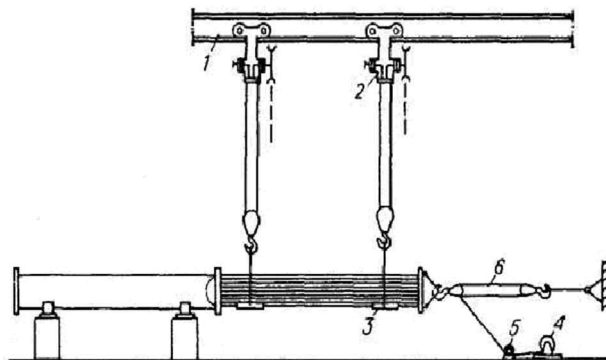


Рисунок 4.3 - Пристосування для зміни пучків теплообмінників:

1 - напрямна балка; 2 - тельфер; 3 - підкладка під пучок; 4 - лебідка; 5 - відповідний блок; 6 - поліспасть.

На рис. 4.3 представлений спосіб вилучення трубного пучка за допомогою стаціонарної монорельса з лебідкою. На монорейці розміщуються два тельфери, що дає можливість без труднощів проводити демонтаж і монтаж трубочки. Видобуток трубочки здійснюється відповідним блоком 5 і поліспасти 6. Для цього може також застосовуватися пересувна монорельс (рис. 4.4).

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

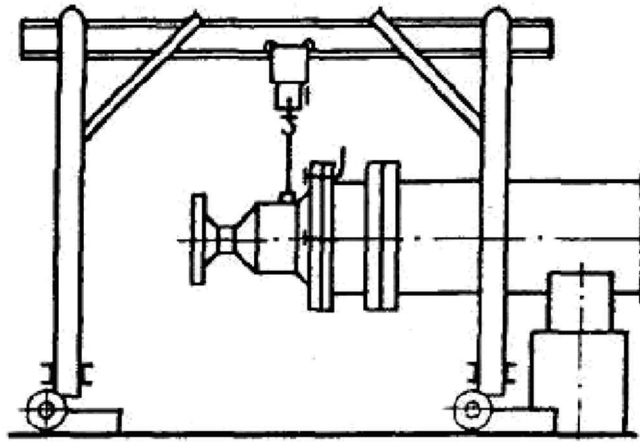


Рисунок 4.4 - Пересувна монорельса

Видобуток трубочатки за допомогою пересувного візка представлено нарис.4.5. Візок 6 жорстко кріпиться до фланця трубного пучка за допомогою сполучної планки 4 і болтів 3. Для цієї мети на плиті 8 встановлений опорний сухар 7. Для регулювання висоти трубного пучка опорна плита 8 з'єднується з платформою візки за допомогою чотирьох гвинтових домкратів 9. Виписка трубочатки здійснюється лебідкою 1, при цьому зусилля лебідки додається до коляски.

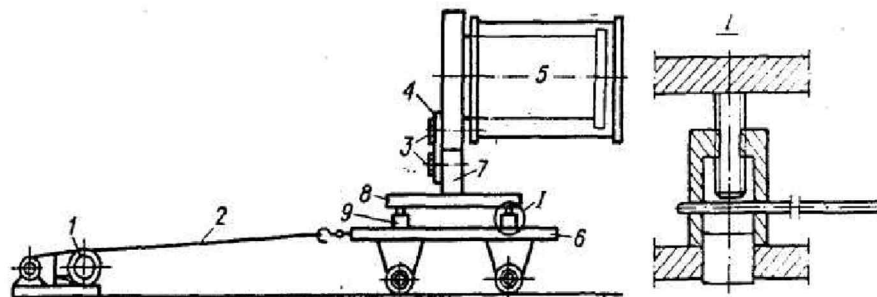


Рисунок 4.5. Пристосування для вилучення трубочатки з горизонтального теплообмінника

1 - лебідка 2 - трос; 3 - болти; 4 - сполучна планка; 5 - теплообмінник; 6 - візок; 7 - опорний сухар; 8 - плита; 9 - домкрат для підйому опорної плити.

Для теплообмінників, розташованих на висоті, найбільш зручним вантажопідйомним механізмом залишається автомобільний кран. Витяг трубного пучка з вертикальних теплообмінників простіше, ніж з горизонтальних і проводиться принципово тими ж способами.

[10]

5. Охорона праці

Блискавка — електричний розряд між хмарами або між хмарою і землею.

У більшості випадків нижня частина грозових хмар заряджається негативно, а на поверхні індуються позитивні заряди. Так утворюється як би гігантський заряджений конденсатор, однією обкладкою якого служить грозове поле, а інша земля. У міру концентрації зарядів збільшується, напруженість електричного поля цього конденсатора при досягненні величини 300 кВ м створюється умова для виникнення блискавки. Коли напруженість електричного поля у хмарі або між нижньою зарядженою областю і землею досягає пробійного значення, виникає Блискавка. Блискавки поділяються на лінійні, плескаті, кулясті і чоткові. Лінійні блискавки спостерігають часто, а кулясті та чоткові — дуже рідко.

Блискавки — велика загроза для життя людей. Ураження блискавкою можливо як при перебуванні просто неба, так і в закритому приміщенні. Частіше страждають люди що знаходяться під час грози на відкритій місцевості, переховуються від дощу під деревами і поблизу від працюючого електроустаткування (включеного в мережу телевізора, радіоприймача або увімкненого мобільного телефону). Високі дерева — часта мішень для блискавок. На реліктових деревах-довгожителях легко можна знайти численні шрами від

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

блискавок. Вважається, що одиночне дерево, частіше вражається блискавкою, хоча в деяких лісових районах шрами від блискавок можна побачити майже на кожному дереві.

Вплив зарядів блискавки можуть бути двох видів: блискавка вражає будівлю й установки (безпосередньо удар блискавки), блискавка надає вторинний вплив, що пояснюється електростатичною і електромагнітною індукцією.

Електростатична індукція проявляється в тому, що на ізольованих металевих предметах наводяться небезпечні електричні потенціали, внаслідок чого можливе іскріння між окремими металевими елементами конструкцій та обладнання. У результаті електромагнітної індукції, зумовленою швидкою зміною значення струму блискавки, в металевих незамкнених контурах наводяться електрорушійні сили, що призводить до небезпеки розрядів між ними в місцях зближення цих контурів.

Блискавко-захист - це система заходів, спрямованих на нейтралізацію атмосферної електрики.

+Згідно з РД 34.21.122-87 "Інструкція по пристрою блискавкозахисту будівель і споруд" виділяється три категорії блискавкозахисту (I-III) залежно від призначення та характеристик споруди, її розмірів, місця розташування і очікуваної інтенсивності уражень. Для систем захисту на основі стрижневих або тросових блискавковідводів визначаються також зони захисту типу А і Б, орієнтовні ступені надійності яких становлять 0,995 та 0,95 відповідно. Зона захисту блискавковідводу - це частина простору, усередині якого будівля або споруда захищена від прямих ударів блискавки з певним ступенем надійності.

Основні категорії будівель по влаштуванню блискавкозахисту:

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

I - всі промислові будівлі, приміщення, віднесені до класу В-1 і В-2 по ПУЕ, приміщення з категорією А незалежно від місця їх розташування;

II - промислові будівлі та споруди з приміщеннями класу В-1а, В-2а по ПУЕ, а також з виробництвами категорій Б в місцях з середньою грозовою діяльністю (10 год. на рік);

III - промислові будівлі та споруди з приміщеннями класу П-1, П-2, П-2а, П-3, а також з категорією В, Г, Д.

Тобто перед проектуванням системи блискавко-захисту об'єкт класифікується за однією з категорій.

Категорія блискавко-захисту	Мінімальний пік струму блискавки, кА	Максимальний пік струму блискавки, кА	Вигідність вловлювання, %
I	2,9	200	99
II	5,4	150	97
III	10,1	100	91
IV	15,7	100	84

Міжнародні стандарти оперують таким показником, як ефективність системи блискавкозахисту, оскільки він безпосередньо враховує ризики втрат внаслідок небезпечної дії блискавок (наприклад, стандарт ІЕС 61024-1-1). В них виділяють чотири рівні блискавкозахисту (I-IV). Ефективність блискавкозахисту визначається наступним чином:

$$E = 1 - \frac{N_c}{N_d}$$

де $N_c = ABC$ $N_d = ABC$ - прийнята щорічна кількість ударів у споруду;

A - враховує конструкцію будови;

B - враховує призначення і вміст будови, її цінність, характер використання, можливість паніки, наявність засобів зменшення пошкоджень та ін.;

C - враховує очікувані наслідки пошкоджень, збитків у разі ураження блискавкою;

$N_d = N_e A_e C_e \cdot 10^{-6}$ - очікувана щорічна кількість прямих ударів (розрядів) блискавки;

N_e щільність блискавок (ударів на 1 км² протягом року);

A_e еквівалентна площа збирання блискавок спорудою (м²);

C_e - коефіцієнт оточення.

Визначення еквівалентної площі, зокрема для зосереджених споруд (комини, башти і т.п.), виконують згідно з підходом, який є подібним до наведеного. Результати розрахунків за цією формулою потрібно порівнювати із табличними даними, де подається ефективність, яка відповідає кожному рівню захисту. Якщо розрахована за наведеною формулою величина потрібної ефективності E_c виходить від'ємною або дорівнює нулю, блискавкозахист є зайвим. Коли $N_d > A_e$, належить влаштувати систему блискавкозахисту такого класу, щоб її ефективність була не меншою ніж E_c . З таблиць добирається найближчий необхідний рівень захисту, який відповідає умові $E > E_c$. Далі, у процесі її проектування залишається виконувати вимоги до обраного рівня системи блискавкозахисту. Методика балансу між припустимим ризиком (життя, майно, екологічні наслідки) та раціональною вартістю влаштування блискавкозахисту є предметом дискусії серед фахівців.

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		60

Окрім рівня «І», наприклад, інколи говорять про рівень захисту «А», а в деяких країнах вибір класу захисту певних споруд віддається на розсуд власника. Законодавці та страховий бізнес також не залишаються осторонь цього процесу. Розрахунки ефективності звичайно виконують з використанням спеціальних програм, які дозволяють в інтерактивному режимі змінювати засоби захисту і досягати бажаного результату. Наприклад, одна з таких «OBO Construct USS» розроблена фахівцями німецької фірми «Betterman GmbH & Co.». Саме за її допомогою провадилося проектування комплексного блискавко-захисту хмарочоса Мінтрансу, що вбрався у нові «шати» поблизу площі Перемоги у Києві. Згідно з розрахунками ця споруда вражатиметься блискавками 2 -4 рази на рік, а система захисту має відповідати вимогам ІІ класу. Обговорюваний підхід часто використовують і для експертизи вже існуючих систем блискавкозахисту споруд, а саме: обстежують споруду і існуючу систему блискавкозахисту; визначають клас захисту споруди; визначають фактичну ефективність існуючої системи блискавкозахисту; роблять висновок щодо відповідності існуючого захисту вимогам нормативних документів чи сформульованим потребам замовника та дають рекомендації щодо його вдосконалення. В міжнародних стандартах існує більш широка градація щодо рівнів захисту і детальніше враховуються характеристики конкретної споруди. В них точніше беруть до уваги параметри блискавок, від яких треба захищати об'єкт.

Найбільш часто виникають лінійні блискавки, тривалість яких становить десяті частки секунди. Такі блискавки найбільш небезпечні при прямому ударі. В основному вони вражають предмети, що мають велику висоту, ніж інші розташовані по близькості, по цьому для захисту від блискавок використовують блискавковідводи. Вони складаються із трьох зв'язаних між собою частин:

						XI.T.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			61

Блискункоприймач — слугує для прийому розряду блискавки й розташовується в зоні можливого контакту з каналом блискавки; в залежності від захищеного об'єкта, може являти собою металевий штир, мережу із провідного матеріалу або металевий трос, натягнутий над захищуваним об'єктом.

.[6]

струмовідвідні спуски — провідники, що слугують для відводу заряду від блискачко-приймача до заземлювач; звичайно являє собою провід досить великого перетину

заземлювач — провідник або кілька з'єднаних між собою провідників, що торкаються ґрунту; звичайно являє собою металеву плиту, заглиблену в ґрунт.

Елементи блискаковідводу з'єднуються між собою й закріплюються на несучій конструкції. Оскільки ймовірність влучення у наземний об'єкт блискачкою зростає із збільшенням його висоти, блискаковідвід розташовується на якомога більшій висоті або безпосередньо на об'єкті, що захищається, або як окреме спорудження поруч із об'єктом. Іноді блискаковідвід вбудовується в декоративні елементи будинку або споруди.

Кожен район має інтенсивність грозової діяльності. Це важливий чинник при виборі типу і конструкції громозахисту. Тому очікування кількості поразок блискавок на рік будівель і споруд необхідно знати. Це число знаходиться за формулою:

$$N = (S + 6h)(L + 6h)n \cdot 10^{-6}$$

де S - ширина захищається будівлі,

L - довжина будівлі,

h - найбільша висота будівлі, м,

n - середньорічне число ударів блискавок в 1 земної поверхні в місці розташування будівлі.

Будинки і споруди, віднесені до I та II категорій блискавкозахисту, повинні бути захищені від прямих ударів блискавки, вторинних проявів блискавки і заносу високого потенціалу через наземні, надземні і підземні металеві комунікації; будівлі і споруди, віднесені до III категорії блискавкозахисту, повинні бути захищені від прямих ударів блискавки і занесення високого потенціалу через наземні і підземні металеві комунікації. Для будівель і споруд, що поєднують в собі приміщення різних категорій, рекомендується виконувати блискавкозахист з вищої з цих категорій.

Будівлі і споруди, віднесені по пристрою захист від блискавки до III категорії, повинні бути захищені від прямих ударів блискавки і занесення високого потенціалу через наземні (надземні) металеві комунікації. Зовнішні установки, віднесені по пристрою захист від блискавки до II категорії, повинні бути захищені від прямих ударів і вторинних проявів блискавки.

Зовнішні установки, віднесені по пристрою захист від блискавки до III категорії, повинні бути захищені від прямих ударів блискавки.

У середині будівель великої площі (шириною більше 100 м) необхідно виконувати заходи щодо вирівнювання потенціалів.

Якщо будівлі або споруда частково вписується в зону захисту природних громовідводів або сусідніх об'єктів, захист від прямих ударів блискавки повинен передбачатися тільки для іншої, незахищеної його частини.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

Для розрахунків установки блискавкозахисту потрібно виявити вихідні дані, основними з яких є габарити, що захищається, питомий електричний опір ґрунту, наявність в зоні підземних комунікацій, інженерно-геологічні та метеорологічні умови, а також ряд інших даних, що вводяться в електричні і механічні розрахунки окремих конструктивних елементів блискавко-захисного пристрою.

Як було сказано раніше, сучасна система блискавкозахисту повинна включати в себе три основні складові: зовнішню, внутрішню системи та заземлення. Зовнішню систему проектують під кожен конкретний об'єкт, враховуючи всі виступаючі частини: труби, слухові вікна, антени, металеві водостоки і т. д. Внутрішня система складається з шини вирівнювання потенціалів, що об'єднує всі металоконструкції будівлі, і розрядників, які нейтралізують імпульс перенапруги, що потрапляє в організм по лініях електропередачі або систем комунікацій, захищаючи таким чином всі електроприлади в будинку і всю електропроводку від будь-якого виду імпульсного перенапруження. У заземленні використовують оцинковані матеріали без застосування зварювання, так як чорний метал в землі швидко руйнується.

У сучасній практиці блискавкозахисту використовуються наступні типи блискавко-приймачів: стрижневі, тросові або антенні, сітчасті. Крім того, для комплексного захисту споруд застосовують комбіновані типи (тросостержневі). У зв'язку з простотою виготовлення та невеликими фінансовими витратами найбільше застосування отримали стрижневі блискавкоприймачі. Сітчасті блискавко-приймачі досить високонадійні і широко застосовуються при захисті споруд III категорії, а встановлюються безпосередньо на будівлі. Тросові блискавко-приймачі не поступаються стрижневим за економічними парамет-

											XI.T.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата								64

рами, але з точки зору експлуатації є менш надійними і використовуються лише для захисту вельми протяжних об'єктів.

Стрежневий блискавковідвід, що стоїть окремо, складається з опори (висотою до 25 м - із дерева, до 5 м - із металу або залізобетону), блискавкоприймача (сталевий профіль перерізом не менше 100 мм^2), струмовідводу (перерізом не менше 48 мм^2) і заземлювача. Зона захисту блискавковідводу є обсяг конуса, висота якого дорівнює $0,8 * 5$ в м для зони типу А і $0,92$ в м для зони типу Б (в м - висота блискавковідводу). На рівні землі зона захисту утворює коло з певним радіусом.

У тросового блискавковідводу в якості блискавкоприймача використовується горизонтальний трос, який закріплюється на двох опорах. Струмовідводи приєднуються до обох кінців троса, прокладаються по опорах і приєднуються кожен до окремого заземлювача.

При установці блискавковідводу на будівлі повинна бути забезпечена безпечна «повітряна» відстань між струмовідводом і об'єктом, що захищається, що виключає можливість електророзряду між ними. Крім того, для запобігання заносу високих потенціалів через ґрунт повинно бути забезпечено безпечну відстань S_3 між заземлювачем і метало-комунікаціями, що входять до будівлі. Воно визначається за формулою $S_3 = 0,5R_u$, де R_u - імпульсна електроопір заземлювача.

Захист від електростатичної індукції полягає у відведенні індукованих статичних зарядів в землю шляхом приєднання металевого обладнання, розташованого всередині і поза будівлею, до спеціального заземлювача або до захисного заземлення електроустановок. Опір заземлювача розтіканню струму промислової частоти повинен бути не більше 10 Ом.

									Лист
									65
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

Для захисту від електромагнітної індукції між трубопроводами та іншими протяжними метало-комунікаціями в місцях їх зближення на відстань 10 см і менше через кожні 20 м встановлюють (приварюють) металеві перемички, за якими наведені струми перетікають з одного контуру в інший без створення електричних розрядів між ними.

Вимоги справжньої Інструкції обов'язкові для виконання всіма міністерствами і відомствами.

Існує інструкція, яка встановлює необхідний комплекс заходів і пристроїв, призначених для забезпечення безпеки людей (сільськогосподарських тварин), обсерігання будівель, споруд, устаткування і матеріалів від вибухів, пожеж і руйнувань, можливих при діях блискавки. Інструкція повинна дотримуватися при розробці проектів будівель і споруд. При проектуванні та монтажі блискавкозахисту керуються інструкціями та вимогами національної нормативної бази, яка останнім часом наведена відповідно до міжнародних норм:

1. ДСТУ Б В.2.5-38: 2008 Інженерне обладнання будинків і споруд. Пристрій захисту від блискавки будівель і споруд.
2. РД 34.21.122-87/Міненерго СССР Інструкція з пристрою блискавкозахисту будівель і споруд. (що діє до 2012р)
3. РД 34.21.122-87 "Інструкції по пристрою блискавкозахисту будівель і споруд"
4. ДБН В.2.5-23-2003 Інженерне обладнання будинків і споруд. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		66

«Інструкції по пристрою блискавкозахисту будівель і споруд» включає в себе загальну таблицю відповідності характеристик споруди та відповідного громовідводу.

Відповідно до цієї інструкції захист від прямих ударів блискавки будівель і споруд, віднесених по пристрою блискавкозахисту до I категорії, повинна виконуватися окремо вартими стрижньовими (рис. 1.2) або тросовими (рис. 1.3) громовідводами.

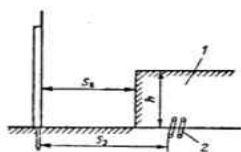


Рис. 1.2 Окремо вартий стрижньового громовідводу: 1 - об'єкт, що захищається; 2 - металеві комунікації

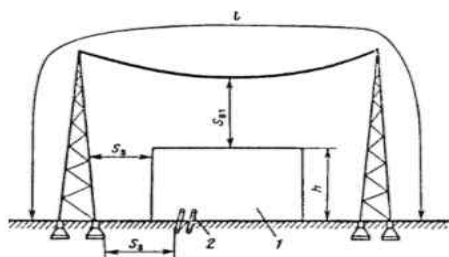


Рис. 1.1 Окремо вартий тросового громовідводу

Вказані громовідводи повинні забезпечувати зону захисту типу А.

Для окремо вартих громовідводів прийнятними є наступні конструкції заземлювачів (табл. 1.2):

- а) один (і більш) залізобетонний підножник завдовжки не менше 2 м або одна (і більш) залізобетонна паля завдовжки не менше 5 м;
- б) одна (і більш) заглиблена в землю не менше ніж на 5 м стійка залізобетонної опори діаметром не менше 0,25 м;
- в) залізобетонний фундамент довільної форми з площею поверхні контакту із землею не менше 10 м²;
- г) штучний заземлювач, що складається з трьох і більш вертикальних електродів завдовжки не менше 3 м, об'єднаного горизонтальним електродом,

при відстані між вертикальними електродами не менше 5 м. Мінімальні перетини (діаметри) електродів визначаються по табл.

Заземлювач	Ескіз	Розміри, м
Залізобетонний підножник		$a \geq 1,8$ $b \geq 0,4$ $l \geq 2,2$
Залізобетонна паля		$d = 0,25-0,4$ $l \geq 5$
Сталевий двохстрижньовий: смуга розміром 40x4 мм стрижні діаметром $d=10-20$ мм		$t \geq 0,5$ $l = 3-5$ $z = 3-5$

Для захисту від вторинних проявів блискавки повинні бути передбачені наступні заходи:

- а) металеві конструкції і корпуси всього устаткування і апаратів, що знаходяться в будівлі, що захищається, повинні бути приєднані до заземлюючого пристрою електроустановок, вказаного в п. 1.7, або до залізобетонного фундаменту будівлі (з урахуванням вимог п. 1.8). Найменші допустимі відстані в землі між цим заземлювачем і заземлювачами захисту від прямих ударів блискавки повинні бути відповідно до п. 2.5;
- б) усередині будівель і споруд між трубопроводами і іншими протяжними металевими конструкціями в місцях їх взаємного зближення на відстань менше 10 см через кожні 20 м слід приварювати або припаювати перемички із сталевого дроту діаметром не менше 5 мм або сталевий стрічки перетином не менше 24 мм^2 , для кабелів з металевими оболонками або бронею перемички повинні виконуватися з гнучкого мідного провідника відповідно до вказівок СНіП 3.05.06-85;
- в) у з'єднаннях елементів трубопроводів або інших протяжних металевих предметів повинні бути забезпечені перехідні опори не більше 0,03 Ом на кожен контакт. При неможливості забезпечення контакту з вказаним пере-

хідним опором за допомогою болтових з'єднань необхідний пристрій сталевих перемичок, розміри яких вказані в підпункті "б".

Що стосується конструкції громовідводів, то опори стрижньових громовідводів повинні бути розраховані на механічну міцність як вільно варті конструкцій, а опори тросових громовідводів - з урахуванням натягнення троса і дії на нього вітрових і ожеледних навантажень. З'єднання блискавко-приймачів із струмовідводом і струмовідводів із заземлювачами повинні виконуватися, як правило, зваркою, а при неприпустимості вогняних робіт вирішується виконання болтових з'єднань з перехідним опором не більше 0,05 Ом при обов'язковому щорічному контролі останнього перед початком грозового сезону.

Останнім часом з'явилися нові засоби захисту систем та будівель від блискавки, розглянемо деякі з них детальніше.

Тригерний метод. У грозову хмару запускається ракета, яка тягне за собою заземлений дріт. Ініціюється грозовий розряд на безпечній відстані від об'єкта. у цей спосіб американці захищають космодром на мисі Канаверал перед запуском «човників», а вчені забезпечують «постачання» блискавок у визначене місце з метою проведення детальних досліджень.

Лазерний метод. У хмару скеровують промінь лазера, корпус якого заземлено. Внаслідок іонізації повітря відбувається розряд «хмара-лазер». Такий захист боронить Форт Нокс, де міститься золотий запас США. Ця технологія ще тільки розвивається, довжина штучного каналу розряду досить обмежена.

Нейтралізація зарядів. Навкруги об'єкта встановлюються щогли із системою багатьох загострених електродів, що приєднані до заземлювачів (традиційний же блискавко-приймач має один або декілька загострених чи заокругле-

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

них вершечки). Наближення грозової хмари призводить до інтенсивного стікання з електродів зарядів протилежної полярності - електричний вітер. Над об'єктом напинається своєрідний електростатичний екран. Ніякого тобі грому, блискавки (та електромагнітних імпульсів). Цей спосіб ще не дістав загального підтвердження і сприйняття науково-технічною спільнотою.

+Активні блискавко-приймачі. Покликані полегшувати ініціювання зустрічного розряду саме з блискавкоприймача, для чого мають на вершечку іонізуючий пристрій (радіоактивний препарат або іскровий проміжок). Ефективність цих блискавкоприймачів продовжує дискутуватися науковою громадою. Слід мати на увазі, що наведені та деякі інші нові способи захисту ще майже не знайшли свого відображення у нормативних документах різних країн. .[6]

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		70

Список використаних джерел

1. Основи конструювання і розрахунку хімічної апаратури. Лашинський А.А., Толчинский А.Р., Л., «Машинобудування», 1970 г., 762стр. табл.476. Іл. 418. Бібл.218 назв.
https://www.proektant.org/books/1970/1970_Osnovy_konstruirovaniya_i_rascheta_himicheskoi_apparatury_Laschinskii_A_A_Tolchinskii_A_R.pdf
2. Павлов К. Ф., Романков П.Г., Носков А. А. Приклади і задачі по курсу процесів і апаратів хімічної технології: Навчальний посібник для вузів / Під ред. П. Г. Романкова .- 10-е изд. перераб. і доп. -Л. - .Хімія, 1987. -560 с. <http://pce.lviv.ua/library/books/pavlov-k-f-romankov-p-h-noskov-a-a-pryklady-i-zadachi-po-kursu-protsesiv-i-aporativ-himichnoji-tehnolohiji>
3. Основні процеси і апарати хімічної технології: Посібник з проектування /Г.С. Борисов, В.П. Бриків, Ю.І. Дитнерській і ін. Під ред. Ю.І.Дитнерского, 2-е изд., Перераб. І додатк. М .: Хімія, 1991. - 496 с. https://knowledge.allbest.ru/physics/3c0a65635b3bd69a4d43a89421216d36_0.html
- 4 .Лашинський А.А. Конструювання зварних хімічних апаратів: Довідник / За ред. канд. техн.наук А.Р.Толчинского. Л .: Машинобудування, 1981 - 382 с.<http://books.totalarch.com/node/6068>
- 5.Кузнецов А.А., Судаков Є.М. Розрахунки основних процесів і апаратівпереробки вуглеводневих газів. М., Хімія, 1983 г.
<https://www.twirpx.com/file/243913/>
- 6.<https://studfile.net/preview/3270507/page:4/>

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

7.ГОСТ 25822-83. Сосуды и аппараты. Аппараты воздушного охлаждения. Нормы и методы расчета на прочность. — Введ. 10.06.1983. — М.: Гос. ком. СССР по стандартам, 1983. — 20 с., ил.

8. ГОСТ 14249-89. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. — Взамен ГОСТ 14249-89; Введ. 18.05.89. — М.: Гос. ком. СССР по стандартам, 1989. — 80 с., ил.

9.Корягин А.А. Рекомендации по выбору аппаратов для химической промышленности / А.А. Корягин, Н.Е. Щедрина // В сб. научн. трудов под ред. Е.В. Коровнина, А.А. Корягина – М.: НИИХИММАШ, 1981. – С. 65–67.

10. http://sti.snu.edu.ua/files/nauka/books/konstuvannya_ta_razrahunok_KTA.

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72