

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ

Кафедра «Хімічна інженерія»

Кваліфікаційна робота бакалавра

зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»

Тема роботи: Ректифікаційна установка для розділення суміші бензол – толуол. Розробити кожухотрубчастий теплообмінник для випаровування толуолу.

Виконав: студент групи ХМ-71/1 Пугач Євген Петрович
прізвище та ініціали

Залікова книжка: № 19510124

Захищений з оцінкою: _____

Керівник: Доцент кафедри Юхименко Миколай Петрович
посада, прізвище та ініціали

підпис

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет технічних систем та енергоефективних технологій

Кафедра «Хімічна інженерія»

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

Курс 4 Група ХМ-71/1 Семестр 8

ЗАВДАННЯ до кваліфікаційної роботи бакалавра

Студенту Пугачу Євгену Петровичу

1 Тема роботи: «Ректифікаційна установка для розділення суміші бензол – толуол. Розробити кожухотрубчастий теплообмінник для випаровування толуолу.»

2 Вихідні дані: Продуктивність по речовині, яка випаровується – 6000 кг/год

Початкова температура речовини, яка випаровується – 90 0 С, Тиск парів речовини, яка випаровується – 1,2 атм, Гарячий теплоносій – водяний насичений пар, Тиск водяного пару – 3,5 атм, Початкова температура водяного пару – довідкові дані відповідно величини тиску, Кінцева температура конденсату водяного пару – 100 0 С, Конструктивне виконання теплообмінника – горизонтальний.

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

- 1) Технологічна схема установки - 1 арк.
- 2) Складальне креслення апарату - 1 арк.
- 3) Креслення деталей і вузлів апарату - 2 арк.

4 Рекомендована література 9. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию / Под ред. Ю.И. Дытнерского. Москва : Химия, 1983. 272 с. Романков П.Г., Рашковская Н.Б., Фролов В.Ф. Массообменные процессы химической технологии (системы с твердой фазой) : учебник. Львов : Химия, 1975. 336 с. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии : учебник, 10-е изд. Львов : Химия, 1987. – 576 с.

5 Етапи виконання кваліфікаційної роботи бакалавра:

Етапи і розділи проектування	Т И Ж Н І				
	1-й, 2-й	3-й, 4-й, 5-й, 6-й	7-й, 8-й, 9-й	10-й, 11-й, 12-й, 13-й	14-й
1 Вступ	х х				
2 Технологічна частина		х х х х			
3 Розрахункова частина			х х х		
4 Розроблення креслень				х х х х	
5 Оформлення записки					х
6 Захист роботи					х

6 Дата видачі завдання _____ 2021 р.

Керівник Доцент кафедри Юхименко Миколай Петрович (_____)
посада, прізвище та ініціали підпис

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 69 с., 22 рис., 5 табл., 3 додатки, 15 джерел.

Графічні матеріали: складальний кресленик апарата, складальний кресленик розподільної камери, складальний кресленик корпусу випарника – усього 4 аркуші формату А1 та 3 аркуші А4-специфікація.

Тема кваліфікаційної роботи бакалавра «Ректифікаційна установка для розділення суміші бензол – толуол. Розробити кожухотрубчастий теплообмінник для випаровування толуолу».

У вступі розглянуто історичну пам'ятку про кожухотрубні теплообмінники, також розглянута будова та принцип дії, експлуатаційні характеристики, галузь застосування.

Технологічна частина ПЗ включає в себе опис технологічної схеми роботи ректифікаційної колони в складі якої знаходиться наш випарювач.

В розділі проектні розрахунки розглянуто будову і принцип нашого випарювача, порівняно конструкцію випарювача з аналогами, виконано конструктивні розрахунки, розраховано діаметри штуцерів а також гідравлічний опір апарату.

Розрахунки випарника на міцність включили в себе розрахунки товщини стінок корпусу і кришки апарату, розрахунки і вибір опори апарату, розраховано зміцнення отворів. На ЕОМ розраховані фланцеві з'єднання з урахуванням напружень.

В розділі організація монтажних та ремонтних робіт розглянуті загальні відомості про обслуговування апарату і відповідно обслуговування нашого випарника.

Охорона праці охоплює такі питання як: характеристика іонізуючого випромінювання, механізм іонізації, джерела іонізуючого випромінювання та вплив іонізуючої радіації на здоров'я людини.

Розрахунками на міцність підтверджено надійність роботи проектного апарату.

Ключові слова: АПАРАТ, УСТАНОВКА, ВИПАРЮВАННЯ, ТОЛУОЛ РОЗРАХУНОК.

ЗМІСТ

Реферат

Вступ

1. Технологічна частина	9
1.1.Опис технологічної схеми	9
1.2.Теоретичні основи теплообмінного процесу	10
1.3. Опис апарату і вибір матеріалів.....	14
2.Технологічні розрахунки процесу і апарату	20
2.1 Матеріальний і тепловий баланс процесу	20
2.2 Конструктивні розрахунки.....	21
2.3.Технологічні розрахунки	23
2.4.Гідравлічний опір апарату	26
2.5 Вибір допоміжного обладнання.....	27
3. Розрахунки на міцність апарату	31
3.1 Розрахунок товщини стінки циліндричної обичайки	31
3.2 Розрахунок і вибір опори	35
3.3 Розрахунок фланцевого з'єднання.....	36
4. Організація монтажних та ремонтних робіт.....	42
4.1 Загальні відомості.....	42
4.2. Ремонт та обслуговування випарників.....	46
5. Охорона праці.....	54
5.1 Характеристика іонізуючого випромінювання.....	54
5.2 Типи іонізуючого випромінювання.....	55
5.3 Механізми іонізації.....	56
5.4 Джерела іонізуючого випромінювання.....	58
5.5 Вплив іонізуючої радіації на здоров'я людини.....	59

Список літератури

Додатки - Специфікації до креслень

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>	<i>Пугач</i>				<i>Лит.</i>		<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>	<i>Юхименко</i>						69	
<i>Реценз.</i>					Гр.Хм-71/1			
<i>Н. Контр.</i>	<i>Юхименко</i>							
<i>Утверд.</i>								
					Кожухотрубчастий теплообмінник для випарювання толуолу			

ВСТУП

Кожухотрубні теплообмінники з'явилися на початку ХХ століття і отримали свою назву через тонкі теплообмінні труби, що знаходяться в середині основного кожуха, причому їх кількість впливає на поверхню теплообміну, і, як наслідок, ефективність апарату. Їх розробка була пов'язана з потребою в апаратах з високим показником продуктивності і здатністю працювати при високому тиску. Спочатку застосовувалися на теплових станціях, потім - як компоненти випарників і нагрівачів в нафтопромисловості. Найчастіше апарати працювали з забрудненими середовищами, що сприяло конструювати їх так, щоб забезпечити легкість ремонту та очищення.

З роками кожухотрубні теплообмінники стали найбільш широко застосовуваним типом апаратів. Це обумовлено перш за все надійністю конструкції, великим набором варіантів виконання для різних умов експлуатації, зокрема:

- 1) однофазні потоки, кипіння і конденсація по гарячій та холодній сторонам теплообмінника з вертикальним або горизонтальним виконанням діапазон тиску від вакууму до високих значень
- 2) в широких межах змінюються перепади тиску по обидва боки внаслідок великої різноманітності варіантів задоволення вимог по термічним напруженням без істотного підвищення вартості апарату.
- 3) розміри від малих до гранично великих (5000 м²)
- 4) можливість застосування різних матеріалів відповідно до вимог до вартості, корозії, температурному режиму і тиску
- 5) використання розвинених поверхонь теплообміну як всередині труб, так і зовні, різних інтенсифікаторів і т.д.
- б) можливість вилучення пучка труб для очищення та ремонту

Сьогодні це найпоширеніші агрегати з промисловим і побутовим призначенням.

Пристрій кожухотрубного теплообмінника

Кожухотрубний теплообмінник складається з:

-розподільної камери, з патрубками входу і виходу середовища;

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

- кожух (корпус) теплообмінника з патрубками входу і виходу середовища;
- теплообмінні трубки;
- трубні решітки;
- задня (розворотне) камера;

Теплообмінник додатково оснащується опорами, що дозволяють розташувати його горизонтально, і монтажними кріпленнями.

Принцип дії

Принцип роботи кожухотрубчасті теплообмінника простий. Агрегат розділяє носії, всередині пристрою не відбувається змішування продуктів. Тепло передається по трубках, які знаходяться між теплоносіями. Один з них поміщений всередині труб, інший подається в міжтрубний ділянку під тиском. Енергоносії можуть відрізнитися за своїм агрегатним станом - газоподібному, пароподібному або рідинного.

Види і типи кожухотрубних теплообмінників

Діаметр теплообмінників може бути в межах 159-3000 мм, довжиною-від 0,1 до десятків метрів. Максимальний рівень тиску - 160 кг / см². Існують наступні типи установок:

-З вбудованими трубчастими ґратами. Конструктивно передбачена жорстка зчіпка всіх складових частин. Ці апарати використовуються переважно в нафто- і хімічної промисловості. На їх частку припадає три чверті ринкової пропозиції. Для даного виду характерні приварені до внутрішньої сторони корпусу решітки труб і міцно скріплені з ними трубки. Така фіксація не дає складових компонентів зрушуватися усередині корпусу.

-З температурним компенсатором. Кожухотрубний теплообмінник шляхом подовжнього стиснення або за допомогою особливих пружних вставок в розширниках відшкодовує подовження від тепла. Пристрій є напівтвердим.

-З плаваючою головкою. Таким терміном називається рухома решітка, яка переміщується по системі спільно з кришкою. Агрегат коштує дорожче, але він вдосконалений і надійний.

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

-З вигнутою формою (U-подібної). У конструкції два кінця приварені до однієї решітці з поворотом на 180 градусів і радіусом від 4 діаметрів труби, завдяки чому кожухотрубні теплообмінники мають вільно подовжуватися труби.

-З комбінованим наповненням. Обладнані компенсатором і вбудованою плаваючою головкою.

Виходячи з напрямку пересування, агрегати діляться на види:

-Одноточні.

-Протиточні.

-Перехресточні.

Апарати бувають одноходові і багатходові. У першому варіанті наповнювач переміщається по короткій траєкторії, приклад - водонагрівач ВВП, застосований в опалювальних системах. Він підходить для зон, де не принципова величина теплообміну (різниця температур навколишнього середовища і теплоносія мінімальна). Другий вид оснащений поперечними або поздовжніми перегородками, що забезпечують перенаправлення потоків носія. Багатходові пристрої використовуються в місцях, де важлива висока швидкість теплообміну.

Експлуатаційні характеристики

До переваг трубчатого теплообмінника можна віднести відмінний показник експлуатаційного терміну. Для довгої і стабільної експлуатації виробу потрібно своєчасно проводити техобслуговування. Як правило, труби агрегату заповнюють нефільтрованою рідиною, що призводить до їх закупорці і порушує роботу всієї системи. Трубки потрібно прочищати, а інші елементи - промивати.

Якщо необхідний ремонт, обов'язковим етапом йде діагностика. В процесі виявляються ключові проблеми. Найбільш вразлива частина агрегату - труби, вони найчастіше схильні до пошкоджень.

Галузь застосування

Основні споживачі кожухотрубних теплообмінників з побутової точки зору - житлово-комунальні господарства. Вони застосовують агрегати в складі інженерних мереж. Широко використовують вироби тепломережі для поставки в житлові будинки гарячої води. Якщо є можливість, має сенс зробити

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

індивідуальний тепловий пункт, він значно ефективніше, ніж централізована магістраль.

Кожухотрубні пристрої знайшли застосування в нафтовидобувній галузі, хімічної і газової промисловості, в сфері теплоенергетики. Не оминули їх своєю увагою пивне і харчове виробництво. Але найбільше затребувані теплообмінники в як конденсатори, утилізатори тепла відпрацьованих газів і підігрівачі.

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

контролюючий, реєструючий пристрій витрати речовини FCR. Підігрівач П, підігріває А до температури кипіння гріючою водяною парою Б, перед потраплянням в підігрівач П водяної пари Б встановлено прилад для вимірювання температури реєструючий, регулюючий, встановлений на щиті. після цього нагріта суміш потрапляє до верхньої частини ректифікаційної колони Р-к, після чого частина суміші осідає в кубовий залишок, що потрапляє до випарника И, у випарнику із суміші випарюється толуол що потрапляє до Р-к, В результаті поділу суміші з нижньої частини колони відводиться кубовий залишок, який охолоджується водою в холодильнику Х1 і відводиться в ємність Е2, звідки насосом Н2 відкачується споживачеві, суміш кубового залишку випарюється водяною парою Б. Із Р-к пари Толуолу потрапляють до Дефлегматора, де підтримується постійна температура, після Дефлегматора суміш розділяється на флегму та дистилат, частина суміші флегма, повертається до верхньої частини колони, а дистилат потрапляє до холодильнику Х2 звідки вже потрапляє до ємності для дистилату Е3, звідти вже відцентровим насосом відкачується на склад.

1.1 Теоретичні основи теплообміну.

Дистиляційна установка - це складний об'єкт управління з великою кількістю характеристик процесу, численними взаємозв'язками, їх розподілом тощо. Значний час затримки об'єкта може в деяких випадках призвести до того, що вихідні параметри процесу починають змінюватися після зміни параметрів сировини лише через 1-3 години

На об'єкті виникають такі порушення, як зміна температури та складу вихідної суміші, а також тепла та теплоносіїв, зміна властивостей поверхонь теплопередачі внаслідок осадження речовин на стінах тощо. На небі коливання температури навколишнього повітря. Із ректифікаційної колони

Показником ефективності ректифікації є склад цільового продукту. Залежність показника ефективності від параметрів процесу отримується з рівняння матеріального балансу і має вигляд

$$C_{\partial} = \frac{C_c G_c - C_o G_o}{G_c - G_o} \quad (1)$$

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

Рис.2. Діаграма температура (t) - рівень низькокиплячого компонента в рідині (x) і парах (y).

Аналіз діаграми показує, що концентрація у (показник ефективності) визначається концентрацією x, температурою кипіння t тиск рідини та пари P вище рідини. Згідно з правилом фази, лише два із перерахованих параметрів повинні підтримуватися на певному значенні, наприклад тиск P та концентрація x_s , щоб отримати задану концентрацію x_s .

Тиск P можна легко стабілізувати, змінивши швидкість подачі пари в колоні. У цьому випадку регулятор тиску 6 (див. Рисунок 3.1) встановлюється на лінії теплоносія, що надходить у дефлегатор, а не на трубі шолома, що з'єднує верхню частину дистиляційної колони з дефлегатором. Це пов'язано головним чином з тим, що при випаровуванні пари в трубці шолома дефлегматор починає працювати в режимі змінного тиску, що негативно впливає на процес конденсації.

Стабілізація тиску у верхній частині колони необхідна не тільки для підтримки певного складу цільового продукту, але і для забезпечення нормального гідродинамічного режиму колони. Наприклад, із збільшенням тиску швидкість потоку пари та продуктивність рослини зменшуються, а зі зменшенням тиску колони може бути затоплена, оскільки зростаючий потік пари захоплює рідину, що стікає з лотків.

Також порівняно легко контролювати концентрацію x, змінюючи швидкість дефлегмації: чим вища ця швидкість потоку, тим більше компонентів з низьким кипінням присутній у рідині. У цьому випадку регулюючий корпус регулятора витрати 4 може бути встановлений як на зворотній трубі, так і на дистиляційній магістралі, що є еквівалентом. На практиці склад як пари, так і дистиляту часто контролюється шляхом зміни швидкості дефлегмації. Хроматографи та газоаналізатори використовуються в промисловості як композиційні аналізатори.

Таким чином, для досягнення цілі управління необхідно стабілізувати тиск і склад рідини у верхній частині колони, змінюючи швидкість потоку теплоносія, що надходить у дефлегматор, і швидкість дефлегмації. Якість контролю цих параметрів залежить від складу та швидкості парів, що рухаються від нижньої

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

вихлопної колони колони, і визначається її технологічним режимом - головним чином тиском, температурою та складом рідини внизу колони.

Не потрібно стабілізувати тиск пари куба, оскільки дистиляційна колона має чітко визначені властивості самовирівнювання за цим параметром. Протягом декількох хвилин після регулювання тиску в армуючій частині колони тиск у кубі досягає значення трохи вище тиску у верхній частині колони.

Цього не можна сказати про температуру (склад) рідини в кубі (оскільки у верхній частині колони, у кубі, крім тиску, достатньо регулювати лише один параметр). Зміна швидкості дефлегмації для регулювання другого параметра займає лише кілька годин, щоб змінити параметри внизу колони. У зв'язку з цим необхідно

самостійно регулювати один із цих параметрів, щоб підтримувати нормальний режим роботи в кубі. Як правило, температура стабілізується, оскільки, з одного боку, датчик температури набагато простіший і надійніший, ніж композиційні аналізатори, а з іншого боку, якщо цільовим продуктом є дистилят, у нижній частині стовпа технологічний режим менш жорсткий, ніж у верхній.

Внизу колони ефекти управління можна змінити, змінивши витрати залишків барабана та теплоносія, що подається в котел. Враховуючи, що один з них, а саме залишковий витрата, повинен використовуватися для підтримки рівноваги матеріалу, тобто для стабілізації рівня рідини в кубі (регулятор рівня 5), єдино можливим регулюючим ефектом є зміна витрати теплоносія через котел.

Таким чином, якщо цільовим продуктом є дистилят, для досягнення цілі контролю потрібні такі регулятори: початковий витрата суміші -1, початкова температура суміші -3, верхній тиск колонки -6, рідкий склад у верхній частині колони -4, температура -2 і рівень рідини в кубі -5.

Контролюється: витрата вихідної суміші, дистиляту, дефлегмату, залишку, тепла та охолоджуючих рідин; склад і температура кінцевого продукту; температура вихідної суміші, тепла та теплоносія; куб стовпця стовпця; температура по висоті колони, тиск у верхній і нижній частині колони, а також різниця між цими тисками.

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

Так, як в апараті здійснюється технологічний процес із застосуванням речовини, що володіє агресивними властивостями, то для забезпечення умов роботи випарювача, була прийнята сталь для трубної решітки Сталь 10X17H13M2T. Розшифровка сталі 10X17H13M2T: 10 - містить вуглецю не більше 0,1%, X17 - вказує вміст хрому в сталі приблизно 17%, H13 - вказує вміст нікелю в сталі близько 13%, M2 - вказує зміст молібдену в сталі близько 2%, буква Т в кінці марки означає, що в сталі міститься приблизно 1% титану.

Табл.1.Хімічний склад у % сталі 10X17H13M2T

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	V	T	Cu	W	Fe
								<0,2				Зал ишо к

Вплив хімічного складу на властивості сталі 10X17H13M2T

Як правило, розшифровка 10X17H13M2T дає уявлення про основні легуючих добавках.

- 1) За рахунок наявності в сплаві молібдену сталь набуває високу стійкість до виразкової корозії в середовищах з хлором, хоча при цьому дещо знижується стійкість виробів до міжкристалічної корозії в окисних середовищах окисного.
- 2) Хром створює на поверхні сталевого виробу плівку - захист від впливу несприятливих і шкідливих впливів.
- 3) Молібден сприяє підвищенню жаростійкості сталі, і збільшує довгостроковість служби.
- 4) Нікель створює пластичність, і підсилює міцність.
- 5) Титан надає сплаву характеристики фериту, і знижує схильність сталі до утворення міжкристалічної корозії.

Механічні властивості матеріалу 10X17H13M2T

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ				Лист
									16
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

Прокат	Размер	Временное сопротивление разрыву, σ_b , МПа	Предел кратковременной прочности, S_T , МПа	Относительное удлинение при разрыве, δ_5 , %	Относительное сужение, ψ , %
Поковки	до 1000	510	196	35	45
Лист тонкий	-	530	-	38	-
Сорт	60	510	215	40	55
Лист толстый	-	530	235	37	-
Трубы холоднодеформированные	-	529	-	35	-

Рис.5 Механічні властивості матеріалу 10X17H13M2T

Основні характеристики сталі 10X17H13M2T

Сплав 10X17H13M2T є конструкційну високолеговану, корозійностійких, жаростійкий, жароміцний нержавіючу сталь.

Сталь 10X17H13M2T відносять до складнолегована металів, аустеніту. Інша назва - E1 448.

Крім високої міцності і пластичності, таких відмінних експлуатаційних характеристик, як пластичність і в'язкість структури, немагнитність, тривалість експлуатації без втрати початкових якостей, дана сталь має ряд унікальних переваг.

До них відносять:

- 1) Стійкість до температур в великому діапазоні (як до мінусових, так і позитивним до 600 ° C), а також до різких температурних перепадів.

Нейтральність при експлуатації в агресивних хімічних середовищах, включаючи стійкість до корозії під впливом оцтової і фосфорної кислот.

- 3) Сталь 10X17H13M3T стійко пасивна в концентрованих розчинах їдкого натру (50%) при температурах до 100 ° C.

Ці особливості обумовлюють широкий попит на сталь, і нестандартність сфер застосування.

Фізичні властивості

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Лист
						17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Температура, °С	Модуль упругости, $E \cdot 10^{-5}$, МПа	Коефіцієнт лінійного розширення, $\alpha \cdot 10^6$, 1/°С
20	2,06	-
100	-	15,7
200	1,86	16,1
300	1,77	16,7
400	1,77	17,2
500	1,67	17,6
600	1,57	17,9
700	1,47	18,2

Рис.6 Фізичні властивості

Технологічні властивості

Удельный вес	7950 кг/м ³
Термообработка	Закалка при 1050 - 1100 °С, вода
Температураковки	Начала 1180 °С, конца 850 °С. Сечения до 300 мм охлаждаются на воздухе
Твердость материала	НВ 10 ⁻¹ = 200 МПа
Свариваемость материала	Без ограничений

Рис.7 Технологічні властивості

Матеріал зовнішньої оснастки, арматури, кріпильних елементів і т. Д., Що не мають контакту з переробляється середовищем, приймаємо конструкційну сталь 10. Вибір на користь цієї сталі, заснований на її порівняно низької вартості, хорошій оброблюваності і досить високими фізико-механічними властивостями.

Хімічний склад і механічні властивості сталі представлені в таблиці 2.2

Таблиця 2. - Хімічний склад і механічні властивості сталі 10

C, %	Mn, %	Si, %	Cr, %	Ni, %	Cu, %	As, %	S, %	P, %	E · 105 МПа	σт МПа	σв МПа	δ %
0,07- 0,14	0,35- 0,65	0,17- 0,37	0,15	0,25	0,3	0,08	0,04	0,04	2,0	210	340	31

Для виготовлення пристроїв, необхідних для забезпечення зручності обслуговування і зовнішнього огляду апарату, вибираємо прокат з листової та профільної сталі звичайної якості - ВСт3пс3 ГОСТ 380 - 71, що поставляється по

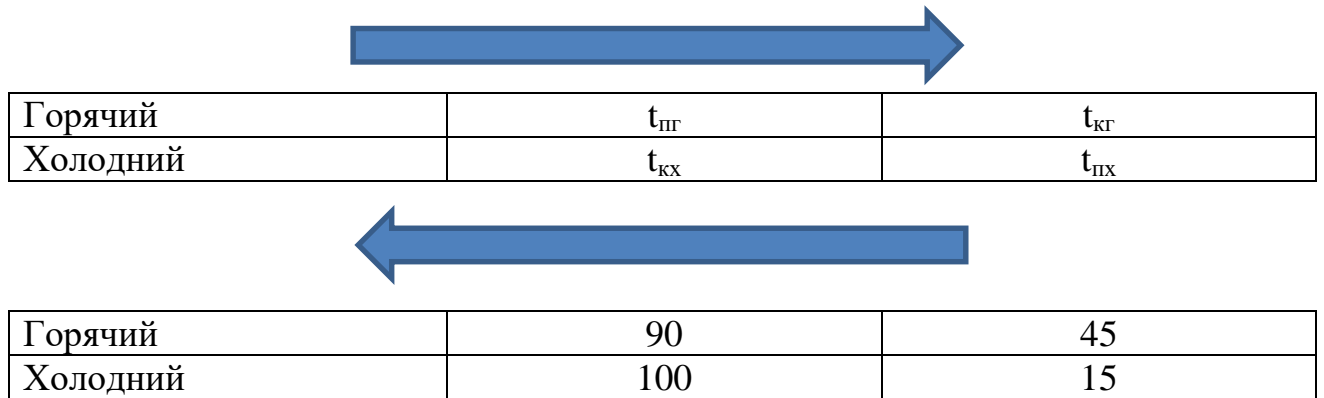
					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ				Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					18

групі В (поставляється за механічними властивостями і хімічним складом). На користь вибору цієї сталі приймається її низька вартість, добре обробляється і відмінна зварюваність.

Для захисту зовнішніх поверхонь апарату від впливу навколишнього середовища використовуємо покриття - Емаль ХС-1169 для захисту металевих поверхонь від впливу агресивних середовищ лужного і кислотного характеру.

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

Рис.9-10. Температурна схема процесу (протиток, заданий умовою).



$$\Delta t_M = 100 - 90 = 15^\circ\text{C}. \quad (2)$$

$$\Delta t_6 = 45 - 15 = 30^\circ\text{C}. \quad (3)$$

Середня різниця температур:

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_6 - \Delta t_M}{2,3Lg \frac{\Delta t_6}{\Delta t_M}} = \frac{30 - 15}{2,3Lg \frac{30}{15}} = 21,7^\circ\text{C} \quad (4)$$

Середня температура толуолу:

$$t_{cp. e} = t_{пг} - \Delta t_{cp} = 90 - 21,7 = 68,3^\circ\text{C}. \quad (5)$$

Середня температура гарячої води:

$$t_{cp. в} = (t_{кк} - t_{пх}) / 2 = (100 - 15) / 2 = 42,5^\circ\text{C}. \quad (6)$$

Теплове навантаження апарату Q визначається по рівнянню теплового балансу:

$$Q = Q_r \quad (7)$$

де Q_r - це кількість теплоти яка віддається гарячим теплоносієм.

Витрати теплоти на конденсацію толуолу складають:

$$Q_r = G_e \cdot r_e = 1,66 \cdot 418,7 \cdot 10^3 = 7 \cdot 10^5 \text{ Вт} \quad (8)$$

де $r_e = 418,7 \cdot 10^3$ Дж/кг - теплота випарювання толуолу;

G_e = продуктивність речовини що конденсується в с,

$$G_e = 6000 / 3600 = 1,66 \text{ Кг/с} \quad (9)$$

Враховуючи втрати теплоти 3,5 % через зовнішню поверхню теплообмінника отримаємо:

$$Q = Q_{\text{конд}} = 1,035 Q_e = 1,035 \cdot 4,187 \cdot 10^5 \cdot 7 \cdot 10^5 = 30,335 \cdot 10^5 \text{ Вт} \quad (10)$$

Витрати охолоджувальної води.

$$G_B = \frac{Q}{c(t_{кк} - t_{пх})} = \frac{30,335 \cdot 10^5}{4174 \cdot (100 - 15)} = 8,55 \text{ Кг/с} \quad (11)$$

де $c = 4178 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{К}}$ - питома теплоємність води при $t_{\text{ср. в}}$ [1].

2.2 Конструктивні розрахунки

Розрахункове число труб в одному ході знаходиться із рівняння об'ємної витрати потоку в трубному просторі

$$n = \frac{V_{\text{в}}}{w_{\text{в}} \cdot 0,785 \cdot d_{\text{в}}^2} = \frac{0,008}{1 \cdot 0,758 \cdot 0,021^2} = 239 \text{ шт.} \quad (12)$$

де $d_{\text{в}}$ – внутрішній діаметр теплообмінних труб, $d_{\text{в}} = 0,021$ м

$w_{\text{в}}$ – приймаємо приблизно 1 м/с

$$V_{\text{в}} - \text{об'ємна витрата} (V_{\text{в}} = \frac{G_{\text{в}}}{\rho_{\text{в}}} = 8,55 / 997 = 0,008 \text{ м}^3/\text{с}) \quad (13)$$

де $\rho_{\text{в}} = 0,9 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$ - в'язкість води при $t_{\text{ср. в}}$ [1].

Орієнтовне значення коефіцієнта теплопередачі в конденсаторах парів органічних речовин $K=550 \text{ Вт}/\text{м}^2\text{К}$ [1]. Тоді, необхідна площа поверхні конденсатора:

$$F = \frac{Q}{K \Delta t_{\text{ср}}} = \frac{30,335 \cdot 10^5}{550 \cdot 21,7} = 254,2 \text{ м}^2 \quad (14)$$

За ГОСТ 15122 - 79 [1] візьмемо двоходовий теплообмінник з діаметром кожуху $D=800$ мм та загальним числом труб $n_{\text{заг}}=384$ шт..

Маркування: Теплообмінник 800ЛК-6М1 ГОСТ 15122-79 25Г6Т1

Тоді фактичні швидкості холодного теплоносія в трубах $w_{\text{х}}$ та гарячого теплоносія в міжтрубному просторі $w_{\text{г}}$ визначаються за формулами

$$w_{\text{в}} = V_{\text{в}}/f_{\text{мп}} \quad (15)$$

де $f_{\text{мп}}$ – прохідний переріз, одного ходу по трубах $= 0,022\text{м}^2$

$$w_{\text{в}} = \frac{0,008}{0,022} = 0,36 \text{ м/с} \quad (16)$$

$$w_{\text{г}} = V_{\text{г}}/f_{\text{мпг}} \quad (17)$$

де $f_{\text{мпг}}$ – прохідний переріз, між перегородками $= 0,007\text{м}^2$

$$V_{\text{г}} - \text{об'ємна витрата} (V_{\text{г}} = \frac{1,66}{867} = 0,002 \text{ м}^3/\text{с}) \quad (18)$$

$$w_{\text{г}} = \frac{0,002}{0,007} = 0,285 \text{ м/с} \quad (19)$$

2.3 Технологічні розрахунки

Режим течії рідини в трубах та газу в міжтрубному просторі визначаються за зазначеннями критеріїв Рейнольдса :

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
						22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$Re_B = \frac{w_B \cdot d_B \cdot \rho_B}{\mu_B} = \frac{0,36 \cdot 0,021 \cdot 1000}{0,9 \cdot 10^{-3}} = 8400 \quad (20)$$

$$Re_\Gamma = \frac{w_\Gamma \cdot d_H \cdot \rho_\Gamma}{\mu_\Gamma} = \frac{0,285 \cdot 0,025 \cdot 867}{0,000381} = 16213 \quad (21)$$

де, d_H – зовнішній діаметр теплообмінних труб, $d_H = 0.025$ м

Якщо $Re < 2300$ - режим руху ламінарний; якщо $2300 \leq Re \leq 10000$ – режим руху перехідний; якщо $Re > 10000$ – режим руху турбулентний.

Для визначення коефіцієнта тепловіддачі через рівняння:

$$Nu_B = 0.023 \cdot Re_B^{0.8} \cdot Pr_B^{0.4} \quad (22)$$

де Pr - Критерій Прандтля характеризує теплофізичні властивості теплоносія

$$Pr = \frac{\mu \cdot c}{\lambda} = \frac{0,9 \cdot 10^{-3} \cdot 4180}{0,640} = 5,87 \quad (23)$$

c – питома теплоємність води;

λ – теплопровідність води;

$$Nu_B = 0.023 \cdot 8400^{0.8} \cdot 5,87^{0.4} = 64,36 \quad (24)$$

Після визначення критерія Nu_x розраховується коефіцієнт тепловіддачі для холодного теплоносія з формули:

$$\alpha_B = Nu_B \cdot \lambda_B / d_B \quad (25)$$

$$\alpha_B = 64,36 \cdot \frac{0,64}{0,021} = 1961,45 \quad (26)$$

Коефіцієнт тепловіддачі при течії газу в міжтрубному просторі з перегородками визначається за таким критеріальним рівнянням

$$Nu_\Gamma = 0.2 \cdot Re_\Gamma^{0.6} \cdot Pr_\Gamma^{0.33} \quad (27)$$

де Pr - Критерій Прандтля характеризує теплофізичні властивості теплоносія

$$Pr = \frac{\mu \cdot c}{\lambda} = \frac{0,000381 \cdot 1954}{0,114} = 6,53 \quad (28)$$

c – питома теплоємність толуолу;

λ – теплопровідність толуолу;

$$Nu_\Gamma = 0.2 \cdot 16213^{0.6} \cdot 6,53^{0.33} = 124,66 \quad (29)$$

Після визначення критерію Nu_Γ розраховується коефіцієнт тепловіддачі для гарячого теплоносія з формули

$$\alpha_\Gamma = Nu_\Gamma \cdot \frac{\lambda_\Gamma}{d_H} = 124,66 \cdot \frac{0,114}{0,025} = 646 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad (30)$$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_\Gamma} + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + \frac{1}{\alpha_B}} = \frac{1}{\frac{1}{646} + \frac{0,002}{17,5} + \frac{1}{1961,45} + 0,00006} = 447,62 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}) \quad (31)$$

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

де δ_{cm} - товщина стінки теплообмінних труб, $\delta_{cm} = 0.002$ м; λ_{cm} - теплопровідність матеріалу теплообмінних труб, для нержавіючої сталі $\lambda_{cm} = 17.5$ Вт/(м · К), термічний опір за рахунок забруднення стінок - 0,00006.

Термічний опір за рахунок забруднення стінок вибираємо з таблиці 3.

Среды	Сопротивление загрязнения	
	м ² ·ч · °С/ккал	м ² ·К/Вт
Водяной пар чистый	0,00007	0,00006
Водяной пар мятый, содержащий масло	0,0001	0,00009
Вода ¹ :		
морская, речная	0,0001/0,0002	0,00009/0,00018
чистая	0,0004/0,0006	0,00036/0,0005
мутная	0,0006/0,0008	0,0005/0,0007
сильно загрязненная	0,0016/0,0020	0,0014/0,0018
водопроводная	0,0002/0,0004	0,00018/0,00036
оборотная		
подготовленная	0,0002/0,0004	0,00018/0,00034
неподготовленная	0,0006/0,0007	0,0005/0,0006
дистиллированная	0,0001	0,00009
Холодильные агенты, рассолы, органические теплоносители	0,0002	0,00018
Технологические потоки установок:		
атмосферно-вакуумной перегонки нефти	0,0002	0,00018

Рис.11. Термічний опір забруднення [16]

Прийmemo за таблицею термічні опору забруднень з боку толуолу = 2-10 (м -К) / Вт.

Після розрахунку фактичного коефіцієнта теплопередачі знову визначається розрахункова поверхня теплообміну із основного рівняння теплопередачі:

$$F_p = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{30,335 \cdot 10^5}{447,62 \cdot 21,7} = 312,3 \text{ м}^2 \quad (32)$$

А також запас поверхні за формулою

$$\Delta = \frac{F - F_p}{F} = \frac{312,3 - 254,2}{254,2} = 0,228 \text{ м}^2 = 22,8\% \quad (33)$$

Тобто присутній запас поверхні вибраного теплообмінника.

2.4 ГІДРАВЛІЧНИЙ ОПІР АПАРАТУ

					XI.T.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

Діаметри штуцерів випарника для підведення-відведення теплоносіїв визначаємо за формулою:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot \omega}} = \sqrt{\frac{4 \cdot G}{\pi \cdot \rho \cdot \omega}} \quad (34)$$

де V і G – об'ємна і масова витрати рідини/пари відповідно, м³/с і кг/с;

ρ – густина потоку середовища, кг/м³ ;

ω – швидкість витікання середовища, м/с.

Рекомендовані швидкості руху теплоносіїв:

– для рідини 0,1–0,5 м/с при самопливі і 0,5–2,5 м/с в напірних трубопроводах;

– для пари або газу 5–25 м/с.

Діаметр патрубку для входу рідкого етанолу в апарат:

$$d_{\text{х.вх}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 6000 / 3600}{3,14 \cdot 867 \cdot 1,5}} = 0,04 \text{ м} \quad (35)$$

Діаметр патрубку для виходу парів етанолу:

$$d_{\text{х.вих}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 6000 / 3600}{3,14 \cdot 2,69 \cdot 1,5}} = 0,7 \text{ м} \quad (36)$$

Діаметр патрубку для входу насиченої водяної пари:

$$d_{\text{г.вх}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 8,55}{3,14 \cdot 2,8 \cdot 1,5}} = 0,16 \text{ м} \quad (37)$$

Діаметр патрубку для виходу конденсату водяної пари:

$$d_{\text{г.вих}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 8,55}{3,14 \cdot 958 \cdot 1,5}} = 0,087 \text{ м} \quad (38)$$

За отриманими значеннями приймаємо стандартні патрубки:

- для входу рідкого етанолу $D_y = 50$ мм;
- для виходу парів етанолу $D_y = 100$ мм;
- для входу насиченої водяної пари $D_y = 150$ мм;
- для виходу конденсату водяної пари $D_y = 100$ мм.

Гідравлічний опір кожухотрубчастого теплообмінника складається з витрат напора на тертя в трубах і місцевих опорів.

1) у трубному просторі :

$$\Delta P_{\text{мп}} = \left(\varphi \cdot \frac{L \cdot z}{d_B} \sum \zeta \right) \cdot \frac{w_B^2 \cdot \rho_B}{2} \quad (39)$$

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

де φ - коефіцієнт тертя;

$$\varphi = \frac{0,316}{\text{Re}_B^{0,25}} = \frac{0,316}{8400^{0,25}} = 0,033 \text{ Н} \quad (40)$$

$\sum \zeta$ - сума коефіцієнтів місцевих опорів

$$\Delta P_{\text{mp}} = \left(0,033 \cdot \frac{9 \cdot 6}{0,021} \cdot 5 \right) \frac{0,36^2 \cdot 1000}{2} = 27493,3 \text{ Н/м}^2 \quad (41)$$

2) у міжтрубному просторі

$$\Delta P_{\text{mmp}} = \sum \zeta \cdot \frac{w_{\Gamma}^2 \cdot \rho_{\Gamma}}{2} = 8,86 \cdot \frac{0,285^2 \cdot 867}{2} = 312 \text{ Н/м}^2 \quad (42)$$

2.5 Вибір допоміжного обладнання

Виконаємо розрахунок відцентрового насоса для подачі бензолу в випаровувачі

Витрата етанолу

$$V = G/\rho = 6/789 = 0,0076 \text{ м}^3/\text{с}. \quad (43)$$

У випарнику під надлишковим тиском 0,025 Па. Температура бензолу 90°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 дросильна заслінка, є також два коліна під кутом 90°. Прийmemo швидкість толуолу у всмоктуючому і нагнітальному трубопроводах однаковою, рівною 1 м/с. Тоді діаметр трубопроводу однаковою, що дорівнює 1 м/с.

Тоді діаметр трубопроводу буде розраховуватися за формулою:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot \omega}}, \quad (44)$$

де ω – швидкість бензолу, м/с;

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0076}{3,14 \cdot 1}} = 0,098 \text{ м}.$$

Приймаємо трубопровід зі сталі марки 12Х13, діаметром 45×3 мм.

Визначаємо величину критерію Re:

$$\text{Re} = \frac{\omega \cdot d \cdot \rho}{\mu}. \quad (45)$$

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
						27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$Re = \frac{1 \cdot 0,087 \cdot 876}{0,27 \cdot 10^{-3}} = 279022,$$

отже - режим руху турбулентний.

Приймаємо абсолютну шорсткість стінок труб, $e = 0,2$ мм [2], степiнь шорсткостi

$$\frac{d}{e} = \frac{87}{0,2} = 435. \quad (46)$$

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

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

для всмоктуючої лінії

- вхід в трубу $\varepsilon = 0,5$;

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

$$\Sigma \varepsilon_{вс} = 0,5 + 5,4 = 5,9; \quad (47)$$

для нагнітальної лінії

- вихід з труби $\varepsilon = 1,0$;

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

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

- коліно під кутом 90^0 $\varepsilon = 1,6$.

$$\text{Отже, } \Sigma \varepsilon_{н} = 1 + 5,4 + 0,9 + 2 \cdot 1,6 = 10,5 \quad (48)$$

Визначаємо втрати напору по формулі Дарсі-Вейсбаха:

$$h_l = \lambda \frac{l V^2}{d 2g}, \quad (49)$$

Визначаємо коефіцієнт гiдравлічного тертя за формулою Блазіуса:

$$\lambda = \frac{0,3164}{Re^{0,25}}. \quad (50)$$

$$\lambda = 0,3164 / 22,98 = 0,0137$$

у всмоктувальної лінії

$$h_{вс} = \left(0,0137 \cdot \frac{3}{0,087} \right) \cdot \frac{0,0076^2}{2 \cdot 9,81} = 139 \cdot 10^{-8} \text{ м.}$$

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

нагнітальної лінії

$$h_n = \left(0,0137 \cdot \frac{20}{0,087} \right) \cdot \frac{0,0076^2}{2 \cdot 9,81} = 0,00357 \text{ м.}$$

Загальні втрати напору

$$h_n = 139 \cdot 10^{-8} + 0,00357 = 5 \cdot 10^{-6} \text{ м.} \quad (51)$$

Визначаємо повний напір [2]

$$H = \frac{\Delta p}{\rho \cdot g} + H_r + h_n \quad (52)$$

где Δp – надлишковий тиск, Па; H_r - геометричний напір..

$$H = \frac{0,25 \cdot 10^6}{876 \cdot 9,81} + 2 + 0,00005 = 31,1 \text{ м.}$$

Корисна потужність насоса

$$N_n = \frac{\rho \cdot g \cdot H \cdot V}{1000} \quad (53)$$

где V – витрата еталону, м³/с;

$$N_n = \frac{876 \cdot 9,81 \cdot 31,1 \cdot 0,006}{1000} = 1,6 \text{ кВт.}$$

Потужність на валу двигуна

$$N_{дв} = \frac{N_n}{\eta_n \cdot \eta_{п}} \quad (54)$$

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

$$N_{дв} = \frac{1,6}{0,6 \cdot 1,0} = 2,6 \text{ кВт.} \quad (55)$$

Установча потужність двигуна з урахуванням пускових моментів

$$N_{уст} = \frac{1,2 \cdot N_{дв}}{\eta_{дв}} = \frac{1,2 \cdot 2,6}{0,8} = 4 \text{ кВт.} \quad (56)$$

Встановлюємо при $V = 6000 \text{ кг/г} = 6,84 \text{ м}^3/\text{г}$ відцентровий насос марки ХМ-50-32-200К ГОСТ 20791-88[17] з наступною характеристикою:

- Продуктивність насоса: до 15,0 м³ / год,
- Напір насоса до 45,0 м.,
- Потужність двигуна - 7,5 кВт,
- Маса насоса - 50,0 кг.,

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
						29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3. РОЗРАХУНКИ НА МІЦНІСТЬ АПАРАТУ[5;6]

3.1 РОЗРАХУНОК ТОВЩИНИ СТІНКИ ЦИЛІНДРИЧНОЇ ОБІЧАЙКИ

Розрахунок допустимих напружень

Допустимі напруження для матеріалу корпусу сталь 09Г2С:

$[\sigma]$ – напруження, що допускається, для сталі 09Г2С, з якої виготовлена обичайка при $t = 90^\circ\text{C}$; $[\sigma] = 166 \text{ МПа}$

$[\sigma]_{20}$ – напруження, що допускається, для сталі 09Г2С, з якої виготовлена обичайка при $t = 20^\circ\text{C}$; $[\sigma]_{20} = 170 \text{ МПа}$

Розрахункове значення межі текучості для при $t = 20^\circ\text{C}$ сталі 09Г2С:

$\sigma_{т20} = 185 \text{ МПа}$

Допустиме напруження в умовах гідравлічних випробувань розрховується за формулою:

$$[\sigma]_{и} = \sigma_{т20}/1,1 \quad (63)$$

$$[\sigma]_{и} = 185/1,1 = 168 \text{ МПа}$$

Розрахунковий та пробний тиск корпусу

Розрахунковий тиск в апараті за робочих умов,

$$P_p = p + p_r \quad (64)$$

де p - робочий тиск в апараті, $p = 3,5 \text{ атм} = 0,35 \text{ МПа}$;

p_r – гідростатичний тиск робочого середовища

Максимальне значення гідростатичного тиску робочого середовища :

$$p_r = \rho \cdot g \cdot h \quad (65)$$

де ρ - щільність води при температурі $t = 20^\circ\text{C}$ (гідровипробування проводять водою);

$$\rho = 998 \text{ кг/м}^3$$

g - прискорення вільного падіння;

h – висота апарату, без урахування опор $h = 0,8 \text{ м}$

$$p_r = 998 \cdot 9,8 \cdot 0,8 = 0,007 \text{ МПа} < 5\%p$$

Оскільки гідростатичний тиск менше 5% від тиску у середині апарату

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

($p = 1,2$ атм), то його можна не враховувати

Пробний тиск при гідравлічному випробуванні корпусу:

$$P_{пр}^к = \begin{cases} 1.5 \cdot [\sigma] \cdot 20 \cdot P_p / [\sigma] \\ 0.2 \end{cases} \quad (66)$$

$$P_{пр}^к = \max \left\{ \frac{1.5 \cdot 170 \cdot 0.35 / 166}{0.2} \right\} = \left\{ \frac{0.31}{0.2} \right\} = 0.54 \text{ МПа}$$

Розрахунок товщини стінки обичайки

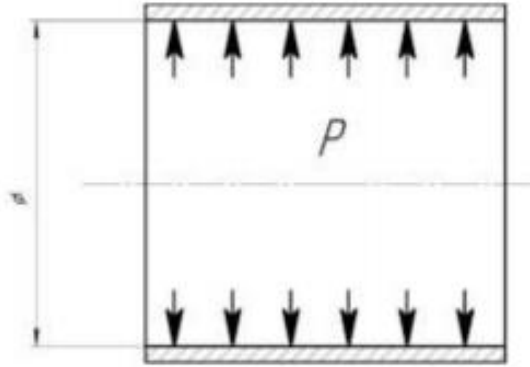


Рис 12 – Розрахункова схема обичайки

Викновчу товщину стінки апарату, навантаженої внутрішнім тиском розраховують за формулою:

$$S_p^к = \max \left\{ \begin{array}{l} P_p \cdot D_p / 2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] - P_p \\ P_{пр}^к \cdot D_p / 2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] - P_p \end{array} \right\} \quad (67)$$

де φ - коефіцієнт міцності кільцевого зварного шва, $\varphi = 0,9$

$$S_p^к = \max \left\{ \frac{0.35 \cdot 800}{2 \cdot 0.9 \cdot 166} - 0.35 \right\} = \left\{ \frac{0.93}{1.42} \right\} = 1,42 \text{ мм}$$

Визначаємо виконавчу товщину стінки корпусу:

$$S \geq S_p^к + c \quad (68)$$

де c – прибавка до розрахунковим товщинам;

$$c = \Pi T_a + c_2 = 0,15 \cdot 15 + 0,8 = 3,05 \text{ мм}; \quad (69)$$

c_2 - надбавка для компенсації мінусового допуску;

$\Pi = 0,15$ мм/рік – швидкість корозії;

$T_a = 15$ років – срок служби апарату;

$$s \geq 1,42 + 3,05 \geq 4,47 \text{ мм} \quad (70)$$

Приймаємо виконавчу товщину стінки обичайки з урахуванням забезпечення жорсткості $s = 6,0$ мм.

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

Перевіряємо умову безмоментної теорії:

$$(S-c)/D_p \leq 0,1 \quad (71)$$

$$(6-3,05)/1000 \leq 0,1$$

0,004 ≤ 0,1- умова виконана

Розрахунок товщини стінки еліптичного днища

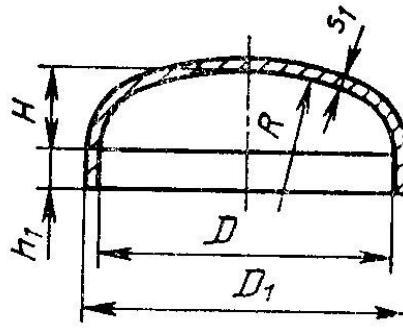


Рис. 13 – Розрахункова схема еліптичного днища

Товщина стінки днища розраховується за формулою

$$S_p^d = \max \left\{ \begin{array}{l} P_p \cdot R/2 \cdot \phi \cdot [\sigma] - 0,5 P_p \\ P_{пр} \cdot R/2 \cdot \phi \cdot [\sigma]_{и} - 0,5 P_{пр} \end{array} \right\} \quad (72)$$

де R – радіус кривизни в вершині днища, R = 800мм;

R = D – для еліптичних днищ з H = 0,25 · D = 200 мм.

$$S_p^d = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,35 \cdot 800/2 \cdot 0,9 \cdot 166 - 0,5 \cdot 0,35 \\ 0,54 \cdot 800/2 \cdot 0,9 \cdot 168 - 0,5 \cdot 0,54 \end{array} \right\} = \left\{ \begin{array}{l} 0,93 \\ 1,42 \end{array} \right\} = 1,42 \text{ мм}$$

Визначаємо виконавчу товщину стінки днища:

$$S \geq S_p^d + c \quad (73)$$

$$s \geq 1,42 + 3,05 \geq 4,47 \text{ мм}$$

Приймаємо товщину днища рівною товщині стінки бмм.

Довжину циліндричної відбортованої частини днища приймаємо h₁ = 50мм.

Допустимий тиск для обичайки корпусу

Перевіряємо працездатність обичайки на внутрішній надлишковий тиск, що допускається, за робочих умов:

$$[P]_p = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \phi \cdot (s-c)}{D_p + (s-c)} \quad (74)$$

де (s - c) – товщина стінки обичайки у кінці терміну служби апарату

$$[P]_p = \frac{2 \cdot 166 \cdot 0,9 \cdot (6 - 3,05)}{800 + (6 - 3,05)} = 1,09 \text{ МПа;}$$

$$[P]_{и} = \frac{2 \cdot [\sigma]_{и} \cdot \phi \cdot (s-c)}{D_p + (s-c)} \quad (75)$$

$$[P]_{и} = \frac{2 \cdot 168 \cdot 0,9 \cdot (6 - 3,05)}{8000 + (6 - 3,05)} = 1,11 \text{ МПа;}$$

$$d_d = 2 \cdot \left(\frac{(6-3,05)}{1,42} - 0,8 \right) \sqrt{800(6 - 3,05)} = 124 \text{ мм} \quad (82)$$

Визначаємо розрахунковий діаметр одиночного отвору в еліптичній кришці, що не вимагає укріплень за формулою [12,(18.10)]:

Розрахунковий діаметр еліптичної кришки:

$$D_p = 2 \cdot D \sqrt{1 - 3 \cdot \left(\frac{x}{D} \right)^2} \quad (83)$$

де x – відстань від вісі штуцера до вісі днища, оскільки штуцер розташований по середині $x = 0$ мм;

$$D_p = 2 \cdot 800 \sqrt{1 - 3 \cdot \left(\frac{0}{800} \right)^2} = 1600 \text{ мм}$$

$$d_d = 2 \cdot \left(\frac{(6-3,05)}{1,42} - 0,8 \right) \sqrt{1600(6 - 3,05)} = 175 \text{ мм} \quad (84)$$

Оскільки всі штуцера апарату менше отворів, що не вимагають укріплень, то отвори не подребують укріплень

Отже, укріплення отворів здійснене за рахунок надлишкової товщини апарату і забезпечує міцність конструкції.

3.3 РОЗРАХУНОК ФЛАНЦЕВОГО З'ЄДНАННЯ

За ОСТ 26-426-79 відповідно до вхідних даних вибираємо конструкцію фланця – сталевий плоский приварний з ущільнювальною поверхнею «шип-паз», ізолюваний.

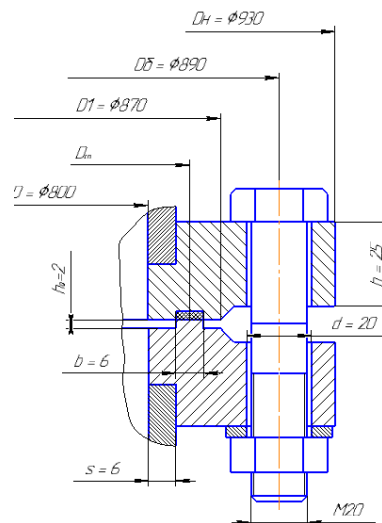


Рис.15. Схема фланцевого з'єднання з позначеннями вхідних даних

Записуємо основні розміри до таблиці

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

$$y_n = \frac{2 \cdot 0,9}{2 \cdot 10^3 \cdot 3,14 \cdot 85 \cdot 10} = 3,3 \cdot 10^{-8} \text{ мм/Н}$$

Довжина болтів:

$$L_6 = 2h + h_o + 0,28d \quad (91)$$

$$L_6 = 2 \cdot 25 + 2 + 0,28 \cdot 23 = 58,4 \text{ мм}$$

Податливість болтів

$$y_6 = \frac{L_6}{E_6^{20} \cdot f_6 \cdot n} \quad (92)$$

де f_6 – площа поперечного перерізу болта

$$f_6 = 0,785d_o^2 \quad (93)$$

$$f_6 = 0,785 \cdot 23^2 = 415 \text{ мм}^2$$

$$y_6 = \frac{58,4}{2,1 \cdot 10^5 \cdot 415 \cdot 20} = 3,4 \cdot 10^{-8} \text{ мм/Н}$$

Конструктивні коефіцієнти для фланця

$$K\phi = \frac{D_H}{D} \quad (94)$$

$$K\phi = 1130/1000 = 1,13$$

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{D \cdot s}} \quad (95)$$

$$\lambda = \frac{25}{\sqrt{1000 \cdot 6}} = 0,32$$

Поправочний коефіцієнт

$$\Psi_1 = 1,28 \cdot \lg K\phi \quad (96)$$

$$\Psi_1 = 1,28 \cdot \lg 1,13 = 0,16$$

Геометричний параметр фланцю:

$$j = \frac{h}{s} \quad (97)$$

$$j = \frac{25}{6} = 4,1$$

Безрозмірний параметр

$$\omega = \frac{1}{1 + 0,9 \cdot \lambda \cdot (1 + \Psi_1 \cdot j^2)} \quad (98)$$

$$\omega = \frac{1}{1 + 0,9 \cdot 0,32 \cdot (1 + 0,16 \cdot 4,1^2)} = 0,48$$

Кутова податливість фланця

$$y_\phi = \frac{[1 - \omega(1 + 0,9 \cdot \lambda)] \cdot \Psi_1}{E^{20} \cdot h^3} \quad (99)$$

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

$$y_{\phi} = \frac{[1 - 0,48(1 + 0,9 \cdot 0,32)] \cdot 0,16}{2 \cdot 10^5 \cdot 25^3} = 1,95 \cdot 10^{-11} \text{ 1/(Н} \cdot \text{мм)}$$

Плечі моменту

$$b = 0,5(D_{\phi} - D_{cn}) \quad (100)$$

$$b = 0,5(890 - 865) = 12,5 \text{ мм}$$

$$e = 0,5(D_{cn} - D - s)(2.50)$$

$$e = 0,5(865 - 800 - 6) = 29,5 \text{ мм}$$

Коефіцієнти жорсткості фланцевого з'єднання.

Фланцеве з'єднання, навантажене внутрішнім тиском та зовнішньою осьовою силою.

$$\eta = y_n + y_{\phi} + 2 \cdot y_{\phi} \cdot b^2 \quad (101)$$

$$\eta = 3,3 \cdot 10^{-8} + 3,35 \cdot 10^{-8} + 2 \cdot 1,95 \cdot 10^{-11} \cdot 12,5^2 = 7,24 \cdot 10^{-8}$$

Коефіцієнт жорсткості фланцевого з'єднання:

$$\alpha = 1 - \frac{y_n - 2 \cdot y_{\phi} \cdot b \cdot e}{\eta} \quad (102)$$

$$\alpha = 1 - \frac{2,7 \cdot 10^{-8} + 1,95 \cdot 10^{-11} \cdot 31 \cdot 15,5}{7,24 \cdot 10^{-8}} = 0,74$$

Розрахунок навантажень.

Рівнодіюча внутрішнього тиску:

$$Q_d = 0,785 \cdot D_{cn}^2 \cdot p \quad (103)$$

$$Q_d = 0,785 \cdot 865^2 \cdot 0,2 = 117471 \text{ Н}$$

Реакція прокладки у робочих умовах:

$$R_n = \pi \cdot D_{cn} \cdot b \cdot t \cdot p \quad (104)$$

$$R_n = 3,14 \cdot 865 \cdot 10 \cdot 2,5 \cdot 0,2 = 13580 \text{ Н}$$

Навантаження, що виникає від температурних деформацій

$$\eta_1 = y_n + y_{\phi} \cdot \frac{E_{\phi}}{E_{\phi}^{20}} + 2 \cdot y_{\phi} \cdot \frac{E}{E^{20}} \cdot b^2 \quad (105)$$

$$\eta_1 = 3,3 \cdot 10^{-8} + 3,35 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{2,1 \cdot 10^5}{2,1 \cdot 10^5} + 2 \cdot 1,95 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{2,1 \cdot 10^5}{2,1 \cdot 10^5} \cdot 10^2$$

$$= 7,1 \cdot 10^{-8}$$

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

$$Q_t = \frac{1}{\eta_1} (2 \cdot \alpha_\phi \cdot h \cdot t_\phi - \alpha_6 \cdot L_6 \cdot t_6) \quad (106)$$

$$t_\phi = 0,96 \cdot 50 = 48$$

$$t_6 = 0,85 \cdot 50 = 42,5$$

$$Q_t = \frac{1}{7,1 \cdot 10^{-8}} \cdot (2 \cdot 16,6 \cdot 10^{-6} \cdot 25 \cdot 48 - 11,9 \cdot 10^{-6} \cdot 58,4 \cdot 42,5) = 146054 \text{ Н}$$

Болтове навантаження P_6 в умовах монтажу приймається найбільша із слідюючих значень.

$$P_{61} = \alpha(Q_d) + R_n - Q_t \quad (107)$$

$$P_{61} = 0,74 \cdot 117471 + 13580 - 146054 = -45231 \text{ Н}$$

$$P_{62} = 0,5 \cdot \pi \cdot D_{cn} \cdot b_0 \cdot q_{обж} \quad (108)$$

$$P_{62} = 0,5 \cdot 3,14 \cdot 865 \cdot 10 \cdot 20 = 271610 \text{ Н}$$

$$P_{63} = 0,4 \cdot [\sigma]_6^{20} \cdot n \cdot f_6 \quad (109)$$

$$P_{63} = 0,4 \cdot 130 \cdot 20 \cdot 415 = 431876 \text{ Н}$$

Приймаємо $P_{63} = 431876 \text{ Н}$

Приріст навантаження у болтах у робочих умовах

$$\Delta P_6 = (1 - \alpha) \cdot Q_d + Q_t \quad (110)$$

$$\Delta P_6 = (1 - 0,74) \cdot 117471 + 146054 = 176283 \text{ Н}$$

Розрахунок болтів

$$\sigma_{61} = \frac{P_{63}}{n \cdot f_6} \quad (111)$$

$$\sigma_{61} = \frac{431876}{20 \cdot 415} = 52 \text{ МПа} \leq [\sigma]_6^{20}$$

$$\sigma_{62} = \frac{P_{63} + \Delta P_6}{n \cdot f_6} \quad (112)$$

$$\sigma_{62} = \frac{431876 + 176283}{20 \cdot 415} = 73 \leq [\sigma]_6$$

Розрахунок прокладок

$$q = \frac{P_{63}}{\pi \cdot D_{cn} \cdot b_n} \quad (113)$$

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

$$q = \frac{431876}{3,14 \cdot 865 \cdot 10} = 15 \text{ МПа} \leq 130 \text{ МПа}$$

Умови навантажень виконуються, а отже остаточно вибираємо:

Фланець 4-100-0,3-10X17Н13М2Т ГОСТ ГОСТ 28759.3-90

Фланець 5-500-0,3-10X17Н13М2Т ГОСТ ГОСТ 28759.3-90

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

4.Організація монтажних та ремонтних робіт[11]

4.1 Загальні відомості.

Ремонт і технічне обслуговування технологічного устаткування на підприємствах виконують РМЦ і ремонтні служби цехів. Залежно від частки робіт, виконуваних виробничими цехами, РМЦ і цеховими ремонтними службами, виокремлюють три форми організації ремонту:

- централізовану;
- децентралізовану;
- змішану.

Ефективна робота встаткування неможлива без своєчасного виконання технічного обслуговування й ремонту в певних обсягах і встановленого якості.Тривале збереження встаткуванням працездатності й зменшення суми витрат на її підтримку й втрат основного виробництва, пов'язаних із простоями встаткування через несправність, вимагають раціональної організації експлуатації й обов'язкового виконання комплексу робіт з його технічного обслуговування.

Проведення технічного обслуговування й ремонтів технологічного (механічного) устаткування здійснюється на підставі Єдиної системи планово-запобіжного ремонту й раціональної експлуатації технологічного встаткування машинобудівних підприємств, яка містить у собі:

- а) визначення ремонтних робіт з видів і їх опис;
- б) планування профілактичних операцій (регулювання, підтяжка болтових з'єднань і т.д.) і контролювання їх здійснення;
- в) установлення тривалості ремонтних циклів, міжремонтних періодів;
- г) визначення категорій ремонтоскладності для всіх видів устаткування;
- д) організацію служби для виробництва ремонтних робіт;
- е) застосування сучасних методів ремонту встаткування, що спрощують технологію й методи відновлення зношених деталей;
- ж) організацію закупівель готових запчастин, впровадження прогресивних технологічних процесів виготовлення запчастин, їх зберігання й облік;

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

з) ведення мастильного господарства;

і) організацію матеріального постачання ремонтної служби;

к) організацію контролю якості ремонту й догляду за встаткуванням

Порядок виконання робіт з технічного обслуговування й ремонту

1) Керівник ремонтної служби наприкінці кожного року на наступний розробляє річний графік планово-запобіжних ремонтів. Річний графік розписується по місяцях і видається керівникам виробничих ділянок.

2) Огляди й усі види ремонтів роблять слюсарі-ремонтники й електрослюсарі ремонтної служби (далі в тексті – персонал). Ремонтний, черговий і експлуатаційний персонал зобов'язаний знати і дотримувати правил технічної експлуатації встаткування, викладені в інструкції з технічного обслуговування встаткування, знати й виконувати діючі посадові інструкції.

3) Інструкції технічного обслуговування встаткування повинні перебувати на робочих місцях, де встановлене встаткування.

4) Керівник виробничої ділянки закріплює встаткування за експлуатаційним персоналом, прізвища, яких пишуться на спеціальних планшетах, розміщених на встаткуванні.

5) Керівник виробничої ділянки регулярно затягає зауваження по технічному стану встаткування в журналі своєї ділянки.

6) Експлуатаційний персонал ділянок бере участь у технічному обслуговуванні й ремонті закріпленого за ним устаткування.

7) Вивід устаткування на ремонт проводиться згідно із затвердженими планами ППР.

8) Види технічного обслуговування й ремонтів технологічного встаткування:

I вид - внутрішнзміне технічне обслуговування - поточний ремонт;

II вид - огляд;

III вид - малий ремонт;

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

IV вид - середній ремонт;

V вид - капітальний ремонт.

Внутрішнє, змінне технічне обслуговування здійснює експлуатаційний персонал ділянки, черговий і ремонтний персонал під час технологічних простоїв, обідньої перерви технологічного персоналу ділянки.

Підставою внутрішньозмінного технічного обслуговування є журнал приймання-передачі змін, де фіксуються всі збої в роботі встаткування, технологічні зупинки, час простою, журнал ведеться керівником виробничої ділянки.

Увесь експлуатаційний персонал через керівництво виробничою ділянкою забезпечується інструкціями з технічного обслуговування, розробленими керівником ремонтної служби, у яких регламентуються його функції й обсяги робіт протягом зміни.

Усі види ремонтів технологічного встаткування у виробничих ділянках виконуються персоналом ремонтної служби й, якщо буде потреба, підрядними організаціями. Видача завдань ремонтному персоналу оформляється в журналі.

Огляди

Огляди проводяться персоналом ремонтної служби для перевірки стану встаткування, усунення механічних і електротехнічних поломок і визначення обсягу підготовчих робіт для майбутнього технічного обслуговування або планового ремонту.

Огляди проводяться інженерно-технічними працівниками ремонтної служби й відповідної виробничої ділянки.

Огляд проводиться згідно річного плану ППР.

Малий ремонт

Малий ремонт – вид планового ремонту, при якому шляхом заміни або відновлення зношених деталей і регулювання механізмів забезпечується

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		44

нормальна робота встаткування до чергового планового ремонту.

Малий ремонт проводиться відповідно до річного й місячного графіків ППР. Малі ремонти виконують ремонтні бригади під керівництвом керівника ремонтної служби із залученням експлуатаційного персоналу виробничої ділянки. Після проведення малого ремонту керівник ремонтної служби робить запис результатів в агрегатному журналі.

Середній ремонт

Середній ремонт – вид планового ремонту, при якому проводиться часткове розбирання встаткування, капітальний ремонт окремих вузлів, заміна й відновлення основних зношених деталей, складання, регулювання й випробування під навантаженням. При середньому ремонті персонал ремонтної служби із залученням персоналу виробничої ділянки проводять перевірку встаткування на технологічну точність. Після проведення середнього ремонту керівник ремонтної служби робить запис результатів в агрегатному журналі.

Капітальний ремонт

Капітальний ремонт – комплекс робіт, що включають повне розбирання встаткування, заміну всіх зношених вузлів і деталей, ремонт базових деталей і вузлів, складання, регулювання й випробування встаткування під навантаженням.

При капітальному ремонті відновлюють передбачену нормативними документами по обслуговуванню й ремонту геометричну точність устаткування на строк до чергового планового ремонту.

Зупинка встаткування на капітальний ремонт здійснюється відповідно до річного плану ППР.

Капітальний ремонт виконується, на підставі записів у журналах приймання-передачі змін, агрегатних журналах і паспортних даних устаткування.

Порядок передачі встаткування в ремонт

- 1) Зупинка встаткування на ремонт проводиться згідно плану ППР.

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

- 2) Перенос або скасування ремонту допускається тільки з дозволу керівника підприємства.
- 3) Перед початком ремонтних робіт замовник (керівник виробничої ділянки) повинен надати встаткування в чистому виді, звільнити територію від сторонніх предметів, забезпечити відключення встаткування від електричних мереж і комунікацій і передати встаткування по акту передачі встаткування в ремонт.

Порядок приймання встаткування після ремонту

- 1) Приймання встаткування в експлуатацію після ремонту здійснює відповідна виробнича ділянка.
- 2) Приймання встаткування після ремонту здійснюється після його огляду й апробування протягом 72 годин.
- 3) Пуск устаткування в експлуатацію дозволяється після оформлення акту передачі встаткування в експлуатацію, який є одним з документів підтверджувальних забезпечення якості технічного обслуговування й ремонтів технологічного встаткування.

4.2. Ремонт та обслуговування випарників.

Випарники 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).

У переважній більшості випадків випарники встановлюють в проектне положення за допомогою самохідних кранів. Якщо в конкретних умовах підйому вантажопідйомність кранів недостатня, практикується установка випарників двома кранами, що працюють 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

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
						46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

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. Нерухому 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 опресовані на пробний тиск на заводі-виробнику, тому на монтажному майданчику їх окремо НЕ опресовують, а обмежуються тільки перевіркою загальної системи теплообміну разом з трубопровідної обв'язкою після завершення монтажних робіт. У тих випадках, коли відсутня 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.

Знос випарного апарату виражається в наступному: 1) зменшення товщини стінки корпусу, днища, трубних решіток; 2) випучення 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;

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

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;

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 міжтрубної і трубної частин апарату пробним тиском;

14) пневматичне випробування апарату.

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
						48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Основними конструктивними недоліками теплообмінних апаратів є: 1) велика трудомісткість розбирання-збирання апарату при чищенні і заміні трубного пучка; 2) мала надійність вальцювальних з'єднань трубок з трубною дошкою; 3) складність ущільнення кришкою трубної дошки плаваючої головки.

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

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

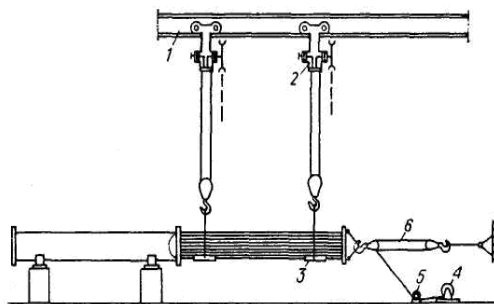


Рис.16. Пристосування для зміни пучків теплообмінників:

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

На рис.9 представлений спосіб вилучення трубного пучка за допомогою стаціонарного монорельса з лебідкою. На монорейці розміщуються два тельфери, що дає можливість без труднощів проводити демонтаж і монтаж трубчаткі. Видобуток трубчаткі здійснюється відвідним блоком 5 і поліспасти 6. Для цього може також застосовуватися пересувна монорельса (рис.10).

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

направлення тросу встановлені два ролика 4. Пристосування кріпиться до корпусу теплообмінника замість кришки (рис.4.5). Монтаж трубного пучка здійснюється за підтримки тельферами або візком.

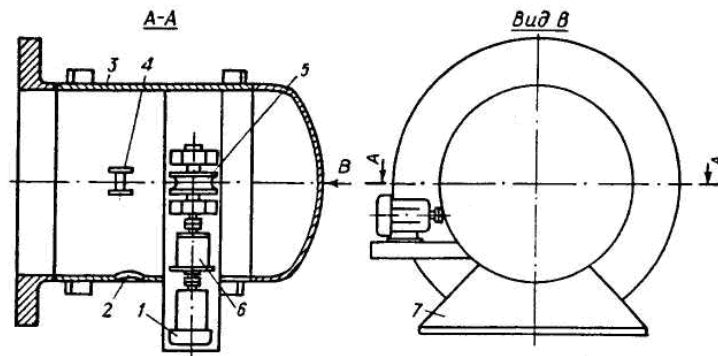


Рис.19.Переносний пристрій:

1 - електродвигун; 2 - вікно; 3 - корпус; 4 - ролики; 5 - барабан; 6 - редуктор; 7 - опори.

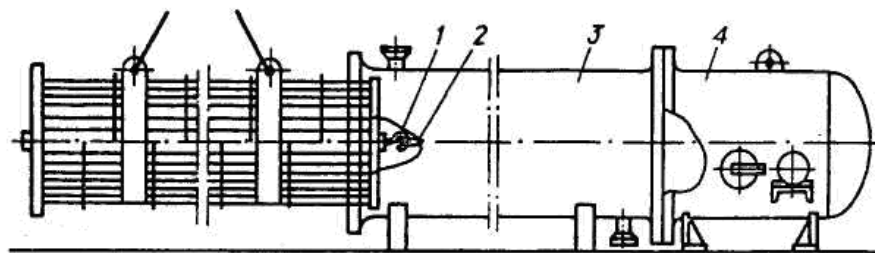


Рис.20. Установка трубного пучка в корпус:

1 - гак; 2 - трос; 3 - теплообмінник; 4 - переносний пристрій.

Очищення трубок від відкладень включає в себе обробку як внутрішніх, так і зовнішніх поверхонь. Використовуються такі методи очистки:

1) хімічні; 2) абразивні (для нерозчинних відкладень) 3) спеціальні.

Хімічне очищення здійснюється без розтину і розбирання теплообмінника. Для очищення від накипу застосовують 5-15% розчин соляної кислоти з добавками інгібіторів. Для очищення від відкладень використовуються вуглецеві розчинники. Очищення від твердих відкладень виявляється ефективною при заповненні теплообмінника на добу 5% розчином соляної кислоти з добавкою рідкого скла. Твердий осад розпушується в цьому розчині і потім легко змивається водою.

встановлюються в рідину (воду) всередині ємності, що підлягає очищенню, що дозволяє повністю видалити тверді відкладення, які руйнуються під дією ультразвукових коливань і які вимиваються звукопередаючим середовищем (водою).

При ремонті трубного пучка допускається установка пробок на 15% трубок в кожному потоці пучка. При виході з ладу понад 15% трубок всі вони замінюються повністю. Допускається застосування вживаних трубок, якщо вони втратили внаслідок зносу не більше 30% початкової ваги.

Виправлення вм'ятин в трубах здійснюються за допомогою пристосування, показаного на рис. 4.6. Штанга 2 протягується через трубу до упору оправлення 1 в вм'ятину. Після цього на штангу надягають клубу 3 і гайка 4. При затягуванні гайки оправлення випрямляє ум'яти ділянку. Видалення дефектних приварених труб здійснюється вирубкою звареного кільцевого шва. Нові трубки, вставляють, відрізають по довжині трубного пучка зі збільшенням на 8-10мм довжини. Кінці трубок зачищають до металевого блиску на довжину, рівну товщині решітки зі збільшенням 10мм на сторону. У трубних решітках всі отвори зачищають від задирок, іржі і бруду. Наявність поздовжніх рисок в отворах трубних решіток не допускається. Перед установкою трубок отвори в решітці продувають повітрям і насухо протирають.

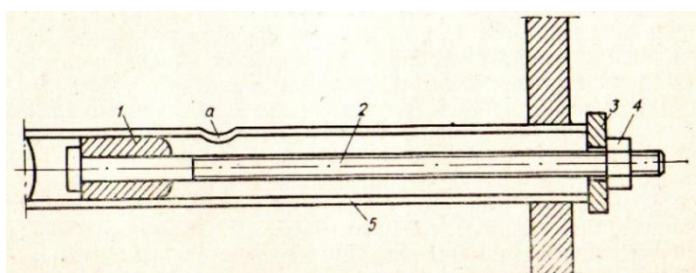


Рис.21. Пристосування для виправлення вм'ятин в трубах:

1-оправлення; 2-штанга з різьбленням; 3-клубу; 4-гайка; 5-труба; а - вм'ятина

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

5. Охорона праці [18]

5.1 Характеристика іонізуючого випромінювання.

Іонізуюче випромінювання, або іонізуюча радіація, — потоки електромагнітних хвиль або частинок речовини, що здатні при взаємодії з речовиною утворювати в ній іони. До іонізаційного випромінювання відносять альфа-, бета-, гамма-промені, рентгенівське випромінювання, а також інші високоенергетичні заряджені частинки на кшталт протонів та іонів, отриманих у прискорювачах. При проходженні через речовину нейтрони не іонізують її атомів, однак іонізація відбувається внаслідок вторинних процесів при поглинанні нейтронів ядрами, вибиванні протонів або при розпаді нейтронів на протон та електрон чи на антипротон та позитрон.

Іонізуюче випромінювання надходить із радіоактивних матеріалів, рентгенівських трубок, прискорювачів частинок і присутнє у навколишньому середовищі. Це проміння невидиме, і його неможливо безпосередньо виявити за допомогою людських відчуттів, тому використовуються такі інструменти як лічильник Гейгера, іонізаційний детектор. У деяких випадках іонізуюче випромінювання може призвести до вторинної емісії видимого світла при взаємодії з речовиною.

Іонізуюче випромінювання має багато практичних застосувань у медицині, наукових дослідженнях, будівництві та інших галузях, проте є небезпечною для здоров'я при неправильному використанні. Вплив радіації призводить до пошкодження живих тканин, внаслідок яких бувають опіки, променева хвороба, смерть при високих дозах і рак, пухлини та генетичні мутації при низьких дозах.

5.2 Типи іонізуючого випромінювання

Альфа-промені

Альфа-промені — потік альфа-частинок, тобто ядер гелію-4. Утворюються при альфа-розпаді та потрійному розпаді. Альфа-промені є, зазвичай, найбільш активно іонізуючими частинками, що утворюються при радіоактивному розпаді, а через це і найбільш небезпечними при потраплянні їх джерела у організм. Завдяки

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

Вибиті при іонізації електрони можуть мати достатньо високу енергію, щоб в свою чергу іонізувати нові атоми. Така іонізація називається вторинною. Потoki вторинних електронів називають дельта-променями.

Гамма-промені

Гамма-променями називають фотони високої енергії, що утворюються при радіоактивному розпаді. Після більшості радіоактивних розпадів утворене ядро знаходиться у збудженому стані. За дуже короткий період часу воно переходить в основний стан, випромінюючи високоенергетичний фотон. Гамма-промені мають довжину хвилі меншу за 1 Å. Енергія таких фотонів — більша за 100 KeV. Менш енергетичне рентгенівське випромінювання а також жорсткий ультрафіолет також відноситься до іонізуючого. М'який ультрафіолет і видиме світло не відносяться до іонізуючого випромінювання. Енергія іонізації більшості елементів, складає одиниці або десятки електрон-вольт (найменшу енергію іонізації серед елементів має цезій, 3.89 eV).

Фотони є електрично нейтральними, проте все одно можуть взаємодіяти з електронами (оскільки самі по собі є носіями електромагнітної взаємодії). Втім, інтенсивність цієї взаємодії є нижчою ніж у бета-випромінювання. Гамма-промені можуть проходити сотні метрів у повітрі і десятки сантиметрів у металах. Гамма-промені не мають типової довжини пробігу, а натомість основною характеристикою їх розповсюдження є «товщина напівпоглинання» — тобто, шар речовини, під час проходження через який інтенсивність випромінювання зменшується вдвічі. Для фотонів з енергією 662 KeV такий ефект дає 6 мм свинцю, 16 мм сталі або 13 см води. Це означає, що потрібна свинцева плита товщиною 6 см, для того, щоб зменшити потік гамма-променів в 1000(2¹⁰) разів.

Через такі особливості взаємодії з речовиною, гамма-джерела опромінюють все тіло, а не якусь його частину, якщо знаходяться неподалік від людини.

Порівняно з α - і β -променями, гамма-випромінювання має нижчу інтенсивність іонізації.

Нейтронне випромінювання

На відміну від альфа-, бета- і гамма-променів, нейтрони не взаємодіють з електронами безпосередньо, проте швидкі нейтрони можуть взаємодіяти з

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		56

протонами, якщо речовина містить у складі водень. Протонне випромінювання є зарядженим, а тому може іонізувати атоми. Повільні нейтрони можуть зливатися з ядрами, після чого ті можуть стати радіоактивними і розпадатися з вивільненням альфа-, бета- і гамма-частинок.

Так само як і фотони, нейтрони неможливо повністю екранізувати, і їх інтенсивність зменшується за експоненціальним законом.

Нейтрони утворюються у деяких типах атомних реакцій, наприклад, при опроміненні берилію-9 альфа-частинками або поділі урану-235.

5.3 Механізми іонізації.

Для альфа- і бета-променів основним механізмом іонізації є ударна іонізація — частинка «налітає» на атом, вибиваючи з нього електрон завдяки електромагнітній взаємодії. Енергія при цьому перерозподіляється між налітаючою частинкою і вибитим електроном.

Фотон має більше різноманітних способів взаємодії з атомом. В залежності від енергії, можуть спостерігатися наступні процеси (у порядку зростання енергії):

- Фотоефект — поглинання фотона електроном, що дає йому достатньо енергії для того, щоб покинути атом
- Комптонівське розсіювання — розсіювання фотона на електроні
- Народження пар електронів і позитронів при взаємодії фотона з кулонівським полем ядер або електронів

5.4 Джерела іонізуючого випромінювання.

Більша частина іонізуючого випромінювання, яке отримує людина, надходить від розпаду природних радіоактивних ізотопів — перш за все від газу радону.

Приблизно 10 % випромінювання приходить з космічними променями. Самі космічні промені мають багато джерел утворення, і не всі вони наразі є відомими. Ймовірно, основними джерелами космічних променів є Сонце і наднові зорі — для більш високоенергетичних частинок.

Також, біля 10 % опромінення отримується під час медичних процедур, перш за все — рентгеноскопії. Рентгенівські джерела зазвичай працюють за рахунок опромінення речовини високоенергетичними електронами. При цьому

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

утворюється характеристичне рентгенівське випромінювання. Також у такому процесі виникає рентгенівське гальмівне випромінювання.

5.5 Вплив іонізуючої радіації на здоров'я людини

Кількість енергії, що передається радіацією порівняно мала — 5 джоулів на кілограм ваги є смертельною дозою. Проте, через те що енергія передається точково, на окремі електрони, хімічні наслідки опромінення є значними. Йони і вільні радикали, що утворюються після іонізації є надзвичайно хімічно активними. Під час взаємодії з ними малі молекули, руйнуються, а великі макромолекули (білки, ДНК, тощо) — зазнають структурних змін. Найбільш типовою реакцією є радіоліз води, в результаті якого утворюються радикали H^{\bullet} і OH^{\bullet} ^[13]. Локальне підвищення кислотності вздовж треків іонізуючих частинок руйнує ліпідні мембрани, що, в свою чергу, запускає механізми програмованої клітинної смерті^[14]. Зруйновані і пошкоджені молекули продовжують брати участь у метаболічних процесах всередині клітини і після закінчення дії випромінювання, заважаючи нормальному їх протіканню, тому ефекти навіть від сильного опромінення проявляються не одразу, а впродовж кількох днів. Важливу роль у цьому відіграють ліпідні радіотоксини, що утворюються при окисненні ліпідів, і блокують процеси клітинного поділу.

Ефекти радіації поділяються на стохастичні і нестохастичні. Стохастичними називають такі ефекти, що можуть проявитися при будь-якій дозі отриманої радіації, але ймовірність їх зростає при збільшенні дози. До таких ефектів порушення у ДНК (одно- і дволанцюгові розриви, ушкодження азотистих основ), що, в свою чергу, може призводити до появи злоякісних пухлин або формування генетичних захворювань у нащадків. В середньому, 1 Грей (джоуль поглинутої енергії на кілограм маси) поглинутої радіації спричиняє 5000 ушкоджень азотистих основ, 1000 одноланцюгових і 10-100 дволанцюгових розривів ДНК на кожну клітину. Більшість цих дефектів усуваються механізмами репарації ДНК, проте ці механізми не можуть гарантувати виправлення кожного пошкодження^[13].

Нестохастичні, або детерміновані ефекти виникають лише якщо отримана доза є вищою за деякий поріг. Та сама доза є більш небезпечною, якщо

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

отримується за один раз, і менш шкідливою, якщо вона розподілена в часі. Це пов'язано з тим, що у органів є механізми як захисту від дії іонізуючого випромінювання, так і репарації отриманих ушкоджень.

На клітинному рівні в ушкоджених органах спостерігаються наступні ефекти:

- Затримка клітинного поділу — ефект спостерігається незалежно від подальшої долі клітин. В середньому, кожен Грей поглинутої радіації затримує поділ клітин на 1 годину
- Репродуктивна загибель клітини (клітина не помирає, але ділитися вже не буде, або ж не можуть ділитися її нащадки). Іноді такі клітини зливаються, формуючи гігантські клітини.
- Інтерфазна загибель — руйнування клітини до ділення (апоптоз). Для великих доз, кількість клітин, що виживають після опромінення експоненційно зменшується зі зростанням дози (для малих доз залежність складніша)^[13].

На рівні усього тіла інтенсивне іонізаційне опромінення викликає променеву хворобу. Хід її протікання варіюється в залежності від отриманої дози опромінення і того, яка саме частина тіла зазнала впливу. Типовими основними симптомами є (у порядку зростання дози)^[13]:

- Пошкодження органів кровотворення (1-10 Гр)
- Ураження органів травлення (10-50 Гр)
- Пошкодження стінок судин (50-100 Гр)
- Пошкодження нервової тканини (більше 100 Гр)

Варто зазначити, що поглинання більше ніж 10 Гр випромінювання на усім тілом майже завжди призводить до смерті.

Альфа-промені є більш небезпечними для здоров'я. Тому, щоб адекватно порівнювати різні види випромінювання використовують позасистемну одиницю зіверт (Зв). Зіверт еквівалентний грею для бета- і гамма-випромінювання, проте енергія поглинутого альфа-випромінювання при обчисленні враховується з множником 20. Нейтронне випромінювання має множник від 5 до 20 в залежності від енергії. Також, при нерівномірному опроміненні використовуються різні коефіцієнти для різних частин тіла, що

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

відповідають їх радіаційній чутливості. За правилом Бергонье — Трибондо чутливішими є менш диференційовані клітини, а також ті, що швидше діляться^[16].

дія на організм людини іонізуючого випромінювання.

Види радіаційного випромінювання

Радіоактивні елементи можуть давати три види випромінювання: альфа-, бета- і гамма-випромінювання, які можуть призвести до важких захворювань, генетичних порушень та загибелі людини. Іонізуюче випромінювання і виникаюче разом з ним збудження атомів і молекул є пусковим механізмом процесів, що призводять до процесу променевого ураження біологічних структур — клітин, тканин, органів, систем і всього організму.

Як вплине радіація на організм людини, залежить від виду, дози, часу, частоти опромінення. Так, важкі опромінення, які призводять до загибелі, можуть виникнути як при одноразовому масивному опроміненні, так і при постійному зіткненні зі слаборадіоактивними предметами у себе вдома (наприклад, з обробленими радіацією дорогоцінними каменями).

Джерелами радіації є різні ядерно-технічні установки (наприклад, ядерні реактори, рентгенівське обладнання) і радіоактивні речовини. Їх вплив на організм людини може довгий час ніяк не виявлятися.

Поглинута доза випромінювання визначає вплив різних видів радіоактивного випромінювання на живий організм. Вона вимірюється в радах. Для того, щоб зіставити можливий вплив різних випромінювань на організм введено поняття еквівалентної дози випромінювання, одиницею якої є один бер, який є біологічним еквівалентом рентгена (рентген — це одиниця виміру радіаційного випромінювання).

У природних умовах організм людини піддається постійному впливу космічних променів і випромінювання природних радіоактивних елементів, присутніх у воді, ґрунті та тканинах самого організму. Рівні природного випромінювання відповідають 100 мбер на рік, але в окремих районах доходять до 1000 мбер на рік. Введено також поняття про гранично допустимі дози (ПДД) випромінювання на все тіло — вона дорівнює 5 берам у рік.

Більшість побутових дозиметрів вимірюють іонізацію за певний час, у

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

мікрорентгенах на годину. За результатами таких вимірювань ми можемо судити про поглиненої енергії в біологічній тканині У нормі показник у приміщенні не повинен перевищувати 20 мікрорентген на годину.

Біологічна дія іонізуючих випромінювань

Під дією іонізуючого випромінювання в організмі людини утворюються речовини з високою хімічною активністю – вільні атоми або радикали, які руйнують клітини організму. Іонізуюче випромінювання може і безпосередньо впливати на біологічні молекули.

Ураження клітин значною мірою залежить від того, наскільки інтенсивно в них проходять обмінні процеси: чим вище рівень обмінних процесів, тим вище і їх уражуваність радіоактивним випромінюванням. Найбільш вражає клітини органів кровотворення, кишкового епітелію (в ньому багато імунних клітин), статеві клітини, епітелій шкіри, сумки кришталика ока, сполучна тканина, хрящі, кістки, м'язи, нервова тканина. Ураження деяких видів білків клітин, може викликати рак, а також генетичні мутації, що передаються через декілька поколінь.

При загальному зовнішньому опроміненні людини дозою 150 – 400 рад розвивається променева хвороба легкого та середнього ступеня тяжкості, при дозі в 400 – 600 рад – важка променева хвороба, опромінення понад 600 рад є смертельним.

Опромінення може викликати різноманітні захворювання: інфекції (знижується імунітет), порушення обміну речовин, ОНКОЛОГІЧНІ захворювання, безпліддя, катаракту і багато іншого. Особливо гостро радіація впливає на організм, що росте, тому вона дуже небезпечна для дітей і підлітків. Вплив невеликих доз радіації виявити дуже складно, адже дія їх проявляється через десятки років. Навіть незначні дози радіації можуть викликати необоротні генетичні зміни, які будуть передаватися в спадщину, приводячи до народження дітей з різними генетичними захворюваннями (наприклад, із синдромом Дауна), епілепсією, порушенням розумового і фізичного розвитку.

Нормування іонізуючих випромінювань

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

Допустимі дози іонізуючого випромінювання регламентуються Нормами радіаційної безпеки України (НРБУ-97). Згідно з цим нормативним документом визначені наступні категорії опромінюваних осіб:

категорія А — особи, що постійно чи тимчасово працюють з джерелами іонізуючого випромінювання;

категорія Б — обмежена частина населення (особи, що не працюють безпосередньо з джерелами випромінювання, але за умовами проживання або розташування робочих місць можуть підлягати опроміненню);

категорія В — населення області, країни.

За ступенем чутливості до іонізуючого випромінювання встановлено 3 групи критичних органів (тканин) організму, опромінення яких спричинює найбільшу шкоду здоров'ю людини:

I — все тіло, статеві органи, червоний кістковий мозок;

II — щитовидна залоза, м'язи, жирова тканина, печінка, нирки, селезінка, шлунково-кишковий тракт, легені, кришталик ока;

III — кісткова тканина, шкіра, кисті, передпліччя, лідки, стопи. Залежно від групи критичних органів для осіб категорії А встановлено гранично допустиму дозу (ГДД) за рік, а для осіб категорії Б — границю дози (ГД) за рік (табл.2.18)

Дози опромінення для різних груп критичних органів осіб категорії А та Б, мЗв/рік

Гранично допустима доза для осіб категорії А

Границя дози для осіб категорії Б

Група критичних органів	Гранично допустима доза для осіб категорії А	Границя дози для осіб категорії Б
I	50	5
II	150	15
III	300	30

Табл.5. Група критичних органів

Еквівалентна доза Н (бер), накопичення в критичному органі за час Т (років) від початку професійної роботи, не повинна перевищувати значень, що визначаються за формулою:

$$H = ГДД \cdot T \quad (114)$$

Для населення (категорії В) доза опромінення не регламентується, оскільки передбачається, що їх опромінення відбувається в основному за рахунок природного фону та рентгенодіагностики, дози яких незначні і не можуть викликати в організмі відчутних несприятливих змін.

Захист від іонізуючих випромінювань

Умови безпеки при використанні радіоактивних ізотопів у промисловості передбачають розробку комплексу захисних заходів та засобів не лише стосовно осіб, які безпосередньо працюють з радіоактивними речовинами, але й тих, хто знаходиться у суміжних приміщеннях, а також населення, що проживає поруч з небезпечним підприємством (об'єктом). Засоби та заходи захисту від іонізуючих випромінювань підрозділяються на: організаційні, технічні, санітарно-гігієнічні та лікувально-профілактичні.

Організаційні заходи від іонізуючих випромінювань передбачають забезпечення виконання вимог норм радіаційної безпеки. Приміщення, які призначені для роботи з радіоактивними ізотопами повинні бути ізольовані від інших і мати спеціальне оброблення стін, стелі, підлоги. Відкриті джерела випромінювання і всі предмети, які опромінюються повинні знаходитись в обмеженій зоні, перебування в якій персоналу дозволяється у виняткових випадках, та й то короткочасно. На контейнерах, устаткуванні, дверях приміщень та інших об'єктах наноситься попереджувальний знак радіаційної небезпеки.

На підприємствах складаються та затверджуються інструкції з охорони праці, у яких вказано порядок та правила безпечного проведення робіт. Для

проведення робіт необхідно, за можливістю, вибирати якнайменшу достатню кількість ізотопів («захист кількістю»). Застосування приладів більшої точності дає можливість використовувати ізотопи, з меншою активністю («захист якістю»). Необхідно також організувати дозиметричний контроль та своєчасне

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		63

збирання і видалення радіоактивних відходів із приміщень у спеціальних контейнерах.

До технічних заходів та засобів захисту від іонізуючого випромінювання належать: застосування автоматизованого устаткування з дистанційним керуванням; використання витяжних шаф, камер, боксів, що оснащені спеціальними маніпуляторами, які копіюють рухи рук людини; встановлення захисних екранів.

Санітарно-гігієнічні заходи передбачають: забезпечення чистоти приміщень, включаючи щоденне вологе прибирання; улаштування припливно-витяжної вентиляції з щонайменше 5-кратним повітрообміном; дотримання норм особистої гігієни.

До лікувально-профілактичних заходів належать: попередній та періодичні медогляди осіб, які працюють з радіоактивними речовинами; встановлення раціональних режимів праці та відпочинку; використання радіопротекторів — хімічних речовин, що підвищують стійкість організму до іонізуючого опромінення.

Захист працівника від негативного впливу джерела зовнішнього іонізуючого випромінювання досягається шляхом:

зниження потужності джерела випромінювання до мінімально необхідної величини («захист кількістю»);

збільшення відстані між джерелом випромінювання та працівником («захист відстанню»);

зменшення тривалості роботи в зоні випромінювання («захист часом»);

встановлення між джерелом випромінювання та працівником захисного екрана («захист екраном»).

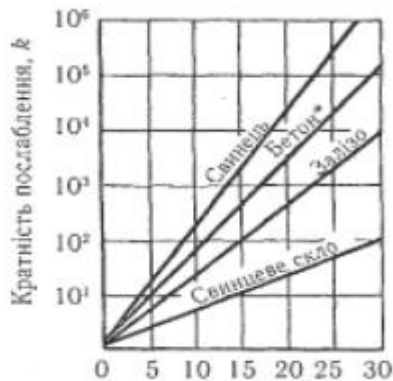
Захисні екрани мають різну конструкцію і можуть бути стаціонарними, пересувними, розбірними та настільними. Вибір матеріалу для екрана та його товщини залежить від виду іонізуючого випромінювання, його рівня та тривалості роботи.

Для захисту від альфа-випромінювання немає необхідності розраховувати товщину екрана, оскільки завдяки малій проникній здатності цього

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		64

випромінювання шар повітря в кілька сантиметрів, гумові рукавички вже забезпечують достатній захист.

Екран для захисту від бета-випромінювання виготовляють із матеріалів з невеликою атомною масою (плексиглас, алюміній, скло) для запобігання утворення гальмівного випромінювання. Досить ефективними є двошарові екрани: з боку джерела випромінювання розташовують матеріал з малою атомною масою товщиною, що до-рівнює довжині пробігу бета-частинок, а за ним — з більшою атомною масою (для поглинання гальмівного випромінювання).



Товщина екрана d, см

Рис. 22. Монограма для визначення товщини захисного екрана від гамма-випромінювання радіа (*— для бетону d множиться на 4)

Для захисту від гамма-випромінювання, яке характеризується значною проникною здатністю, застосовуються екрани із матеріалів, що мають велику атомну масу (свинець, чавун, бетон, бари-тобетон). Товщину захисного екрана від гамма-випромінювання d (см) наближено можна визначити за формулою:

$$d = \frac{\ln k}{\Gamma} \quad (115)$$

де Γ — коефіцієнт лінійного послаблення;

k — кратність послаблення (відношення дози випромінювання без захисту до гранично допустимої дози).

На практиці для визначення товщини захисного екрана часто використовують спеціальні таблиці чи монограми (рис. 2.39).

Захист від внутрішнього опромінення досягається шляхом виключення

безпосереднього ко-нтакту з радіоактивними речовинами у відкрито-му вигляді та запобігання потраплянню їх у повітря робочої зони.

При роботі з радіоактивними речовинами важливе значення має застосування засобів індивідуального захисту (ЗІЗ), які запобігають потраплянню радіоактивних забруднень на шкіру та всередину організму, а також захищають від альфа — та, при можливості, від бета-випромінювань.

До ЗІЗ від іонізуючих випромінювань належать: халати, костюми, пневмокос-тюми, шапочки, гумові рукавички, тапочки, бахіли засоби захисту органів дихання та ін. Застосування тих чи інших ЗІЗ залежить від виду і класу робіт. Так при ремонтних і аварійних роботах застосовуються ЗІЗ короткочасного використання — ізолю-вальні костюми (пневмокостюми) шлангові чи з автономним джерелом живлення повітрям.

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

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Основні процеси і апарати хімічної технології: Посібник з проектування / За ред. докт. техн. наук проф.Ю.І. Дитнерського.- М .: Хімія, 1983. - 272 с.
2. Касаткін А.Г. Основні процеси та апарати хімічної технології, 8-е вид. перероб. М .: Хімія, 1971. - 784 с.
3. Лацинський А.А., Толчинский А.Р. Основи конструювання і розрахунку хімічної апаратури / Під ред. інж. Н.Н.Логінова. 2-е вид. перероб. і доповн. Л .: Машинобудування, 1970. - 752 с.
4. Павлов К.Ф., Романків П.Г., Носков А.А. Приклади і задачі по курсу процеси та апарати хімічної технології: Навчальний посібник для вузів (Під ред .П.Г.Романкова, 9-е вид., Перероб. та доповн. Л .: Хімія, 1981. - 560 с.
5. Чорнобильський І.І., Бондар А.Г., Гаєвський Б.А. та ін. Машини і апарати хімічних виробництв. / Під ред. І.І.Чернобильського, 3-е вид., Перероб. та доповн. М .: Машинобудування, 1975. - 456 с.
6. Лацинський А.А. Конструювання зварних хімічних апаратів: Довідник / За ред. канд. техн. наук А.Р. Толчинського. Л .: Машино-будування, 1981 - 382 с.
7. Фарамаз С.А. Ремонт і монтаж обладнання хімічних і нафтопереробних заводів. 2-ге вид., Перероб.-М. : Хімія, 1980.-312 с.
8. Єрмаков В.І., Шеїн В.С. Ремонт і монтаж хімічного обладнання. Л., "Хімія", Ленінградське відділення, 1981
9. Долін П.А. Охорона праці в промисловості будівельних матеріалів та будівництва. М. Енергія 1980р.
10. Макаров Г.В., Стрельчук Н.А. "Охорона праці в хімічній промисловості". М .: Хімія, 1977, - 568с.
11. Яхненко С. М. Монтаж, експлуатація та ремонт хімічного обладнання : конспект лекцій / С.М. Яхненко, А. В. Литвиненко / Суми : Сумський державний університет, 2013. – 192 с.
12. ГОСТ 5949-75 - Сталь сортовая и калиброванная коррозионно-стойкая, жаростойкая и жаропрочная. Технические условия.
13. ГОСТ 8510-86 - Сталь конструкционная углеродистая качественная.
14. ГОСТ 380 – 71 - Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки и общие технические требования.
15. Грунтовка хс-010, эмаль хс-7ію,лак хс-76 технические условия гост 9355-81

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
						67
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

16. <https://chem21.info/info/808073/> - Справочник Химика 21, Таблица 3.44 Термические сопротивления загрязнений.

17. ГОСТ 20791-88 - электронасосы центробежные герметичные/ Группа Г82/ Дата введения 1990-01-01.

18.

https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%86%D0%BE%D0%BD%D1%96%D0%B7%D1%83%D1%8E%D1%87%D0%B5_%D0%B2%D0%B8%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%BC%D1%96%D0%BD%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F -Іонізуюче випромінювання/Матеріал з Вікіпедії — вільної енциклопедії.

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	Лист
						68
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		