

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"

Тема роботи Установка низкотемпературної абсорбції. Розробити пропановий випарник для охолодження регенерованого абсорбенту

Виконав:
студент групи ХМ-71
Симоненко Д.С.

підпис

Залікова книжка
№ _____

Кваліфікаційна робота бакалавра
захищена на засіданні ЕК
з оцінкою _____

" ____ " _____ 20__ р.

Керівник:

Михайловський
Яків Емануїлович

підпис, дата

Підпис голови
(заступника голови) комісії

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

Спеціальність 133 "Галузеве машинобудування"

Курс 4 Група ХМ-71 Семестр 8

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

студенту Симоненко Дмитро Сергійович

1 Тема проекту: Установка низкотемпературної абсорбції. Розробити пропановий випарник для охолодження регенованого абсорбенту

2 Вихідні дані: _____
Регенований абсорбент абсорбційно-відпарної колони у кількості $G_2 = 72000$ кг/год, що охолоджується від початкової температури $t_{en} = 30$ °С до кінцевої температури $t_{ex} = -10$ °С; склад абсорбенту (% мольн.): $C_6H_{14} - 5$; $C_7H_{16} - 15$; $C_8H_{18} - 20$; $C_9H_{20} - 30$; $C_{10}H_{22} - 30$. Холодний теплоносіє (у міжтрубному просторі) пропан, що випаровується від тиском $p = 1,5$ ат.

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

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

к.т.н., доцент Михайловський Я.Е

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 59 с., 15 рис., 12 джерел, 1 додаток.

Графічні матеріали: технологічна схема установки низькотемпературної абсорбції, складальне креслення апарату, складальні креслення вузлів - всього 4 аркуша формату А1.

Тема проекту: Установка низькотемпературної абсорбції. Розробити пропановий випарник для охолодження регенованого абсорбенту.

Наведено опис технологічної схеми установки низькотемпературної абсорбції, теоретичні основи процесу теплообміну, особливості конструкції випарника-конденсатора, обґрунтований вибір конструкційних матеріалів на основні деталі апарату, наведені їх фізико-механічні та технологічні властивості, виконані технологічний і конструктивний розрахунки апарату, розраховане аеродинамічний опір пучка труб, вибрано і розраховане допоміжне обладнання.

Наведено ремонт та монтаж проектованого апарату.

Ключові слова: ВИПАРНИК, УСТАНОВКА ХОЛОДИЛЬНА, ПРОПАН, ТЕПЛООБМІН, КОНДЕНСАЦІЯ, РОЗРАХУНОК.

Зміст

Введення	5
1. Технологіческая частина	6
1.1 Опис технологічної схеми виробництва	6
1.2 Теоретичні основи процесу теплообміну	8
1.3 Опис об'єкта розробки, вибір матеріалів	13
2. Технологічні розрахунки процесу і апарату	19
2.1 Тепловий баланс процесу	19
2.2 Технологічні розрахунки	20
2.3 Конструктивні розрахунки	24
2.4 Гідравлічний опір апарату	27
2.5 Вибір допоміжного обладнання	28
3. Розрахунки апарату на міцність	31
3.1 Розрахунок товщини стінки корпусу і кришки апарата	31
3.2 Вибір і розрахунок опори	33
3.3 Розрахунок фланцевого з'єднання	35
4. Монтаж та ремонт апарата	42
4.1 Монтаж розробленого апарата	42
4.2 Ремонт апарата	44
5. Охорона праці	50
Список використаної літератури	58
Додаток: Специфікації до креслень	

					<i>XI.T.00.00.00 ПЗ</i>		
<i>Змін.</i>	<i>лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розробник.</i>	<i>Симоненко</i>				<i>Літ.</i>	<i>лист</i>	<i>листів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Михайловський</i>					4	59
<i>Рецензії.</i>					Випарник СумДУ ХМ-71		
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затвердив.</i>							

Вступ

Теплообмінниками називаються апарати, в яких відбувається теплообмін між робочими середовищами незалежно від їх технологічного або енергетичного призначення (підігрівачі, випарні апарати, конденсатори, пастеризатори, випарники, деаератори, економайзери і ін.).

Технологічне призначення теплообмінників різноманітне. Зазвичай розрізняються власне теплообмінники, в яких передача тепла є основним процесом, і реактори, в яких теплової процес відіграє допоміжну роль.

Класифікація теплообмінників можлива за різними ознаками.

За способом передачі тепла розрізняються теплообмінники змішання, в яких робочі середовища безпосередньо стикаються або перемішуються, і поверхневі теплообмінники-рекуператори, в яких тепло передається через поверхню нагріву - тверду (металеву) стінку, що розділяє ці середовища.

За основним призначенням розрізняються підігрівачі, випарники, холодильники, конденсатори.

Низькотемпературна абсорбція (НТА) - процес, який засновано на відмінності в розчинності компонентів газу в рідкій фазі при низьких температурах і подальшому виділенні видобутих компонентів в десорберах, які працюють за повною схемою ректифікації.

Технологічні схеми низькотемпературної абсорбції являють собою вдосконалені маслоабсорбційні установки (МАУ), що отримали розвиток по мірі збільшення потреби у вуглеводневій сировині, в яких для охолодження технологічних потоків разом з водяними (повітряними) холодильниками стали застосовувати спеціальні холодильні системи.

Ефективність роботи установки НТА в цілому та її окремих елементів залежить від набору та комбінації багатьох технологічних і конструктивних параметрів.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	лист
						5
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		

1. Технологічна частина

1.1 Опис технологічної схеми

Принципова схема установки низькотемпературної абсорбції (НТА) подана на рис. 1.1

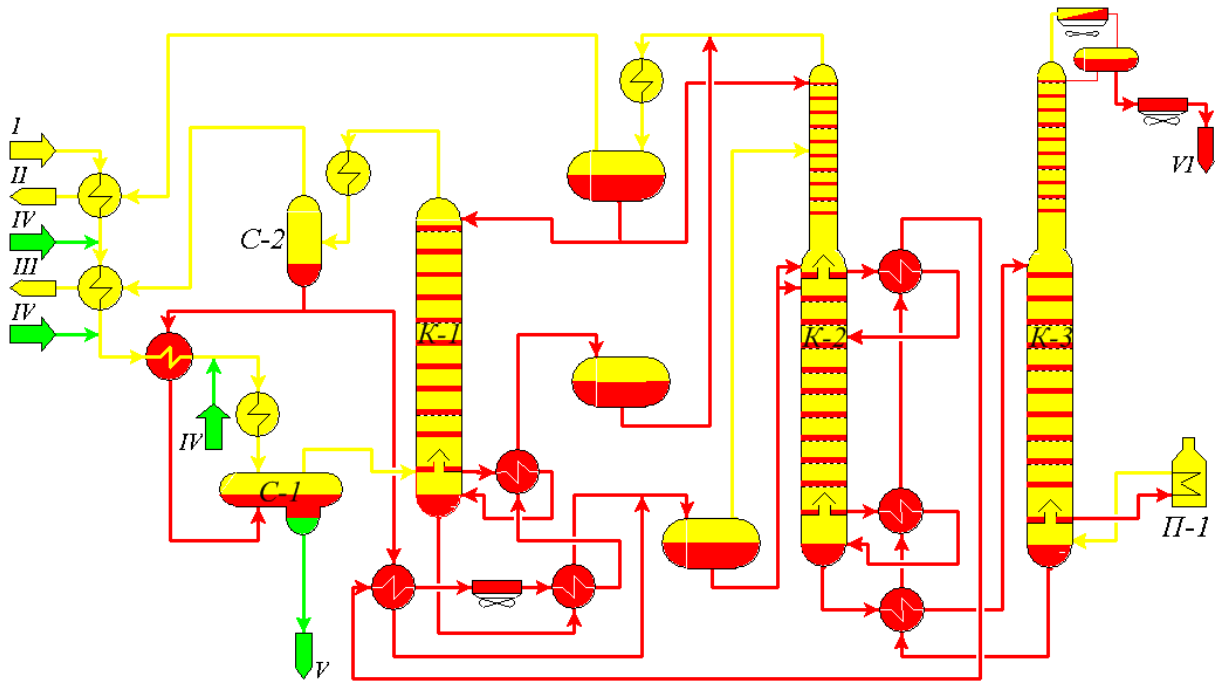


Рисунок 1.1 - Принципова технологічна схема установки низькотемпературної абсорбції (НТА) для відбензинювання газу:

I - сирий газ; II – холодні гази вивітрювання на факел; III - відбензинений газ; IV - розчин ДЕГа; V - насичений розчин ДЕГа на регенерацію; VI - широка фракція легких вуглеводнів (ШФЛВ)

Осушений газ надходить на установку і послідовно охолоджується зворотними потоками газу. Для попередження гідратуутворення в потік охолоджуваного газу перед холодильниками вводять розчин ДЕГа, потім газ доохолоджується пропаном; конденсат, що при цьому виділився, і насичений розчин ДЕГа розділяються в трифазному роздільнику С-1, з якого насичений розчин ДЕГа відправляють на регенерацію, а гази, що відділилися, надходять

									лист
									6
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата					

XI.T.00.00.00 ПЗ

у нижню частину абсорбера К-1. Абсорбер зверху зрошується охолодженим абсорбентом. Як абсорбент використовують фракцію вуглеводнів з молекулярною масою $M=140$ і температурою википання $105-205$ °С. Відбензинений газ відводиться зверху абсорбера, додатково охолоджується, надходить у сепаратор С-2, а потім у теплообмінник.

Таким чином, процес низькотемпературної абсорбції в цій схемі забезпечується холодом, який одержується під час випаровування пропану в холодильниках-випарниках, а також рекуперацією холоду зворотних потоків газу в теплообмінниках.

Насичений абсорбент відводиться знизу колони К-1 і надходить у збірник, а з нього в середню частину абсорбційно-відпарної колони (АВК) К-2. Верхня частина колони зрошується регенованим охолодженим абсорбентом. Холодні гази вивітрювання, що складаються практично з метану й етану, надходять у теплообмінник на охолодження початкового газу. У нижній частині АВК з абсорбенту відділяються розчинені в ньому легкі гази метан і етан, а насичений розчин ДЕГа знизу колони через теплообмінник відводиться в десорбер К-3. Для нормалізації теплового режиму нижньої частини АВК передбачено проміжне відведення з напівглухої тарілки частини абсорбенту і його підігрів гарячим регенованим абсорбентом.

Процес десорбції проходить аналогічно раніше описаному, пари широкої фракції вуглеводнів конденсуються, частина конденсату подається на зрошення верху десорбера К-3, а частина відводиться як готовий продукт (ШФЛВ) — нестабільний бензин, який направляють на установку стабілізації конденсату з подальшим газофракціонуванням.

Регенований абсорбент після проходження системи теплообмінників подається на зрошення колон К-1 та К-2.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	лист
						7
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		

Тепловий режим десорбера К-3 забезпечується відбором з напівглухої тарілки і нагріванням частини регенованого абсорбенту в трубчастій печі П-1 і поверненням нагрітого абсорбенту в десорбер К-3.

1.2 Теоретичні основи процесу теплообміну

Перенесення енергії в формі тепла, що відбувається між тілами, що мають різну температуру, називається теплообміном. Рухомою силою будь-якого процесу теплообміну є різниця температур більш нагрітого і менш нагрітого тіл, при наявності якої тепло мимовільно, відповідно до другого закону термодинаміки, переходить від більш нагрітого до менш нагрітого тіла. Теплообмін між тілами є обмін енергією між молекулами, атомами і вільними електронами; в результаті теплообміну інтенсивність руху частинок більш нагрітого тіла знижується, а менш нагрітого - зростає.

Тіла, які беруть участь в теплообміні, називаються теплоносіями.

Теплопередача - наука про процеси поширення тепла. Закони теплопередачі лежать в основі теплових процесів - нагрівання, охолодження, конденсації парів, випарювання - і мають велике значення для проведення багатьох масообмінних (процеси перегонки, сушіння та ін.), А також реакційних процесів хімічної технології, що протікають з підведенням або відведенням тепла.

Закони теплопередачі лежать в основі теплових процесів - нагрівання, охолодження, конденсації парів, випарювання - і мають велике значення для проведення багатьох масообмінних (процеси перегонки, сушіння та ін.), А також реакційних процесів хімічної технології, що протікають з підведенням або відведенням тепла.

Розрізняють три принципово різних елементарних способу поширення тепла: теплопровідність, конвекцію і теплове випромінювання.

Теплопровідність представляє собою перенесення тепла внаслідок безладного (теплого) руху мікрочастинок, які безпосередньо прилягають один з одним. Цей рух може бути або рухом самих молекул (гази, краплинні

рідини), або коливанням атомів (в кристалічній решітці твердих тіл), або дифузією вільних електронів (в металах). У твердих тілах теплопровідність є зазвичай основним видом поширення тепла.

Конвекцією називається перенесення тепла внаслідок руху та перемішування макроскопічних об'ємів газу або рідини.

Перенесення тепла можливий в умовах природної, або вільної, конвекції, зумовленої різницею щільності в різних точках об'єму рідини (газу), що виникає внаслідок різниці температур в цих точках або в умовах вимушеної конвекції при примусовому русі всього об'єму рідини, наприклад у разі перемішування її мішалкою.

Теплове випромінювання - це процес поширення електромагнітних коливань з різною довжиною хвиль, обумовлений тепловим рухом атомів або молекул випромінює тіла. Всі тіла здатні випромінювати енергію, яка поглинається іншими тілами і знову перетворюється в тепло. Таким чином, здійснюється променистий теплообмін; він складається з процесів випромінювання і лучепоглощення.

В реальних умовах тепло передається не яким-небудь одним із зазначених вище способів, а комбінованим шляхом. Наприклад, при теплообміні між твердою стінкою і газовим середовищем тепло передається одночасно конвекцією, теплопровідністю і випромінюванням. Перенесення тепла від стінки до газоподібної (рідкої) середовищі або в зворотному напрямку називається тепловіддачею.

Ще більш складним є процес передачі тепла від більш нагрітої до менш нагрітої рідини (газу) через розділяє їх поверхню або тверду стінку. Цей процес носить назву теплопередачі.

У процесі теплопередачі переносу тепла конвекцією супроводжують теплопровідність і теплообмін випромінюванням. Однак для конкретних умов переважним зазвичай є один з видів поширення тепла.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	лист
						9
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		

У безперервно діючих апаратах температури в різних точках не змінюються в часі і протікають процеси теплообміну є сталими (стаціонарними). В періодично діючих апаратах, де температури змінюються в часі (при нагріванні або охолодженні), здійснюються несталі, або нестаціонарні, процеси теплообміну.

Розрахунок теплообмінної апаратури включає:

Визначення теплового потоку (теплого навантаження апарату), тобто кількості тепла Q , яке має бути передано за певний час (в безперервно діючих апаратах за 1 сек чи $a1$ ч, в періодично діючих - за одну операцію) від одного теплоносія до іншого. Тепловий потік обчислюється шляхом складання і рішення теплових балансів.

Визначення поверхні теплообміну апарату, що забезпечує передачу необхідної кількості тепла в заданий час. Величина поверхні теплообміну визначається швидкістю теплопередачі, що залежить від механізму передачі тепла - теплопровідністю, конвекцією, випромінюванням і їх поєднанням один з одним. Поверхня теплообміну знаходять з основного рівняння теплопередачі.

Тепло, що віддається більш нагрітим теплоносієм, витрачається на нагрів більш холодного теплоносія, і деяка відносно невелика частина тепла витрачається на компенсацію втрат тепла апаратом в навколишнє середовище. Величина теплових втрат в теплообмінних апаратах, покритих тепловою ізоляцією, не перевищує 3-5% корисно використуваного тепла. Тому в розрахунках нею можна знехтувати. Тоді тепловий баланс виразиться рівністю

$$Q = Q_1 = Q_2,$$

де Q - теплове навантаження апарату;

Q_1 - тепло віддається гарячим теплоносієм;

Q_2 - тепло поглинається холодним теплоносієм.

					<i>XI.T.00.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
						10
<i>Змін.</i>	<i>лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>підпис</i>	<i>Дата</i>		

Нехай витрата більш нагрітого теплоносія складає G_1 , його ентальпія на вході в апарат $I_{1Н}$ і на виході з апарату $I_{1К}$. Відповідно витрата більш холодного теплоносія - G_2 , його початкова ентальпія $I_{2Н}$ і кінцева ентальпія $I_{2К}$. Тоді рівняння теплового балансу

$$Q = G_1 (I_{1Н} - I_{1К}) = G_2 (I_{2К} - I_{2Н})$$

Якщо теплообмін протікає без зміни агрегатного стану теплоносіїв, то ентальпії останніх рівнів теплоємності на температуру.

У технічних розрахунках ентальпії часто не розраховують, а знаходять їх значення при даній температурі з теплових та ентропійних діаграм або з довідкових таблиць.

Якщо теплообмін здійснюється при зміні агрегатного стану теплоносія (конденсація пара, випаровування рідини і ін.) Або в процесі теплообміну протікають хімічні реакції, що супроводжуються тепловими ефектами, то в тепловому балансі повинно бути враховано тепло, що виділяється при фізичному або хімічному перетворенні. Так, при конденсації насиченої пари, що є гріючою агентом, величина $I_{1Н}$ в рівнянні (1) являє собою ентальпію надходить в апарат пара, а $I_{1К}$ - ентальпію видаляється парового конденсату.

Загальна кінетична залежність для процесів теплопередачі, що виражає залежність між тепловим потоком Q і поверхнею теплообміну F , являє собою основне рівняння теплопередачі

$$Q = KF \Delta t_{cp} \tau,$$

де K - коефіцієнт теплопередачі, що визначає середню швидкість передачі тепла уздовж всієї поверхні теплообміну; Δt_{cp} - середня різниця температур між теплоносіями, що визначає середню рушійну силу процесу теплопередачі, або температурний напір; τ - час.

Для безперервних процесів теплообміну рівняння теплопередачі має вигляд

$$Q = KF\Delta t_{cp}$$

					<i>XI.T.00.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
						11
<i>Змін.</i>	<i>лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>підпис</i>	<i>Дата</i>		

Фізичний механізм кипіння і інтенсивність тепловіддачі залежать від величини перегріву стінки. Виділяють три основні режими кипіння: бульбашковий, перехідний і плівковий.

Зі збільшенням q збільшуються перегрів рідини і число центрів паротворення, зростають інтенсивність кипіння і величина α . При деякій навантаженні $q_{кр}$, її називають критичною, число центрів пароутворення зростає настільки, що бульбашки пара як би відгороджують рідину від стінки.

Утворюється нестабільна плівка пара, через яку тепло передається в основному теплопровідністю.

При цьому величина α різко зменшується, так як пар має малу теплопровідність. Таке кипіння навикликають плівковим, а перехід до нього - кризою кипіння. Так звана крива кипіння, що показує, як змінюється величина α при зміні q . Перехід до кипіння, що відбувається при навантаженні $q_{кр1}$, супроводжується різким зменшенням α . Обратний же перехід від плівкового кипіння до бульбашкового відбувається при іншій, набагато меншій нарузке $q_{кр2}$.

Криза кипіння - явище небажане і дуже небезпечне, оскільки призводить до перегріву матеріалу стінки і зменшення її механічної міцності. Дійсно, записавши відому формулу

$$q = \alpha (t_c - t_n),$$

Бачимо, що при практично незмінній величині q різке зменшення α можливо лише при такому ж збільшенні різниці $(t_c - t_n)$, тобто при збільшенні t_c . Зі збільшенням t_c міцність стінки зменшується і вона може не витримати діючих на неї механічної напруги. Криза кипіння з'явився причиною багатьох трагічних аварій в теплоенергетиці, включаючи і Чорнобильську катастрофу.

Тому при проектуванні парогенеруючого обладнання призначають робочу теплову нарузку q так, щоб вона не перевищувала величини $q_{кр2}$. Це

					XI.T.00.00.00 ПЗ	лист
						12
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		

можливо, якщо перегрів рідини невеликий і температура її не перевищує температури граничного перегріву $t_{пг}$, оскільки повний контакт рідини зі стінкою можливий тільки при $t_c < t_{пг}$.

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 хладоносителя або охолоджувальної середовища.

Існує кілька типів випарників і застосування обумовлено продуктивністю установки, умовами роботи і т.д. У холодильних установках великої продуктивності переважно використовують горизонтальні випарники з подачею гарячого теплоносія в трубне простір, випаровуванням холодного теплоносія в міжтрубному просторі і організацією парового простору для сепарації крапель киплячої рідини. У испарителях з паровим простором температурні подовження трубчатки компенсують застосуванням U-подібних трубок, або використанням трубчатки з плаваючою головкою (рис. 2.2, а, б).

У міжтрубному просторі підтримується постійний рівень киплячої рідини над трубним пучком за допомогою переливної перегородки, що в окремих випадках дозволяє виробляти відпарювання індивідуальних компонентів рідкої суміші при її русі вздовж трубчатки і безперервному відводі відпарені рідини.

Випарники з U - образними трубами (типу У) виготовляють з діаметром корпусу 800-1600 мм при довжині труб 6000 ммі одному трубному пучку з площею поверхні теплообміну 51-224 м². При застосуванні двох або трьох трубних пучків діаметр корпусу становить 2400-2800 мм з площею поверхні теплообміну 240-448 м². Випарники типу П виготовляють з

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	лист
						13
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		

діаметром корпусу 800-1600 мм при одному трубному пучку з площею поверхні теплообміну 38-170 м².

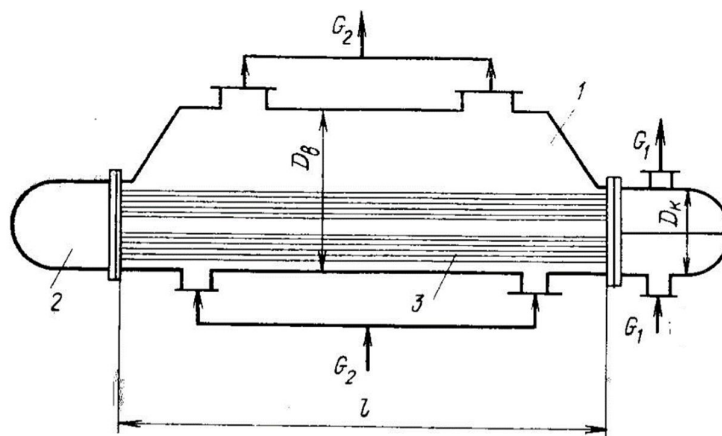


Рисунок 1.2 - Теплообмінник – випарник - холодильник

1 - корпус; 2 - розподільна камера; 3 - трубчатка;

Як гарячий теплоносій, що подається в трубний простір, використовують насичений водяну пару або гарячі гази в залежності від температурного режиму.

Апарат складається з корпусу циліндричної форми. Корпус обмежений з одного боку еліптичних днищем, а з іншого - розподільчої камерою. До кришки розподільної камери приварюється перегородка. Усередині корпусу розташовується трубний пучок. Трубний пучок обмежений трубними решітками: рухомою і нерухомою, в яких закріплені теплообмінні труби. Рухома решітка обмежується плаваючою головою, яка служить для компенсації температурних деформацій. Зовні до корпусу приварені штуцера для входу-виходу теплоносіїв, а також технологічні штуцери. Випарник спирається на сідлові опори, приварені до нижньої частини корпусу апарату. Одна опора виконується рухомий, друга - нерухомою.

									лист
									14
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата	ХІ.Т.00.00.00 ПЗ				

Рівень рідини в корпусі апарату підтримується переливний планкою з верхньої зубчастої крайкою, що забезпечує рівномірний злив рідини по всьому поперечним перерізом.

Днище кріпиться з корпусом апарату за допомогою зварювання, а розподільна камера кріпиться до корпусу за допомогою фланцевого з'єднання. Перегородка кріпиться з одного боку до кришки розподільної камери за допомогою зварювання, а з іншого боку до трубної решітці за допомогою прокладки.

Принцип роботи апарату наступний. Холодний теплоносій подається в штуцер У міжтрубному просторі. Гарячий теплоносій рухаючись по трубах віддає своє тепло холодному, внаслідок чого останній змінює свій агрегатний стан. Низькокиплячий компонент у вигляді пари виводиться через штуцер Г.

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

					<i>XI.T.00.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
						15
<i>Змін.</i>	<i>лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>підпис</i>	<i>Дата</i>		

(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 / м ³	7850
межа міцності σ_B , МПа, не менше	305
межа плинності σ_T , МПа, не менше	175
відносне звуження ψ , %	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 температурах -40 ... + 425⁰С під тиском.

Вид поставки (сортамент): фасонний прокат (квадрат г / катаний ГОСТ 2591, коло г / катаний ГОСТ 2590), листовий прокат (лист товстий г / катаний 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 / м ³	7850
межа міцності σ_B , МПа, не менше	360
межа плинності σ_T , МПа, не менше	180
відносне звуження ψ , %	56
відносне подовження δ , %	25
твердість по Бринеллю, НВ	115

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	лист
						16
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		

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 термічно необроблена 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 теплодеформіровані ГОСТ 8734, труба безшовні гарячохолоднодеформовані 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 електрозварні прямокутна ТУ 14-105-566), сітки (сітка тканина ГОСТ 3826).

Основні фізико-механічні властивості:

					XI.T.00.00.00 ПЗ	лист
						17
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		

модуль пружності E, МПа	200000
модуль зсуву G, МПа74000
щільність ρ , Кг / м ³7850
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, НВ156
твердість по Роквеллу (поверхнева), HRC60

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 / см ³1,6-2,0
умовна міцність при розриві в поперечному напрямку, кгс / см ² , не менше	60

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	лист
						18
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		

2. Технологічні розрахунки процесу і апарату[2]

2.1 Тепловий баланс процесу

Вихідні дані для розрахунку:

продуктивність установки

по гарячому абсорбенту..... 72 000 кг/год

Тиск пропану газу на вході в установку1,5 ат

Початкова температура абсорбенту 30 ° С

Кінцева температура абсорбенту - 10 ° С

Склад абсорбенту,% об:

C_6H_{14} 5

C_7H_{16} 15

C_8H_{18} 20

C_9H_{20} 30

$C_{10}H_{22}$ 30

Теплове навантаження холодильника. Кількість тепла, віднімає в холодильнику у абсорбенту випаровується пропаном, знаходиться з рівняння.

$$Q_1 = G_1 (h_{t_1'} - h_{t_1''})$$

де $h_{t_1'}$ і $h_{t_1''}$ - ентальпії абсорбенту відповідно на вході (температура $t_1'=30^\circ \text{C}$) і виході (температура $t_1'' = -10^\circ \text{C}$) з апарату, кДж / кг.

Для визначення ентальпії абсорбенту [3] необхідно знайти мольну масу абсорбенту; в даному випадку вона дорівнює $M_a = 199$.

Величина Q_1 , дорівнює: про

$$Q_1 = 72000 (335,2 - 251,4) = 6,03 \cdot 10^6 \text{ кДж / год} = 1,68 \cdot 10^3 \text{ кВт}$$

Витрата пропану. Абсорбент охолоджується іспарюючимся пропаном, хід якого перебуває по формулі

$$G_2 = \frac{Q_1}{r\eta_T}$$

де r прихована теплота випаровування рідкого пропану:

									лист
									19
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата					

XI.T.00.00.00 ПЗ

η_T - коефіцієнт користування тепла, що дорівнює 0,95.

Приймається, що рідкий пропан подається в міжтрубний простір кожухотрубчатого холодильника під тиском $p = 0,15$ МПа. Тоді температура кипіння пропану $t_{\text{кип}} = 80$ ° С, а його прихована теплота випаровування $\gamma = 413.3$ кДж / кг.

Кількість пропану що випаровується:

$$G_2 = \frac{6.03 \cdot 10^6}{413.3 \cdot 0.95} = 15357 \text{ кг/ч}$$

2.2 Технологічні розрахунки

Коефіцієнт тепловіддачі від киплячого пропану. до поверхні горизонтальних трубок пучка розраховується за такою залежністю:

$$\alpha_2 = b \left(\frac{\lambda^2}{\nu \sigma T_s} \right)^{1/3} q^{2/3}$$

де b - коефіцієнт, що дорівнює

$$b = 0,075 \left[1 + 10 \left(\frac{\rho_{\text{п}}}{\rho_{\text{ж}} - \rho_{\text{п}}} \right)^{2/3} \right]$$

λ - коефіцієнт теплопровідності пропану при температурі $t_s = 30$ ВТ/(м·С); ν - коефіцієнт кінематичної в'язкості пропану при тій температурі, s -поверхневий натяг рідкого пропану з рівноважним йому паром при тій же температурі, Н/м; $\rho_{\text{п}}$, $\rho_{\text{ж}}$ - щільність пропану в пароподібному і рідкому станах при температурі -30 °С, кг/м³.

Щільність пропану в пароподібному і рідкому станах беруть з довідника [4]: $\rho_{\text{ж}} = 568$ кг/м³ і $\rho_{\text{п}} = 4,02$ кг/м³.

Таким же чином [33, с. 191] екстраполяцією визначають поверхневий натяг

$$\sigma = 13,8 \cdot 10^{-2} \text{ Н/м}$$

Коефіцієнт динамічної в'язкості рідкого пропану знаходять по графіку [4] в залежності від наведеної температури.

									лист
									20
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата					

XI.T.00.00.00 ПЗ

$$T_{\text{пр}} = \frac{T_s}{T_{\text{кр}}} = \frac{243}{369,8} = 0,65$$

він дорівнює

$$\eta = 0,15 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$$

Кінематична вязкість пропану:

$$\nu = \frac{\eta}{\rho_{\text{ж}}} = \frac{0,15 \cdot 10^{-3}}{568} = 0,265 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$$

Коэффициент теплопроводности пропана при температуре $T=30^{\circ}\text{C}$ определяют по формуле [4].

$$\lambda = 13,3 \cdot 10^{-6} c_p \rho_{\text{ж}} \sqrt{\frac{\rho_{\text{ж}}}{M}}$$

Де $c_p=2,28 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C})$ — теплоемкость жидкого пропана, найденная экстраполяцией по данным справочника [33, с. 175].

Коэффициент теплопроводности пропана рівен:

$$\lambda = 13,3 \cdot 10^{-6} \cdot 2,28 \cdot 568 \sqrt{\frac{568}{44}} = 0,062 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^{\circ}\text{C})$$

Коэффициент теплоотдачи після попереднього розрахунку

$$b = 0,075 \left[1 + 10 \left(\frac{4,02}{568 - 4,02} \right)^{2/3} \right] = 0,102$$

$$\alpha_2 = 0,102 \left(\frac{0,062^2}{13,8 \cdot 10^{-2} \cdot 0,265 \cdot 10^{-6} \cdot 243} \right)^{1/3} q^{2/3} = 1,66 q^{2/3} \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$$

Коэффициент теплопроводности со стороны пропану що випаровується

Средняя температура абсорбенту в трубному пучку

$$t_{\text{cp}} = \frac{t_1' + t_1''}{2} = \frac{30 + (-10)}{2} = 10^{\circ}\text{C}$$

з довідника [4] визначаються: теплопроводність абсорбенту (нонан при температурі $T_{\text{cp}} = 10^{\circ}\text{C}$) $\lambda_{\text{cp}} = 0.132 \text{ Вт}/\text{м}\cdot^{\circ}\text{C}$, теплоємність $C_{\text{cp}} = 2,15 \text{ кДж}/\text{кг}\cdot^{\circ}\text{C}$, щільність $\rho_{\text{cp}} = 725 \text{ кг}/\text{м}^3$

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	лист
						21
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		

Кінематичну в'язкість обчислюють так:

$$\nu_{\text{ср}} = \frac{\eta_{\text{ср}}}{\rho_{\text{ср}}} = \frac{0,827 \cdot 10^{-3}}{725} = 1,14 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$$

Секундний обсяг абсорбенту дорівнює:

$$V_{\text{сек}} = \frac{G_1}{r_{\text{ср}} \times 3600} = \frac{72000}{725 \times 3600} = 0,028 \text{ м}^3/\text{с}$$

Площа поперечного перерізу одного ходу трубного простору

$$f_1 = N_1 \frac{\pi d_B^2}{4} = 346 \cdot 0,785 \cdot 0,016^2 = 0,07 \text{ м}^2$$

Швидкість абсорбенту в трубках пучка дорівнює:

$$w = \frac{V_{\text{сек}}}{f_1} = \frac{0,028}{0,07} = 0,4 \text{ м/с}$$

Критерій Рейнольдса дорівнює:

$$\text{Re}_{\text{ср}} = \frac{0,4 \times 0,016}{0,14 \times 10^{-6}} = 5614$$

Режим руху перехідний

Коефіцієнт тепловіддачі

$$\alpha_1 = 0,021 \frac{\lambda_{\text{ср.1}}}{d_1} \text{Re}_{\text{ср.1}}^{0,8} \text{Pr}_{\text{ср.1}}^{0,43} \left(\frac{\text{Pr}_{\text{ср.1}}}{\text{Pr}_{\text{ст.1}}} \right)^{0,25} \varepsilon_l$$

де $\text{Pr}_{\text{ср}}$ - критерій Прандтля при температурі $T_{\text{ср}} = 10^\circ\text{C}$;

$\text{Pr}_{\text{ст}}$ - критерій Прандтля при температурі стінки труби зі сторони абсорбента ; ε_l - поправочний коефіцієнт, що враховує відношення довжини труби [до її діаметру [49, с. 186], в нашому випадку дорівнює одиниці.

$$\text{Pr}_{\text{ср}} = \frac{\nu_{\text{ср}} \rho_{\text{ср}}}{\lambda_{\text{ср}}} = \frac{1,14 \cdot 10^{-6} \cdot 2,15 \cdot 10^{-3} \cdot 725}{0,132} = 13,4$$

$$\text{Pr}_{\text{ст}} = \frac{\nu \cdot c \cdot \rho}{\lambda} = \frac{1,71 \cdot 10^{-3} \cdot 2,08 \cdot 10^{-3} \cdot 746}{0,134} = 20$$

Коефіцієнт тепловіддачі:

$$\alpha_1 = 0,021 \times \frac{0,132}{0,016} \times 5614^{0,8} \times 0,73^{0,43} \times \left(\frac{13,4}{20} \right)^{0,25} \times 0,92 = 436 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C};$$

Вибір типу апарату.

									лист
									22
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата					

Для вибору типорозміру апарату орієнтовно визначаємо поверхність теплообміну пропанового холодильника.

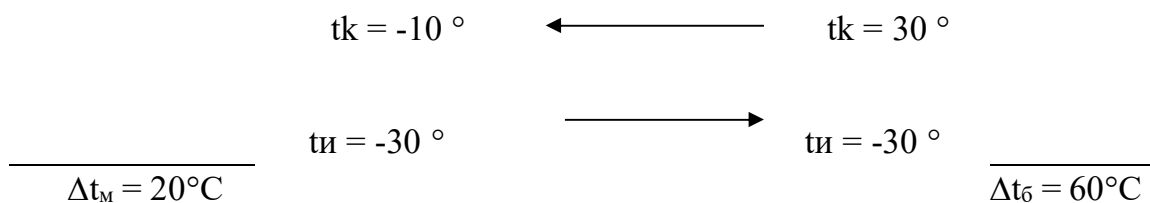
за даними [5] приймається величину теплового потоку $q = 7500 \text{ Вт/м}^2$.

Тоді

$$F_{op} = \frac{Q}{q} = \frac{1680 \times 10^3}{7500} = 224 \text{ м}^2$$

Температурна схема процесу.1

температурна схема процесу буде мати вигляд



Середня різниця температур визначається по середнелогарифмічеськой залежності:

$$Dt_{cp} = \frac{Dt_c - Dt_m}{2.3 \ln \frac{Dt_c}{Dt_m}} = \frac{60 - 20}{2.3 \ln \frac{60}{20}} = 36.5^\circ\text{C},$$

Коефіцієнт теплопередачі

$$K = \frac{q}{\Delta t_{cp}} = \frac{8650}{36.5} = 237 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

Розрахункова поверхня теплообміну буде дорівнює

$$F_p = \frac{Q}{q} = \frac{1680 \times 10^3}{8650} = 194.22 \text{ м}^2$$

Розрахункове число апаратів раніше вибраного типу

$$N_p = \frac{F_p}{F_1} = \frac{194.22}{174} = 1.15$$

З розрахунку випливає що потрібно встановити послідовно два випарника холодильника.

За галузевим стандартом. ОСТ-96-02-434-72 приймається випарник конденсатор типу ІКТН (випарник кожухотрубчасті з нерухомими ґратами і

					XI.T.00.00.00 ПЗ	лист
						23
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		

жорстким кожухом), який має наступну характеристику.

Діаметр кожуха $D = 1200\text{мм}$;

Число ходів $Z = 2$;

Діаметр труб $d_T = 20 \cdot 2 \text{ мм}$;

Шаг труб 26 мм ;

Довжина труб $H = 4,0 \text{ м}$.

2.3 Конструктивні розрахунки

Діаметр розподільної камери трубного пучка:

$$D_K = D' + 4d_H$$

Де D' -діаметр окружності, описаної навколо найбільшого шестикутника, м. $d_H = 0,02 \text{ м}$ - зовнішній діаметр трубки.

Тоді

$$D' = D_K - 4d_H$$

$$D' = 0,8 - 4 \cdot 0,02 = 0,72 \text{ м}$$

Число трубок, що розміщуються на діагоналі найбільшого шестикутника знаходиться з формули:

$$D' = s(b - 1)$$

де $s = 0,026 \text{ м}$ - крок трубок.

Тоді

$$b = \frac{D'}{s} + 1 = \frac{0,72}{0,026} + 1 = 29$$

Число шестикутників, на яких розміщені трубки

$$x = \frac{b - 1}{2} = \frac{29 - 1}{2} = 14$$

Загальна кількість трубок в пучку при одному ході $N_i = 721$.

У двоходовому пучку - трубок буде менше на стільки, скільки їх слід прибрати з діагоналі найбільшого шестикутника, по які розташується

									лист
									24
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата					

перегородка в розподільній камері.

$$N = N_1 - b = 721 - 29 = 692$$

Отже, число трубок в одному ході пучка:

$$N_1 = \frac{N}{2} = \frac{692}{2} = 346$$

Поверхня теплообміну апарату складе:

$$F_1 = N \pi d_n l = 692 \cdot 3,14 \cdot 0,02 \cdot 4 = 174 \text{ м}^2$$

Для забезпечення необхідної поверхні теплообміну потрібно установити кількість апаратів:

$$n = \frac{F}{F_1} = \frac{286}{174} \approx 2$$

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'ємний і масовий витрати рідини або пари відповідно, $\text{м}^3/\text{с}$ і $\text{кг}/\text{с}$;

ρ - щільність потоку середовища, $\text{кг}/\text{м}^3$;

w - швидкість витікання середовища, $\text{м}/\text{с}$.

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

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 введення рідкого пропану дорівнює

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	лист
						25
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 4,26}{3,14 \cdot 1,5 \cdot 568}} = 0,08 \text{ м}$$

Діаметр штуцера для введення рідкого пропану передбачений ГОСТ 14248-79 задовольняє розрахунковому.

Згідно ГОСТ 14248-79 приймаємо для штуцера введення рідкого пропану $D_y = 100$ мм.

Для відводу парів пропану

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 4,26}{3,14 \cdot 15 \cdot 4,02}} = 0,3 \text{ м}$$

Згідно ГОСТ 14248-79 приймаємо для відводу парів пропану у $D_y = 300$ мм.

Патрубок для підведення гарячого абсорбенту

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 20}{3,14 \cdot 1,5 \cdot 725}} = 0,153 \text{ м}$$

Приймаємо штуцер $D_y = 200$, що відповідає значенню згідно ГОСТ 14248-79

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 відводу абсорбенту

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 20}{3,14 \cdot 1,5 \cdot 725}} = 0,153 \text{ м}$$

Для забезпечення уніфікації обладнання приймемо штуцер для відводу аналогічний штуцера підведення $D_y = 200$ мм.

2.4 Гідравлічний опір апарату

					XI.T.00.00.00 ПЗ	лист
						26
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		

Об'ємна витрата абсорбенту, що гріє

$$V_{сек} = \frac{G_1}{r_{cp} \cdot 3600} = \frac{72000}{725 \cdot 3600} = 0,028 \text{ м}^3/\text{с}$$

Дійсна швидкість абсорбенту

$$w = \frac{V_{сек}}{f_1} = \frac{0,028}{0,07} = 0,4 \text{ м/с}$$

Критерій Рейнольдса дорівнює:

$$Re_{cp} = \frac{0,4 \cdot 0,016}{0,14 \cdot 10^{-6}} = 5614$$

Режим руху перехідний

Для перехідного руху абсорбенту в круглих трубах коефіцієнт тертя

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

$$\lambda = \frac{0,316}{5614^{0,25}} = 0,037.$$

Втрата тиску на тертя в прямих трубах

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

$$\Delta P_{mp} = 0,037 \cdot \frac{2 \cdot 4}{0,016} \cdot \frac{0,4^2 \cdot 725}{2} = 1073 \text{ Па.}$$

де n - число ходів труб.

Коефіцієнти лінійних опорів:

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

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

Втрати тиску на місцевих опорах

$$\Delta P_m = \sum \xi \cdot \frac{\omega_{п}^2 \cdot \rho_{п}}{2}$$

									лист
									27
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата					

$$\Delta P_m = (2 \cdot 1,5 + 2 \cdot 1,0) \cdot \frac{0,4^2 \cdot 725}{2} = 290 \text{ Па.}$$

Загальна втрата тиску в трубному просторі

$$\Delta P_m = \Delta P_{mp} + \Delta P_m = 1073 + 290 = 1363 \text{ Па.}$$

2.5 Вибір допоміжного обладнання

Виконаємо розрахунок відцентрового насоса для подачі пропану в теплообмінник.

Витрата пропану

$$V = \frac{G}{\rho} = \frac{4,26}{568} = 0,0075 \text{ м}^3$$

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 етанолу у всмоктуючому і нагнітальному трубопроводах однаковою, рівною 1 м / с. Тоді діаметр трубопроводу

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot \omega}},$$

де ω - швидкість пропану, м / с;

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0075}{3,14 \cdot 1}} = 0,098 \text{ м.}$$

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

Визначаємо величину критерію Re

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

$$Re = \frac{1 \cdot 0,098 \cdot 568}{1,19 \cdot 10^{-3}} = 46780,$$

отже - режим руху турбулентний.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	лист
						28
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		

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

$$\frac{d}{e} = \frac{98}{0,2} = 490.$$

За рис 1.5 [2, с. 22] знаходимо значення коефіцієнта тертя $\lambda = 0,031$.

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

для всмоктуючої лінії

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

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

для нагнітальної лінії

- вихід з труби $\epsilon = 1,0$;
- нормальний вентиль $\epsilon = 5,4$;
- дросельна заслінка $\epsilon = 0,9$;
- коліно під кутом 90° $\epsilon = 1,6$.

отже,

$$\Sigma \epsilon_{\text{н}} = 1 + 5,4 + 0,9 + 2 \cdot 1,6 = 10,5$$

Визначаємо втрати напору:

у всмоктувальній лінії

$$h_{\text{вс}} = \left(0,031 \cdot \frac{3}{0,098} + 5,9 \right) \cdot \frac{1^2}{2 \cdot 9,81} = 0,42 \text{ м.}$$

нагнітальної лінії

$$h_{\text{н}} = \left(0,031 \cdot \frac{20}{0,098} + 10,5 \right) \cdot \frac{1^2}{2 \cdot 9,81} = 1,35 \text{ м.}$$

Загальні втрати напору

$$h_{\text{н}} = 0,42 + 1,35 = 1,77 \text{ м.}$$

Визначаємо повний напір [2]

$$H = \frac{\Delta p}{\rho \cdot g} + H_{\text{г}} + h_{\text{п}}$$

де Δp - тиск, Па; $H_{\text{г}}$ - геометричний напір.

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	лист
						29
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		

$$H = \frac{0,15 \cdot 10^6}{568 \cdot 9,81} + 2 + 1,77 = 29,43 \text{ м.}$$

Корисна потужність насоса

$$N_{\text{п}} = \frac{\rho \cdot g \cdot H \cdot V}{1000}$$

де V - витрата пропану, м³/с;

$$N_{\text{п}} = \frac{568 \cdot 9,81 \cdot 29,43 \cdot 0,0075}{1000} = 0,659 \text{ кВт.}$$

Потужність на валу двигуна

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

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

$$N_{\text{дв}} = \frac{0,659}{0,6 \cdot 1,0} = 1,08 \text{ кВт.}$$

Установча потужність двигуна з урахуванням пускових моментів

$$N_{\text{уст}} = \frac{1,2 \cdot N_{\text{дв}}}{\eta_{\text{дв}}} = \frac{1,2 \cdot 1,08}{0,8} = 1,6 \text{ кВт.}$$

Встановлюємо при $V = 0,0075 \text{ м}^3/\text{с} = 27 \text{ м}^3/\text{год}$ відцентровий насос марки ХМ 100-32 з наступною характеристикою: продуктивність 0,01 м³/с, напір 32 м. Насос забезпечений електродвигуном номінальною потужністю 2,2 кВт і частотою обертання 2900 об / хв.

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	лист
						30
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		

3. Розрахунки апарату на міцність

3.1 Розрахунок товщини стінки корпусу і кришки апарата

Прийmemo коефіцієнт міцності зварних швів $\varphi = 0,9$ (ручне дугове електрозварювання), напруга для сталі Ст3 при $t = 80^\circ\text{C}$ [6]

$$\sigma = 130 \text{ МПа.}$$

Тиск етилацетату в міжтрубному просторі

$$p = 1,5 \text{ ата} = 0,15 \text{ МПа.}$$

Для листового матеріалу допустима напруга

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

Розрахункова схема обичайки приведена на рисунку 3.1

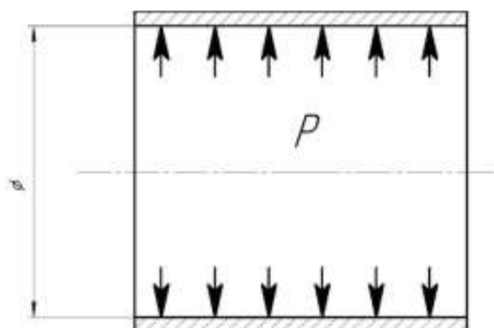


Рисунок 3.1 - Розрахункова схема обичайки

Розрахункова товщина стінки кожуха

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

$$s_p = \frac{0,15 \cdot 1200}{2 \cdot 0,9 \cdot 130 - 0,15} = 0,77 \text{ мм.}$$

Пробний тиск при гідравлічних випробуваннях при дозволяється за напрузі

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

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	лист
						31
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		

$$p_n = 1,25 \cdot p \cdot \frac{[\sigma]_n}{[\sigma]}$$

$$p_n = 1,25 \cdot 0,15 \cdot \frac{191}{130} = 0,275 \text{ МПа.}$$

У цьому випадку розрахункова товщина стінки кожуха

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

$$s_p = \frac{0,275 \cdot 1200}{2 \cdot 0,9 \cdot 191 - 0,275} = 0,961 \text{ мм.}$$

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

$$s = s_p + c = 0,96 + 3 = 3,96 \text{ мм.}$$

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

Розрахунок товщини стінки еліптичної кришки

Розрахункова схема днища приведена на малюнку 3.2

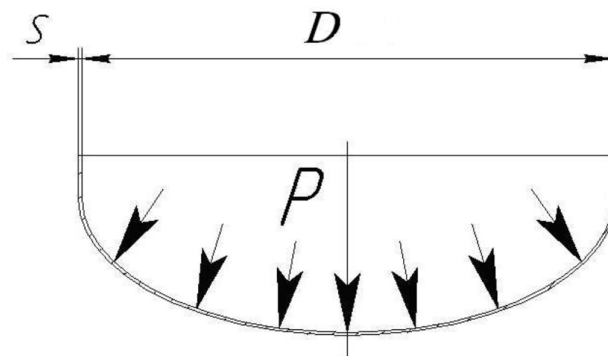


Рисунок 3.2 - Розрахункова схема днища еліптичного

Тиск пара під кришкою

$$p_n = 1,5 \text{ ата} = 0,15 \text{ МПа.}$$

Розрахункова товщина стінки кришки при проведенні гідравлічних випробувань

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

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	лист
						32
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		

$$s_p = \frac{0,275 \cdot 1200}{2 \cdot 0,9 \cdot 191 - 0,5 \cdot 0,275} = 0,96 \text{ мм.}$$

Виконавча товщина кришки

$$s_{кр} = s_p + c = 0,96 + 3,0 = 3,96 \text{ мм.}$$

Приймаємо $s_{кр} = 6,0 \text{ мм.}$

3.2 Розрахунок і вибір опори

Маса обичайки кожуха

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

$$m_k = \left[\frac{3,14 \cdot (1,2 + 2 \cdot 0,006)^2}{4} - \frac{3,14 \cdot 1,2^2}{4} \right] \cdot 4 \cdot 7860 = 714,3 \text{ кг,}$$

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

Маса кришки і днища

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

$$m_{кр} = 1,24 \cdot 0,8^2 \cdot 0,006 \cdot 7860 = 37,4 \text{ кг.}$$

маса труб

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

$$m_{тр} = \frac{3,14}{4} \cdot (0,02^2 - 0,016^2) \cdot 4 \cdot 692 \cdot 7860 = 2459 \text{ кг,}$$

Маса фланця з ґратами

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

					XI.T.00.00.00 ПЗ	лист
						33
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		

$$m_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 0,96^2}{4} \cdot 0,05 \cdot 7860 = 284,3 \text{ кг,}$$

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

Обсяг міжтрубного простору

$$V_{\text{м}} = f_{\text{мтр}} \cdot l$$

$$V_{\text{м}} = 0,7 \cdot 4 = 2,8 \text{ м}^3.$$

При коефіцієнті заповнення $\varphi = 0,7$

$$m_{\text{т}} = V_{\text{м}} \cdot \rho_{\text{т}} \cdot \varphi$$

$$m_{\text{т}} = 2,8 \cdot 725 \cdot 0,7 = 1421 \text{ кг.}$$

Сила тяжіння апарату в робочому стані

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

$$G = 9,81 \cdot (714,3 + 2 \cdot 37,4 + 2459 + 2 \cdot 284,4 + 1421) = 51380 \text{ Н} = 51,4 \text{ кН.}$$

Приймаємо кількість опор $n = 2$ шт.

Навантаження на одну опору

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

$$Q = \frac{51,4}{2} = 25,7 \text{ кН.}$$

Вибираємо опору з допустимим навантаженням $Q = 50 \text{ кН.}$

					<i>XI.T.00.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
						34
<i>Змін.</i>	<i>лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>підпис</i>	<i>Дата</i>		

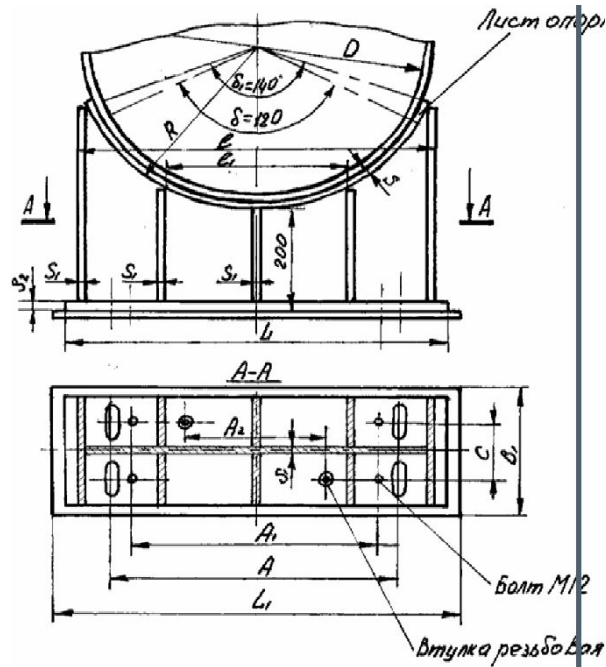


Рисунок 3.3 - Схема опори

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 визначуваний по формулі або відповідно до табл. [8, табл.13,7, с. 234]:

$$D_6 = D + 2 \times (2 \times s + d_6 + u);$$

де: d_6 – зовнішній діаметр болта, при $D = 800$ мм і $p_R = 0,275$ МПа

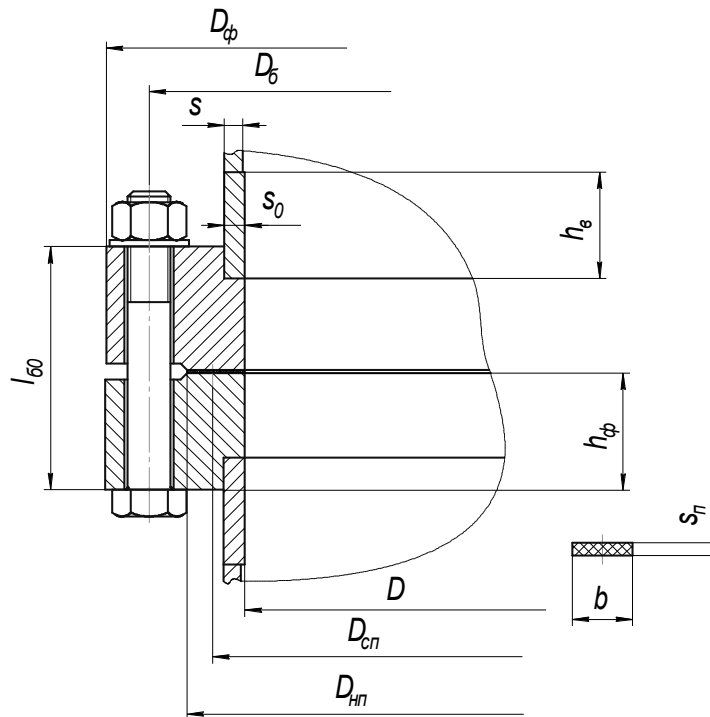
$d_6 = 23$ мм;

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

$$D_6 = 800 + 2 \times (2 \times 6 + 23 + 6) = 882 \text{ мм};$$

Приймаємо $D_6 = 890$ мм.

									лист
									35
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата					



Малюнок 3.3 - Фланцеве з'єднання.

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

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

де: а – конструктивна добавка для розміщення гайок по діаметру фланця, приймаємо а = 40 мм [8, табл. 13.27, с.264].

$$D_{\phi} = 890 + 40 = 930 \text{ мм};$$

Приймаємо $D_{\phi} = 930$ мм.

Зовнішній діаметр прокладки:

$$D_{нт} = D_{\delta} - e;$$

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

$$D_{нт} = 890 - 30 = 860 \text{ мм};$$

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	лист
						36
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		

Середній діаметр прокладки визначається по формулі:

$$D_{cn} = D_{ин} - b;$$

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

$$D_{cn} = 960 - 20 = 940 \text{ мм};$$

Приймаємо матеріал прокладки параніт по ГОСТ 481 – 80 з товщиною $s_{п} = 2$ мм.

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

$$n_{б} \geq \frac{\pi \cdot D_{б}}{t_{ш}};$$

де: $t_{ш}$ – крок розташування болтів, що рекомендується, рекомендується для болтів М20 і $P_y = 0,275$ МПа,

$$t_{ш} = (3,8 \div 4,8) \cdot d_{б} = 76 \div 96, [8, \text{табл. 13,29, с. 266}].$$

$$n_{б} = \frac{3,14 \cdot 890}{76 \div 96} = 36 \div 29 \text{ шт};$$

Приймаємо кількість болтів $n_{б} = 32$, кратне чотирьом.

Висоту фланця $h_{ф}$ визначаємо по формулі:

$$h_{ф} \geq \lambda_{ф} \cdot \sqrt{D \cdot S_{э}};$$

де: $\lambda_{ф}$ – коефіцієнт, визначується по графіку [8, мал. 13,14]

$$\lambda_{ф} = 0,40;$$

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

$$h_{ф} = 0,4 \cdot \sqrt{800 \cdot 6} = 27 \text{ мм};$$

Приймаємо висоту фланця $h_{ф} = 30$ мм.

Розрахункова довжина болта визначається по формулі:

$$l_{б} = l_{б0} + 0,28 \cdot d_{б};$$

									лист
									37
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата					

де: l_{60} – відстань між опорними поверхнями головки болта і гайки при товщині прокладки $S_{II} = 2$ мм;

$$l_{60} = 2 \cdot h_{\phi} + s_{II};$$

$$l_{60} = 2 \cdot 30 + 2 = 62 \text{ мм},$$

$$l_{\sigma} = 62 + 0,28 \cdot 23 = 68,44 \text{ мм}.$$

Приймаємо розрахункову довжину болтів $l_{\sigma} = 80$ мм.

Визначення навантажень що діють на фланець

Рівнодіючу внутрішнього тиску визначуваний по формулі:

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

$$F_{\sigma} = \frac{3,14 \cdot 0,84^2}{4} \cdot 0,275 = 0,152 \text{ МН};$$

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_{II} – еквівалентна ширина прокладки, при $b_{II} = 20$ мм:

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

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

$$R_n = 3,14 \cdot 0,84 \cdot 0,085 \cdot 2,5 \cdot 0,275 = 0,269 \text{ МН};$$

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

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

де: α_{ϕ} – коефіцієнт лінійного розширення матеріалу фланця

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

									лист
									38
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата					

α_6 – коефіцієнт лінійного розширення матеріалу болта (приймаємо для болта сталь 20), $\alpha_6 = 12,410^{-6} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}$ [8],

t_ϕ – розрахункова температура неізолюваних фланців

$$t_\phi = 0,96 \cdot t = 0,96 \cdot 80 = 76,8 \text{ } ^\circ\text{C};$$

t_6 – розрахункова температура неізолюваних болтів

$$t_6 = 0,95 \cdot t = 0,95 \cdot 80 = 76 \text{ } ^\circ\text{C};$$

y_6 – лінійна податливість болтів, що визначається по формулі:

$$y_6 = \frac{l_6}{E_6 \cdot f_6 \cdot n_6};$$

де: E_6 – модуль подовжньої пружності матеріалу болта

$$E_6 = 2,0 \cdot 10^5 \text{ МПа.}$$

f_6 – розрахункова площа поперечного перетину болта по внутрішньому діаметру, згідно таблиці [8, табл. 13.27, с.264]

$$f_6 = 2,35 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2;$$

$$y_6 = \frac{0,08}{2,0 \cdot 10^5 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4} \cdot 32} = 4,748 \cdot 10^{-5} \text{ м/МН};$$

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, $h_n = S_n = 2 \text{ мм.}$

$$y_n = \frac{1,0 \cdot 0,002}{2000 \cdot 3,14 \cdot 0,84 \cdot 0,02} = 1,52 \cdot 10^{-5} \text{ м/МН};$$

y_ϕ – кутова податливість фланця, що визначається по формулі:

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	лист
						39
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		

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

де: ν, λ'_{ϕ} – безрозмірні параметри, що визначаються по формулах:

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

$$\lambda'_{\phi} = \frac{0,03}{\sqrt{0,8 \cdot 0,006}} = 0,433;$$

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

де: ψ_1 – коефіцієнт, визначуваний по формулі:

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

$$\psi_1 = 1,28 \cdot \lg \frac{930}{800} = 0,084;$$

$$\nu = \frac{1}{1 + 0,9 \cdot 0,433 \cdot \left(1 + 0,084 + \frac{0,03^2}{0,006^2}\right)} = 0,09;$$

ψ_2 – коефіцієнт, визначуваний по формулі:

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

$$\psi_2 = \frac{930 + 800}{930 - 800} = 13,3;$$

E_{ϕ} – модуль подовжньої пружності для матеріалу фланця

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

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

$$F_t = \frac{4,748 \cdot 10^{-5} \cdot 32 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4} \cdot 2,0 \cdot 10^5 \cdot (12,4 \cdot 10^{-6} \cdot 84,5 - 12,4 \cdot 10^{-6} \cdot 83,6)}{1,52 \cdot 10^{-5} + 4,748 \cdot 10^{-5} + 0,5 \cdot 2,17 \cdot (0,89 - 0,84)^2}$$

$$F_t = 0,0004 \text{ МН};$$

Коефіцієнт жорсткості фланцевого з'єднання визначуваний по формулі:

					XI.T.00.00.00 ПЗ	лист
						40
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		

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

$$K_{жс} = \frac{4,748 \cdot 10^{-5} + 0,5 \cdot 2,17 \cdot (0,89 - 0,8 - 0,006) \cdot (0,89 - 0,84)}{1,53 \cdot 10^{-5} + 4,748 \cdot 10^{-5} + 2,17 \cdot (0,89 - 0,84)^2} = 0,84.$$

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

$$F_{\bar{o}1} = \max \left\{ \begin{array}{l} K_{жс} \cdot F_{\bar{o}} + R_n \\ 0,5 \cdot \pi \cdot D_{cn} \cdot b_0 \cdot P_{н.р} \end{array} \right\};$$

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

$$F_{\bar{o}1} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,84 \cdot 0,09 + 0,269 \\ 0,5 \cdot 3,14 \cdot 0,84 \cdot 0,085 \cdot 20 \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,344 \\ 2,242 \end{array} \right\} = 2,242 \text{ МН};$$

Болтове навантаження в робочих умовах визначаємо по формулі:

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

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

Приведений момент, що вигинає, обчислюваний за формулою:

$$M_0 = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,5 \cdot (D_{\bar{o}} - D_{cn}) \cdot F_{\bar{o}1} \\ 0,5 \cdot [(D_{\bar{o}} - D_{cn}) \cdot F_{\bar{o}2} + (D_{cn} - D - s_s) \cdot F_{\bar{o}}] \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} \end{array} \right\};$$

$$M_0 = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,5 \cdot (0,89 - 0,84) \cdot 2,242 \\ 0,5 \cdot [(0,89 - 0,84) \cdot 2,285 + (0,84 - 0,8 - 0,006) \cdot 0,266] \cdot \frac{140}{131,5} \end{array} \right\} =$$

$$= \max \left\{ \begin{array}{l} 0,56 \\ 0,066 \end{array} \right\} = 0,56 \text{ МН} \cdot \text{м}.$$

					XI.T.00.00.00 ПЗ	лист
						41
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		

4 Монтаж та ремонт апарата

4.1 Монтаж розробленого апарата

Теплообмінні апарати - пристрої, в яких здійснюється теплообмін між двома або кількома теплоносіями або 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 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) таким чином, що корпус всередині є міжтрубнотрубним простором. Теплообмінні трубки завальцьовані 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 трубних дошок кріпляться камери з патрубками для відведення середовища, поточної всередині трубок. Залежно від наявності та кількості в камерах перегородок, теплообмінники можуть бути одноходових, двох або багатходових 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 транспортування використовують залізничні платформи, трейлери, автомашини, 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

					XI.T.00.00.00 ПЗ	лист
						42
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		

залізобетонних стовпів з анкерними болтами (при низькому горизонтальному розташуванні) і балки висотних металоконструкцій (при вертикальному розташуванні і горизонтальному розташуванні на великих висотах).

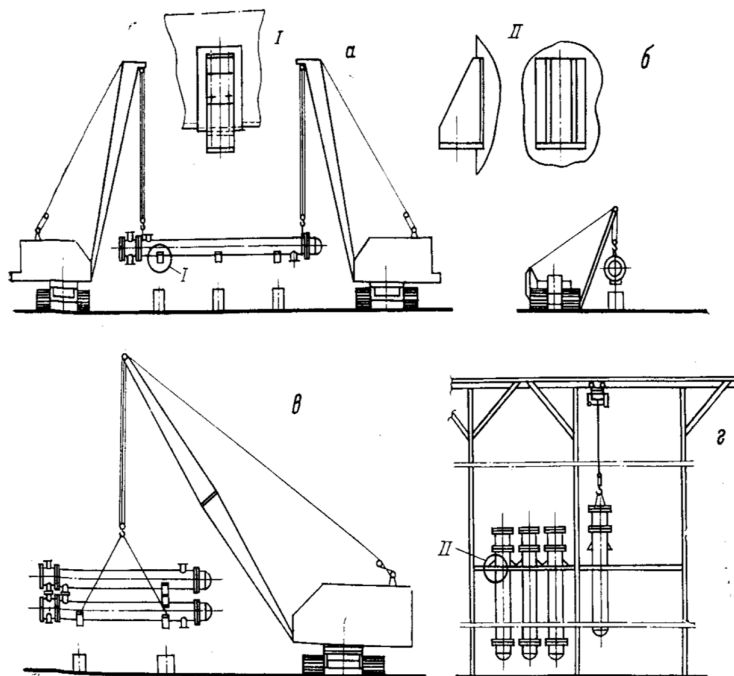


Рисунок 4.1 - Способи монтажу теплообмінних апаратів:

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

					XI.T.00.00.00 ПЗ	лист
						43
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		

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. Нерухомої опорі, звичайно встановлюється з боку нерухомих трубних решіток, закріплюють намертво; гайки болтів рухомої опорі, 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 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 апарату виражається в наступному: 1) зменшення товщини стінки корпусу, днища, трубних решіток; 2) віпучення і вм'ятини на корпусі і днищах; 3) свищі, тріщини, прогари на корпусі, трубках і фланцях; 4) збільшення діаметра отворів для труб в трубних

					XI.T.00.00.00 ПЗ	лист
						44
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		

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;

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, зносилися, 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;

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	лист
						45
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		

- 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 межтрубное і трубної частин апарату пробним тиском;
- 14) пневматичне випробування апарату.

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 плаваючою 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.

У більшості випадків як екстрактор використовуються пристосування для захоплення трубного 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 трубного пучка за допомогою тракторної лебідки та автомобільного крана представлена на рис. 4.2

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	лист
						46
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		

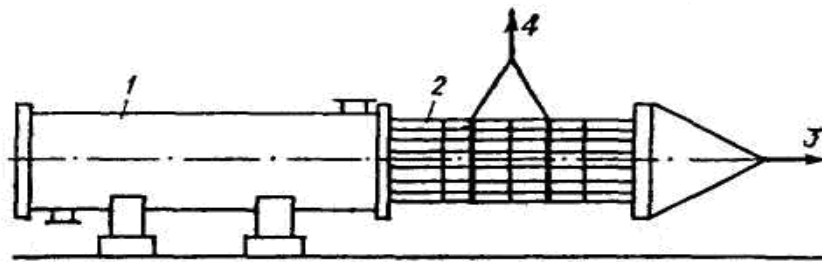


Рисунок. 4.2. - Видобуток трубного пучка за допомогою лебідки і автомобільного крана:

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

Демонтаж проводиться в певній послідовності: 1) знімаються кришки теплообмінного апарату; 2) демонтуються деталі плаваючої 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.

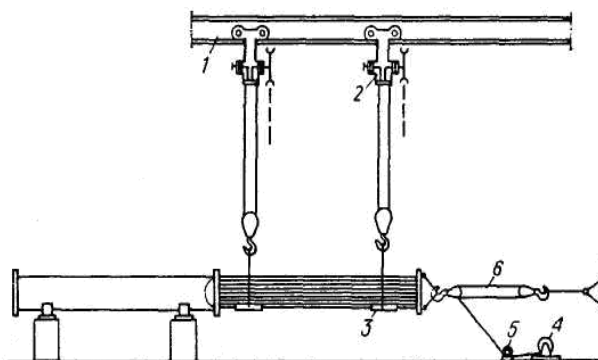


Рисунок 4.3 - Пристосування для зміни пучків теплообмінників:

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

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 трубчатки. Видобуток трубчатки здійснюється відвідним блоком 5 і поліспасти 6. Для цього може також застосовуватися пересувна монорельс (рис. 4.4).

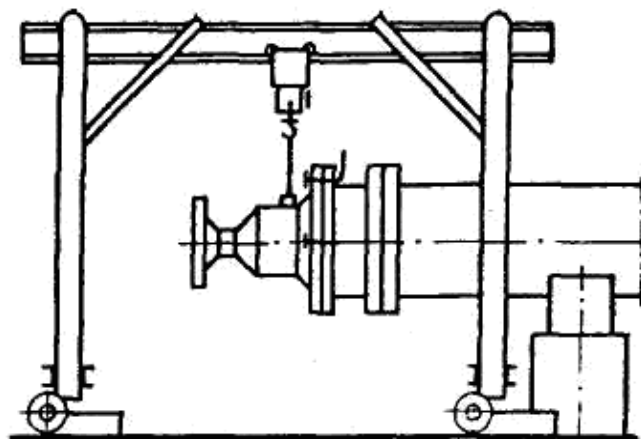


Рисунок 4.4 - Пересувна монорельса.

Видобуток трубчатки за допомогою пересувного візка представлено на рис.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 трубчатки здійснюється лебідкою 1, при цьому зусилля лебідки додається до коляски.

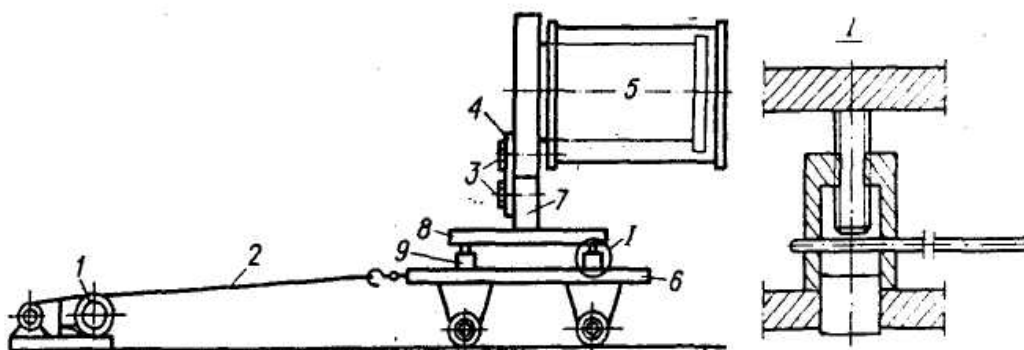


Рисунок 4.5. Пристосування для вилучення трубчатки з горизонтального теплообмінника:

Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата

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.

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	лист
						49
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		

5. Охорона праці

Успішна профілактика виробничого травматизму та професійної захворюваності можлива лише за умови ретельного вивчення причин їх виникнення. Для полегшення цього завдання прийнято поділяти причини виробничого травматизму і професійної захворюваності на наступні основні групи: організаційні, технічні, санітарно-гігієнічні, психофізіологічні.

Організаційні причини: відсутність або неякісне проведення навчання з питань охорони праці; відсутність контролю; порушення вимог інструкцій, правил, норм, стандартів; невиконання заходів щодо охорони праці; порушення технологічних регламентів, правил експлуатації устаткування, транспортних засобів, інструменту; порушення норм і правил планово-попереджувального ремонту устаткування; недостатній технічний нагляд за небезпечними роботами; використання устаткування, механізмів та інструменту не за призначенням.

Технічні причини: несправність виробничого устаткування, механізмів, інструменту; недосконалість технологічних процесів; конструктивні недоліки устаткування, недосконалість або відсутність захисних загороджень, запобіжних пристроїв, засобів сигналізації та блокування.

Санітарно-гігієнічні причини: підвищений (вище ГДК) вміст в повітрі робочих зон шкідливих речовин; недостатнє чи нераціональне освітлення; підвищені рівні шуму, вібрації; незадовільні мікрокліматичні умови; наявність різноманітних випромінювань вище допустимих значень; порушення правил особистої гігієни.

Психофізіологічні причини: помилкові дії внаслідок втоми працівника через надмірну важкість і напруженість роботи; монотонність праці; хворобливий стан працівника; необережність; невідповідність психофізіологічних чи антропометричних даних працівника використовуваній техніці чи виконуваній роботі.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	лист
						50
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		

Основні заходи щодо попередження та усунення причин виробничого травматизму і професійної захворюваності поділяються на технічні та організаційні.

До технічних заходів належать заходи з виробничої санітарії та техніки безпеки.

Заходи з виробничої санітарії передбачають організаційні, гігієнічні та санітарно-технічні заходи та засоби, що запобігають дії на працюючих шкідливих виробничих факторів. Це створення комфортного мікроклімату шляхом влаштування відповідних систем опалення, вентиляції, кондиціонування повітря; теплоізоляція конструкцій будівлі та технологічного устаткування; заміна шкідливих речовин та матеріалів нешкідливими; герметизація шкідливих процесів; зниження рівнів шуму та вібрації; установлення раціонального освітлення; забезпечення необхідного режиму праці та відпочинку, санітарного та побутового обслуговування.

Заходи з техніки безпеки передбачають систему організаційних та технічних заходів та засобів, що запобігають дії на працюючих небезпечних виробничих факторів. До них належать: розроблення та впровадження безпечного устаткування; механізація та автоматизація технологічних процесів; використання запобіжних пристосувань, автоматичних блокуючих засобів; правильне та зручне розташування органів керування устаткуванням; розроблення та впровадження систем автоматичного регулювання, контролю та керування технологічними процесами, принципово нових нешкідливих та безпечних технологічних процесів.

До організаційних заходів належать: правильна організація роботи, навчання, контролю та нагляду з охорони праці; дотримання трудового законодавства, міжгалузевих та галузевих нормативних актів про охорону праці; впровадження безпечних методів та наукової організації праці; проведення оглядів, лекційної та наочної агітації і пропаганди з питань охорони праці; організація планово-попереджувального ремонту

					<i>XI.T.00.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
						51
<i>Змін.</i>	<i>лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>підпис</i>	<i>Дата</i>		

устаткування, технічних оглядів та випробувань транспортних та вантажопідіймальних засобів, посудин, що працюють під тиском.

Методи аналізу виробничого травматизму.

Статистичний метод ґрунтується на аналізі статистичного матеріалу з травматизму, накопиченого на підприємстві або в галузі за кілька років. Відповідні дані для цього аналізу містяться в актах за формою Н-1, в звітах за формою 7-НТВ. Статистичний метод дозволяє всі нещасні випадки і причини травматизму групувати за статтю, віком, професіями, стажем роботи потерпілих, часом, місцем, типом нещасних випадків, характером одержаних травм, видом обладнання. Цей метод дозволяє встановити за окремими підприємствами найпоширеніші види травм, визначити причини, які спричиняють найбільшу кількість нещасних випадків, виявити небезпечні місця, розробити і провести необхідні організаційно-технічні заходи. Для цього розраховують ряд коефіцієнтів.

Топографічний метод ґрунтується на тому, що на плані цеху (підприємства) відмічають місця, де сталися нещасні випадки, або ж на схемі, що являє собою контури тіла людини, позначають травмовані органи чи ділянки тіла. Це дозволяє наочно бачити місця з підвищеною небезпекою або ж найбільш часто травмовані органи. Повторення нещасних випадків в певних місцях свідчить про незадовільний стан охорони праці на даних об'єктах. На ці місця звертають особливу увагу, вивчають причини травматизму. Шляхом додаткового обстеження згаданих місць виявляють причини, котрі викликали нещасні випадки, формують поточні та перспективні заходи щодо запобігання нещасним випадкам для кожного окремого об'єкта. Повторення аналогічних травм свідчить про незадовільну організацію інструктажу, невикористання конкретних засобів індивідуального захисту тощо.

Монографічний метод аналізу травматизму і профзахворюваності полягає в детальному обстеженні всього комплексу умов праці, технологічного процесу, обладнання робочого місця, прийомів праці,

					XI.T.00.00.00 ПЗ	лист
						52
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		

санітарно-гігієнічних умов, засобів колективного та індивідуального захисту. Тобто цей метод полягає в аналізі небезпечних та шкідливих виробничих факторів, притаманних лише тій чи іншій (моно) дільниці виробництва, обладнанню, технологічному процесу. За цим методом поглиблено розглядають всі обставини нещасного випадку і, якщо необхідно, то виконують відповідні дослідження та випробування. Дослідженню підлягають: цех, дільниця, технологічний процес, основне та допоміжне обладнання, трудові прийоми, засоби індивідуального захисту, умови виробничого середовища, метеорологічні умови в приміщенні, освітленість, загазованість, запиленість, шум, вібрація, випромінювання, причини нещасних випадків, що сталися раніше на даному робочому місці. Таким чином, нещасний випадок вивчається комплексно. Цей метод дозволяє аналізувати не лише нещасні випадки, що відбулися, але й виявити потенційно небезпечні фактори, а результати використати для розробки заходів охорони праці, вдосконалення виробництва.

Економічний метод аналізу полягає у визначенні економічної шкоди, спричиненої травмами та захворюваннями, – з одного боку та економічної ефективності від витрат на розробку та впровадження заходів на охорону праці – з другого. Ці методи дозволяють знайти оптимальне рішення, що забезпечить заданий рівень безпеки, однак вони не дозволяють вивчити причини травматизму та захворювань.

Методи анкетування передбачають письмове опитування працюючих з метою отримання інформації про потенційні небезпеки трудових процесів, про умови праці. Для цього розробляються анкети для робітників, в яких в залежності від мети опитування визначаються питання та чинники. На підставі анкетних даних (відповідей на запитання) розробляють профілактичні заходи щодо попередження нещасних випадків.

Ергономічні методи ґрунтуються на комплексному вивченні системи “людина – машина – виробниче середовище”. Відомо, що кожному виду

						<i>XI.T.00.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
<i>Змін.</i>	<i>лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>підпис</i>	<i>Дата</i>			<i>53</i>

трудової діяльності відповідають певні фізіологічні, психофізіологічні і психологічні якості людини, а також антропометричні дані. Тому при комплексній відповідності вказаних властивостей людини і конкретної трудової діяльності можлива ефективна і безпечна робота. Порушення відповідності веде до нещасного випадку. Ергономічні методи дозволяють знайти невідповідності та усунути їх.

Психофізіологічні методи аналізу травматизму враховують, що здоров'я і працездатність людини залежать від біологічних ритмів функціонування організму. Такі явища, як іонізація атмосфери, магнітне і гравітаційне поле Землі, активність Сонця, гравітація Місяця та ін., викликають відповідні зміни в організмі людини, що змінюють її стан і впливають на поведінку не на краще. Це призводить до зниження сприйняття дійсності і може спричинитися до нещасних випадків.

Метод експертних оцінок базується на експертних висновках (оцінках) умов праці, на виявленні відповідності технологічного обладнання, пристроїв, інструментів, технологічних процесів вимогам стандартів та ергономічним вимогам, що ставляться до машин, механізмів, обладнання, інструментів, пультів керування. Виявлення думки експертів може бути очним і заочним (за допомогою анкет).

1) Основні методи пожежогасіння:

Гасіння пожеж може бути виконано:

- – охолодженням речовин, що горять;
- – ізоляцією речовин, що горять від кисню повітря;
- – зниженням концентрації' кисню;
- – спеціальними хімічними сполуками.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	лист
						54
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		

Для гасіння пожеж використовують: воду, водяний пар, хімічну та повітряно- механічну піну, інертні гази, вуглекислоту, порошки, спеціальні хімічні речовини і сполуки, вибухи.

Усі пожежогасні речовини та гази мають два фактор дії на пожежу: перший фактор властивий всім речовинам – охолодження зони горіння; другий фактор – залежить від хімічного складу речовини та її агрегатного стану.

1. Гасіння водою. Це найбільш поширена і дешева рідина, що застосовують для гасіння малих і великих пожеж.

Вогнегасні властивості води полягають в її великій теплоємності. При нагріванні з 20°C до 100°C 1 л води поглинає до 80 ккал, а при випаровуванні 539 ккал. Воду не можна застосовувати для гасіння речовин, що вступають з нею в реакцію (Na, K), тому що при цьому виділяється водень і утворюється вибухова суміш. Вогнегасні властивості води: охолодження зони горіння, розбавлення вмісту кисню в зоні горіння за рахунок утворення пари.

2. Гасіння парою – застосовується на підприємства, які мають її надлишок. Ефективність залежить від концентрації пари. Вогнегасні властивості такі ж, як і води.

3. Гасіння пінами. Їх поділяють на хімічні і повітряно-механічні. Склад хімічної піни: 80% – вуглекислий газ, 19,7% – вода, 0,3% – ціноутворююча речовина; повітряно-механічна піна складається з 90% повітря, 9,6% води і 0,4% ціноутворюючої речовини.

Вогнегасні властивості: охолодження зони горіння та ізоляція речовини, що горить, від кисню повітря.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	лист
						55
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		

4. Гасіння вуглекислотою засноване на зміні складу повітря (внаслідок чого горіння стає неможливим) і дуже сильному зниженні температури в зоні горіння.

5. Гасіння спеціальними хімічними речовинами. До них належать: бромистий етил – застосування його обмежується, оскільки ця речовина в суміші з іншими, при певних умовах, може сама горіти. Вогнегасні властивості вуглекислотно-бромметилових сумішей: зниження температури в зоні горіння і хімічне гальмування горіння; тетрахлор (чотири хлористий вуглець) – ця рідина легко випаровується. Один літр тетрахлора утворює 250 л газу. Він швидко переходить у пару і витісняє кисень. Недолік – при 250°C він розкладається на воду і отруйний газ – фосген. Останнім часом знаходять розповсюдження галоїдовуглеводні суміші (галоїди – хлор, фтор, бром) – тетрафтордібромметан, бромистий метилен, трифторбромметан.

2) Вогнегасні речовини та засоби пожежогасіння

До вогнегасних речовин належать речовини, що мають фізико-хімічні властивості, які дозволяють створити умови для припинення горіння. Багато з них використовуються також для запобігання, обмеження розповсюдження пожежі, захисту людей та матеріальних цінностей. Використовуються такі види вогнегасних речовин: – вода; – вода з добавками, які підвищують її вогнегасну здатність; піна; – газові вогнегасні склади; вогнегасні порошки; комбіновані вогнегасні склади. Вибір вогнегасної речовини та способу її подавання визначається умовами виникнення та розвитку пожежі. Кожному способу припинення горіння відповідає конкретний вид вогнегасних засобів, які можна поділити на: – охолоджувальні (вода, водні розчини, снігоподібна вуглекислота та ін.); – розбавлювальні (діоксид вуглецю, водяна пара, інертні гази та ін.); – ізолювальні (хімічна та повітряно-механічна піна, пісок та ін.);

						XI.T.00.00.00 ПЗ	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата			56

– засоби хімічного гальмування горіння (вогнегасні порошки, брометил, хладон та ін.).

Існують такі основні способи припинення горіння:

1. Охолодження зони горіння або речовин, що горять, нижче певних температур.

2. Ізоляція вогнища горіння від повітря.

3. Зниження концентрації кисню в повітрі шляхом розбавлення негорючими газами.

4. Хімічне гальмування (інгібування) швидкості реакцій окиснення (горіння) у полум'ї.

5. Механічний зрив полум'я сильним струменем води, порошку чи газу.

6. Створення умов вогнеперешкоди, за яких полум'я поширюється через вузькі канали, переріз яких менше діаметра, що гасить.

					ХІ.Т.00.00.00 ПЗ	лист
						57
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		

Список використаних джерел

1. Соколов В. Н. Машины и аппараты химических производств. Примеры и задачи./ В. Н. Соколов. Ленинград, Машиностроение, 1982, 384 с.
2. Кузнецов А.А. Расчеты основных процессов и аппаратов переработки углеводородных газов: Справочное пособие / А.А. Кузнецов, Е.Н. Судаков— М.: Химия, 1983. — 224 с.
3. Клименко П.П. Получение этилена из нефти и газа./ П.П. Клименко. М., Гостехиздат, 1962. 263с.
4. Варгафтик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей./ Н.Б. Варгафтик. М., Физматгиз, 1963. 708 с.
5. Данилова Г.Н. Теплообменные аппараты холодильных установок./ Г.Н. Данилова. Л., Машиностроение, 1973. 328 с.
6. Лацинский А. А. Конструирование сварных химических аппаратов. А. А. Лацинский, Справочник. Ленинград, Машиностроение, 1981, 382 с
7. Павлов К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии: Учебное пособие для вузов / К.Ф.Павлов, П.Г.Романков, А.А.Носков. Под ред. П.Г.Романкова. — 9-е изд., перераб. и доп. — Л.: Химия, 1981. — 560 с., ил.
8. Доманский И. В. Машины и аппараты химических производств: примеры и задачи. Учебное пособие для студентов втузов, обучающихся по специальности «Машины и аппараты химических производств» / И.В.Доманский, В.П.Исаков, Г.М.островский и др.; Под общ. ред. В.Н.Соколова. — Л.: Машиностроение, 1982. — 384 с., ил.
9. 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.

					XI.T.00.00.00 ПЗ	лист
						58
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		

10. 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.

11. Фарамазов С.А. Ремонт и монтаж оборудования химических и нефтеперерабатывающих заводов. 2-е изд., перераб.-М. : Химия, 1980.-312 с.

12. Ермаков В.И.. Ремонт и монтаж химического оборудования. Л., "Химия", Ленинградское отд-е, 1981

13. Макаров Г.В., "Охорона праці в хімічній промисловості". М. : Хімія, 1977, - 568с.

					<i>XI.T.00.00.00 ПЗ</i>	<i>лист</i>
						59
<i>Змін.</i>	<i>лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>підпис</i>	<i>Дата</i>		