

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Кафедра "Процеси та обладнання хімічних
і нафтопереробних виробництв"

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри

підпис, дата

Кваліфікаційна робота бакалавра

зі спеціальності 133 "Галузеве машинобудування"
освітня програма "Комп'ютерний інжиніринг
обладнання хімічних виробництв"

Тема роботи: Компресорна установка для стиснення
коксового газу. Розробити охолоджувач першого ступеню

Виконав:
студент групи ХМз-53-7с

Нечитайло Віталій Станіславович

підпис

Залікова книжка

№ _____

Кваліфікаційна робота бакалавра
захищена на засіданні ЕК

з оцінкою _____

" ____ " _____ 20 ____ р.

Підпис голови
(заступника голови) комісії

Керівник:

канд. техн. наук, доцент

Юхименко Микола Петрович

підпис, дата

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
Кафедра процесів та обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв

Спеціальність 133 "Галузеве машинобудування"
Освітня програма "Комп'ютерний інжиніринг обладнання хімічних виробництв"

Курс 3 Група ХМз-53-7с Семестр 6

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Студент Нечитайло Віталій Станіславович

1 Тема проекту: Компресорна установка для стиснення коксового газу.
Розробити охолоджувач першого ступеню

2 Вихідні дані: Розробити охолоджувач першого ступеню у складі компресорної установки продуктивністю 25 нм³/хв., під тиском 16 атмосфер.

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

- | | |
|---|-------------------|
| <u>1. Технологічна схема установки</u> | <u>– 1,0 арк.</u> |
| <u>2. Складальний кресленик апарату</u> | <u>– 1,0 арк.</u> |
| <u>3. Кресленики вузлів та деталей</u> | <u>– 2,0 арк.</u> |

4 Рекомендована література: 1. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра / укладачі: Р. О. Острога, М. С. Скиданенко, Я. Е. Михайловський, А. В. Іванія. – Суми : СумДУ, 2019. – 32 с.; 2. Навчальний посібник з курсового проектування / А. І. Дубинін, Р. І. Гаврилів, І. О. Гузьова; за ред. А. І. Дубиніна. – Львів : Вид-во Львівської політехніки, 2012. – 360 с.

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

жовтень 2019 р.

Керівник

підпис

доц. Юхименко М.П.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 73 с., 5 рис., 4 табл., 3 додатки, 17 джерел.

Графічні матеріали: технологічна схема виробництва, складальне креслення теплообмінника, складальні креслення вузлів, креслення деталей, всього 5 аркушів формату А1.

Тема кваліфікаційної роботи бакалавра «Компресорна установка для стиснення коксового газу. Розробити охолоджувач першого ступеню.»

Наведені теоретичні основи та особливості процесу теплообміну й конструкції теплообмінного апарату, виконані розрахунки теплового балансу, технологічні й конструктивні розрахунки апарата, визначені його основні розміри. Проведеними розрахунками на міцність підтверджена механічна надійність й конструктивна довершеність спроектованого теплообмінника. Визначені порядок монтажу та порядок ремонту апарата. Проведено ознайомлення з законом України «Про охорону праці» Був виконаний процес прийняття проектного рішення апарату, працюючого в оптимальних умовах з високими техніко-економічними показниками.

Ключові слова: теплообмін, теплопередача, теплоносій, теплообмінник, компресор.

Зміст

Вступ.....	5
1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	7
1.1 Опис технологічної схеми установки	7
1.2 Теоретичні основи процесу.....	10
1.3 Опис об'єкта розроблення та вибір основних конструктивних матеріалів	18
2. ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ РОЗМІРІВ АПАРАТА	21
2.1 Технологічні розрахунки.....	21
2.2 Конструктивні розрахунки.....	34
2.3 Гідравлічний опір апарата.....	35
2.4 Вибір допоміжного обладнання	36
3. РОЗРАХУНКИ АПАРАТА НА МІЦНІСТЬ ТА ГЕРМЕТИЧНІСТЬ.....	41
3.1 Визначення товщини стінки апарата, кришки.	41
3.2 Розрахунок опори апарата.....	55
4.МОНТАЖ ТА РЕМОНТ АПАРАТА.....	58
4.1 Монтаж апарата.....	58
4.2 Ремонт апарата	60
5.ОХОРОНА ПРАЦІ	66
Література	72
ДОДАТКИ.....	74

					ПОХНВ Т 00.00.00 ПЗ										
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата	Теплообмінник Пояснювальна записка										
Разраб		Нечитайло									Литера	Лист	Листов		
Пров		Юхименко									к	р	б	4	73
Реценз.											СумДУ гр. ХМз-53-7с				
Н. Контр.															
Утв		Склабінський													

Вступ

Кожухотрубні теплообмінні апарати є найбільш вживаними практично в усіх галузях промисловості, що зумовлено тривалою історією розвитку і вдосконалення даного типу обладнання, простотою і надійністю конструктивних рішень, доступністю і технологічністю матеріалів, які застосовуються як при виготовленні так при ремонті, відпрацьованим проведенням монтажу і пуску в експлуатацію, легкістю в обслуговуванні і надійністю в роботі.

У кожухотрубних теплообмінних апаратах досягаються досить великі співвідношення поверхні теплообміну до обсягу і маси. Розміри поверхні теплообміну легко можна варіювати в широких межах, конструкція має достатню міцність і витримує нормальні навантаження під час складання, перевезення та монтажі теплообмінника, а також внутрішні і зовнішні напруги в звичайних умовах експлуатації.

Очищення кожухотрубних теплообмінних апаратів не викликає ускладнень, а його елементи, найбільш схильні до корозії, прокладки і труби легко можуть бути замінені.

Конструктивні особливості дозволяють застосовувати цей тип майже у всіх випадках, включаючи гранично низькі або високі температури і тиску, великі градієнти температур, при випаровуванні і конденсації, а також при використанні сильно забруднених і корозійно-активних теплоносіїв.

Через малу швидкість руху теплоносіїв одноходові теплообмінники працюють з низьким коефіцієнтом тепловіддачі. Щоб збільшити швидкість руху теплоносіїв, застосовують багатходові теплообмінники, в яких пучок труб за допомогою поперечних перегородок, встановлених у кришках, розділений на кілька секцій по яких теплоносій проходить послідовно.

З двох теплоносіїв, що рухаються в трубах і в між трубному просторі, треба в першу чергу того, в якого при теплообміні вищій термічний опір.

При проектуванні кожухотрубних теплообмінників носій, що найбільше забруднює поверхню теплообміну, спрямовують у труби які лгше очищати.

Незважаючи на те, що теплообмінні апарати розрізняють за принципом дії, будовою і призначенням, можна сформуванати ще й основні вимоги теплового, гідродинамічного, експлуатаційного і технічного характеру, які треба враховувати при виборі типу, розрахунку і конструктивній розробці теплообмінної апаратури.

Теплообмінні апарати усіх типів повинні працювати в оптимальних теплових режимах, які відповідають поєднанню заданої продуктивності та інших показників технологічного процесу з мінімальною витратою тепла.

					<i>ПОХНВ Т 00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		6

1. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Опис технологічної схеми установки

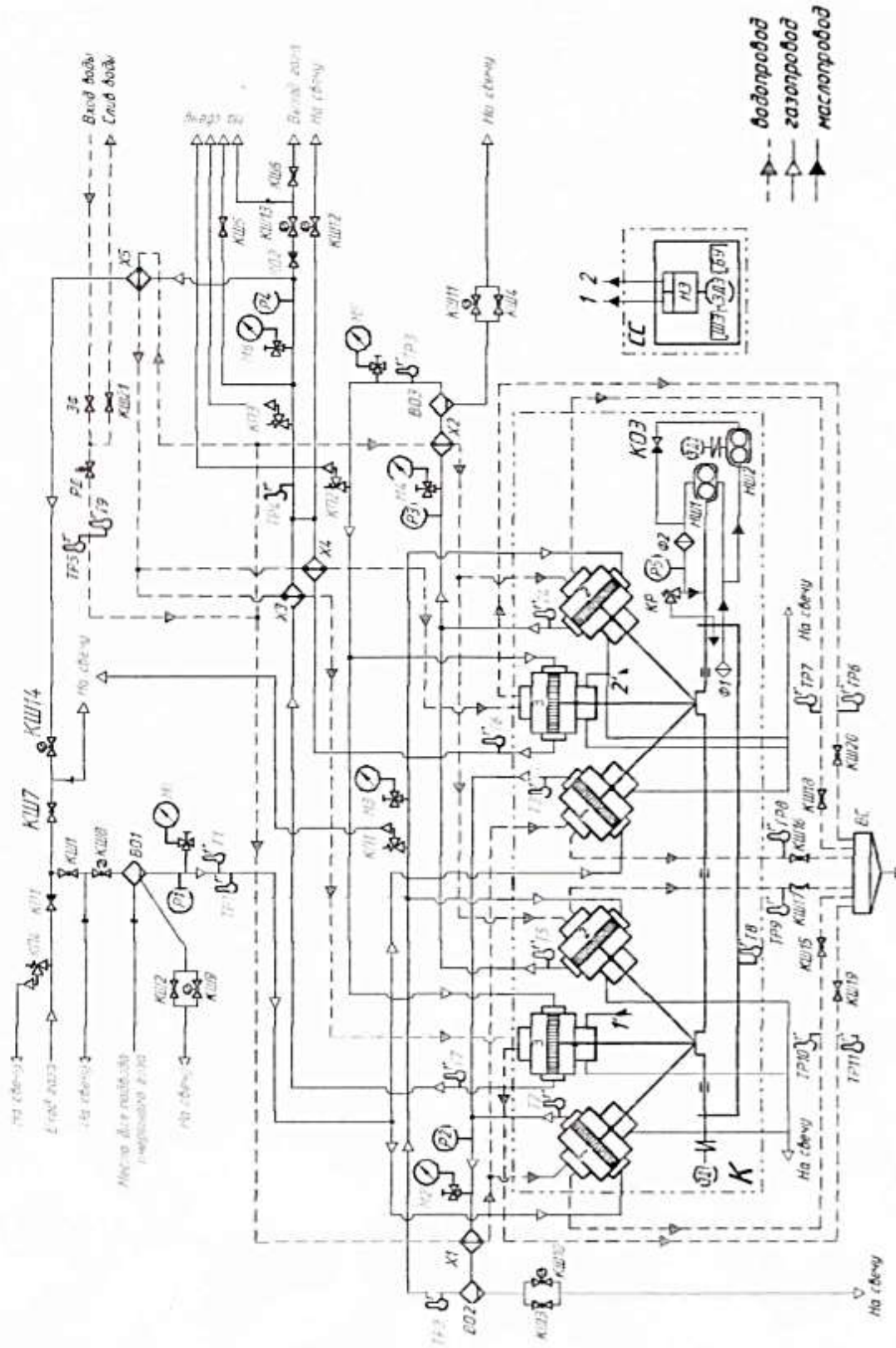


Рисунок 1.1 – Технологічна схема установки

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

Колінчастий вал установки, що приводиться в рух двигуном М1 через пружну муфту повідомляє зворотно-поступальний рух поршням I, II, III ступенів. При цьому поршні переміщуються в циліндрах з одного крайнього положення в інше. Під час руху поршня I ступеню вниз в циліндрі утворюється розрідження, внаслідок чого відкривається всмоктуючий клапан I ступені і газ через клапан надходить в циліндр I ступеня. Під час руху поршня вгору газ у циліндрі стискається до тиску нагнітання. і через нагнітальний клапан по трубопроводу надходить на охолодження в холодильник Х1 і в нижній частині якого відбувається відділення конденсату. Охолоджений в холодильнику газ надходить через всмоктуючий клапан II ступеню в циліндр II ступеня, де стискається до тиску нагнітання.

Стислий в циліндрі II ступеню газ надходить через нагнітальний клапан II ступеня по трубопроводу в холодильник Х2 в нижній частині якого відбувається відділення конденсату. Охолоджений в холодильнику газ надходить через всмоктуючий клапан III ступеню в циліндр III ступеня, де дотискати до тиску нагнітання. Стислий в циліндрі III ступеня газ надходить через нагнітальний клапан III ступеня по трубопроводу в колектор-охолоджувач Х3. Далі охолоджений і очищений газ через зворотний клапан КО2 надходить в технологічну лінію споживача.

На вході в I ступінь і після кожного ступеня стискання стоять запобіжні клапани КП1, КП2, КП3, КП4 для скидання стисненого газу при підвищенні тиску вище допустимого.

Змащування крейцкопфов I, II ступенів, поршневих пальців, корінних підшипників - розбризкуванням, шатунних шийок коленвала і тонкостінних вкладишів нижніх головок шатунів - циркуляційна під тиском. Циркуляційне підведення масла здійснюється системою змащешія.

Перед пуском компресора масло з картера компресора засмоктується через сітчастий фільтр Ф1 прокачує шестерні насоси НШ1 і нагнітається через клапан зворотній КО1 у фільтр тонкого очищення Ф2 .

З фільтра тонкого очищення очищене масло надходить по маслопроводу в порожнину колінчастого валу, звідки через свердління - на шатунних шийках. Фільтр тонкого очищення має редукційний клапан КРІ, який служить для регулювання робочого тиску, хат., Масла в системі мастила в межах 0,15...0,5 МПа (1,5...5 кгс/см²). Клапан налаштований на тиск 5 кгс/см². Після досягнення тиску в системі змащення 3 кгс/см² відбувається пуск компресора. Масло з картера компресора засмоктується через сітчастий фільтр Ф1 основним шестерні насоси НШ2 і нагнітається через клапан зворотний КО2 у фільтр тонкого очищення Ф2. З фільтра тонкого очищення очищене масло надходить по маслопроводу в порожнину колінчастого валу, звідки через свердління - на шатунних шийку. Після досягнення тиску в системі змащення 4 кгс/см² прокачує насос НШ1 зупиняється і подача масла здійснюється тільки основним насосом НШ2.

Обертання провідної шестерні насосу НШ1 здійснюється від електродвигуна М. Обертання провідної шестерні насосу НШ2 здійснюється безпосередньо від колінчастого вала через напівмуфту. До торця колінчастого валу підтискається пружиною бронзова втулка з штифтом, що утворює торця ущільнення і забезпечує герметичність масляного каналу на лінії нагнітання шестерного насоса.

Фільтр тонкого очищення являє собою блок з металокерамічних фільтроелементів. Очищення фільтра необхідно проводити відповідно до вказівок з технічного обслуговування. Несвоєчасне очищення фільтруючих елементів може призвести до підвищеного зносу тонкостінних вкладишів шатуна і наступної поломки компресора.

При регулюванні перепускного клапана 11 необхідно зняти шліцеві гайку, послабити контргайку ретюльовального гвинта і шляхом вгвинчування і вигвштчування викруткою цього гвинта встановити тиск масла в клапані 0,5 МПа (5 кгс/см²).

Система газових трубопроводів, що включає в себе всмоктуючі і нагнітальні трубопроводи, призначена для переміщення стисливого газу від всмоктуючого колектора до колектора споживача.

1.2 Теоретичні основи процесу

Нагрівання, охолодження, пастеризація та стерилізація належать до найпоширеніших процесів у різних галузях харчової промисловості. Залежно від температурних, гідродинамічних та інших умов ведення процесу застосовують різноманітні методи теплової обробки рідин. Для кожного конкретного процесу доводиться вибирати найбільш доцільний технологічно і економічно метод нагрівання чи охолодження та відповідні теплоносії.

Апарати, призначені для теплової обробки рідинних харчових продуктів, нагрівання та охолодження газів називають теплообмінниками. Теплообмінні апарати використовують як самостійні апарати, так і в якості складових частин різноманітного обладнання (випарних установок, ректифікаційних колон і т. п.). Вони мають різне призначення, звідки йдуть їх технологічні назви - холодильники, конденсатори, дефлегматори і т. д. За способом передавання теплоти усі теплообмінники поділяють на дві великі групи: поверхневі і змішувальні. В поверхневих теплообмінниках обидва теплоносії відокремлені один від одного твердою стінкою або по черзі контактують з однією і тією самою стінкою, яка бере участь у процесі теплообміну й утворює так звану поверхню теплообміну. Залежно від призначення теплообмінного апарата цю поверхню також часто називають поверхнею нагріву або охолодження. У змішувальних теплообмінниках, або апаратах змішування, теплообмін здійснюється внаслідок безпосереднього контакту і змішування гарячого й холодного теплоносіїв.

Поверхневі теплообмінники, у свою чергу, поділяють на рекуперативні і регенеративні. В рекуперативних апаратах один бік поверхні теплообміну весь час омиває гарячий теплоносій, а ЦРУгий - холодний. Теплота від одного теплоносія до другого передається крізь стінку з теплопровідного матеріалу, що

										<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	<i>ПОХНВ Т 00.00.00 ПЗ</i>					10

їх розділяє. Напрямок теплового потоку в стінці лишається незмінним. У регенеративних апаратах одна й та сама поверхня теплообміну поперемінно омивається то одним, то другим теплоносієм. У період нагрівання, тобто під час контакту з гарячим теплоносієм, у твердих тілах (насадці), що заповнюють апарат, акумулюється теплота, яка в період охолодження віддається рухомому холоцному теплоносію. Напрямок потоку теплоти в стінках періодично змінюється.

У харчовій промисловості для нагрівання й охолодження використовують переважно рекуперативні теплообмінники.

Теплообмінники класифікують так:

1) за видом теплоносіїв залежно від агрегатного стану їх: паро-рідинні, рідинно-рідинні, газорідинні, газо-газові, парогазові;

2) за конфігурацією поверхні теплообміну - трубчасті апарати з прямими трубками, трубчасті апарати з U-подібним трубним пучком, спіральні, пластинчасті, змійовикові, ребристі;

3) за компонуванням поверхні нагріву - кожухотрубні, типу «труба в трубі», зрошувальні, заглибні, оболонкові.

Крім зазначених основних класифікаційних ознак теплообмінних апаратів, останні можна також класифікувати за рядом додаткових ознак. Усі теплообмінні апарати поверхневого типу можна класифікувати залежно від напрямку потоків теплоносіїв:

1) прямоточні, коли обидва теплоносії рухаються паралельно в одному напрямку;

2) протиточні, коли обидва теплоносії рухаються в протилежних напрямках назустріч один одному;

3) з перехресною течією - теплоносії рухаються взаємно перпендикулярно;

4) із складнішими схемами різного поєднання прямотечії, протитечії і перехресної течії.

Теплообмінні апарати можна також класифікувати за призначенням (підігрівники, охолодники тощо), за кількістю ходів теплоносія і т. В харчовій

промисловості найпоширеніші кожухотрубні теплообмінники. Вони дають можливість створювати великі поверхні теплообміну в одному апараті, прості у виготовленні й надійні в експлуатації.

Конструктивно кожухотрубні теплообмінники виготовляються наступних типів: Н - з нерухомими трубними решітками; К - з температурним компенсатором на корпусі; П - з плаваючою головкою (однією рухомою трубною решіткою); У - з U-подібними теплообмінними трубами.

Кожухотрубний одноходовий теплообмінник складається з обичайки, приварених до неї трубних решіток, пучка труб, кінці яких закріплені в трубних решітках розвальцюванням або зварюванням. До трубчатки встановлюються кришки. Один з теплоносіїв рухається всередині труб, а другий - у просторі між кожухом і трубами (в міжтрубному просторі), оминаючи останні по зовнішній поверхні. Труби в трубних решітках розміщують переважно по периметру правильного шестикутника, іноді по периметрах квадратів або по концентричних колах.

Через малу швидкість руху теплоносіїв одноходові теплообмінники характеризуються низькими коефіцієнтами тепловіддачі. Щоб збільшити швидкість руху теплоносія в трубах, застосовують багатоходові теплообмінники, в яких пучок труб за допомогою поперечних перегородок, встановлених у кришках, розділений на кілька секцій (ходів), по яких один із теплоносіїв проходить послідовно. Швидкість руху теплоносія в міжтрубному просторі підвищують, шляхом встановлення ряду сегментних перегородок. З двох теплоносіїв, що рухаються в трубах і в міжтрубному просторі, треба збільшувати швидкість руху в першу чергу того, в якого при теплообміні вищий термічний опір. При проектуванні кожухотрубних теплообмінників теплоносій, що найбільше забруднює поверхню теплообміну, спрямовують у труби (трубний простір), який легше очищати.

Згідно [1] при проектуванні теплообмінних апаратів тепловий розрахунок зводиться до визначення потрібної поверхні теплообміну за основним рівнянням теплопередачі:

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ПОХНВ Т 00.00.00 ПЗ

Лист

12

$$F = \frac{Q}{k \cdot \Delta t_{cp}} \quad (1.1)$$

де Q- Теплове навантаження теплообмінника. Вт:

k - коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²°К);

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

Теплове навантаження теплообмінника визначають з рівняння теплових балансів. Якщо знехтувати втратами тепла в навколишнє середовище, які звичайно не перевищують 5%, то рівняння теплового балансу матиме вигляд

$$Q = Q_1 = Q_2 \quad (1.2)$$

Де Q₁ - кількість тепла, яке віддав гарячий теплоносії Вт;

Q₂ - кількість тепла, яке передане холодному теплоносію, Вт.

Під час теплообміну між теплоносіями зменшується ентальпія (тепловміст) гарячого теплоносія і збільшується ентальпія холодного теплоносія.

Рівняння теплового балансу (1.2) в розгорнутому виді має вигляд

$$Q = G_1 (i_{1n} - i_{1k}) = G_2 (i_{2k} - i_{2n}) \quad (1.3)$$

де G₁ - витрата гарячого теплоносія, кг/с;

G₂ - витрата холодного теплоносія, кг/с;

i_{1n} , i_{1k} - , початкова та кінцева ентальпії гарячого теплоносія. Дж/кг:

i_{2k} , i_{2n} - початкова та кінцева ентальпії холодного теплоносія, Дж/кг.

Якщо під час теплообміну не змінюється агрегатний стан теплоносіїв, ентальпії останніх дорівнюють добутку теплоємності на температуру.

Тоді рівняння теплового балансу (1.3) матиме вигляд

$$Q = G_{гр} \cdot (t_{1n} - t_{1k}) = G_2 \cdot c_2 \cdot (t_{2n} - t_{2k}), \quad (1.4)$$

де c_1, c_2 - середні питомі теплоємності гарячого та холодного теплоносіїв, Дж/кг К;

t_{1n}, t_{1k} - температури гарячого теплоносія на вході в апарат і на виході з нього, $^{\circ}\text{C}$;

t_{2n}, t_{2k} - температури холодного теплоносія на виході з апарата та на вході в нього, $^{\circ}\text{C}$.

З рівняння (1.4) можна знайти витрати гарячого або холодного теплоносіїв при відомих значеннях інших параметрів. У разі використання в якості гарячого теплоносія насиченої водяної пари величин i_{1n} , та i_{1k} в рівнянні (1.3) будуть відповідно ентальпіями пари, що надходить, і конденсату, що виходить з теплообмінника. Тоді рівняння теплового балансу, припускаючи, що віддача тепла при охолодженні пари до температури конденсації та при охолодженні конденсату незначна, можна записати у вигляді

$$Q = G_1 \cdot c_1 \cdot (i_{1n} - i_{1k}) = G_2 \cdot c_2 \cdot (t_{2k} - t_{2n}) \quad (1.5)$$

де $G_{гр}$ - витрата гріючої пари, кг/с.

Припускаючи, що віддача тепла при охолодженні пари до температури конденсації та при охолодженні конденсату незначна, рівняння теплового балансу (1.5) можна записати у вигляді

$$Q = G_{гр} \cdot r = G_2 c_2 (t_{2k} - t_{2n}) \quad (1.6)$$

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

де γ - питома теплота конденсації, Дж/кг.

По рівнянням (1.5) та (1.6) визначають витрати водяного пару. Якщо гріюча пара є вологою, то теплоту конденсації помножуємо на ступінь сухості водяного пару. Якщо маємо теплові втрати в навколишнє середовище, то величину теплового навантаження треба помножити на коефіцієнт, який враховує теплові втрати.

Ентальпію та питому теплоту конденсації гріючої пари визначають по довідковим таблицям [2].

Коефіцієнт теплопередачі для плоскої теплообмінної поверхні визначаємо по формулі

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\alpha} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (1.7)$$

де α_1 , α_2 - коефіцієнти тепловіддачі відповідно для гарячого та холодного теплоносія, Вт/(м²*К);

δ - товщина теплообмінної стінки, м;

α - коефіцієнт теплопровідності матеріалу стінки, Вт/(м*К).

Коефіцієнти тепловіддачі визначають із критерію Нуссельта, а останній знаходять за різними критеріальними рівняннями у залежності від конкретних умов теплообміну. У випадку розвиненого турбулентного руху рідин в трубах і каналах ($Re > 10^3$) розрахункове критеріальне рівняння для визначення критерію Нуссельта має вигляд

$$Nu = 0,021 Re^{0,8} Pr^{0,43} (Pr/Pr_{cr})^{0,25} \quad (1.8)$$

Для критеріїв Nu , Re і Pr за визначальну температуру береться середня температура рідини, а для критерію $Pr_{ст}$ - температура стінки. За лінійні розміри в критеріях Nu і Re береться внутрішній діаметр труби або еквівалентний діаметр каналу.

При ламінарному русі ($Re < 2300$) рекомендується наступне розрахункове рівняння

$$Nu = 0,15 \cdot Re^{0,33} \cdot Pr^{0,43} \cdot Gr^{0,1} \cdot (Pr/Pr_{ст})^{0,25} \quad (1.9)$$

Наведені вище формули можна застосовувати для труб при значенні відношення довжини труби до її діаметру $(l/d) > 50$. Для повітряного теплоносія формули (1.8) та (1.9) спрощуються і набувають вигляду:

$$Nu = 0,018 \cdot Re^{0,8} \quad (1.10)$$

$$Nu = 0,013 \cdot Re^{0,33} \cdot Gr^{0,1} \quad (1.11)$$

Для випадку руху теплоносія в міжтрубному просторі кожухотрубних теплообмінників

$$Nu = C \cdot (d_e \cdot Re)^{0,6} \cdot Pr^{0,33} \quad (1.12)$$

де $C = 1,16$, якщо немає сегментних перегородок у міжтрубному просторі;

$C = 1,72$, якщо є сегментні перегородки;

d_e - еквівалентний діаметр міжтрубного простору, м.

Останній дорівнює

$$d_e = \frac{4f}{\Pi} = \frac{D^2 - znd^2}{D + znd} \quad (1.13)$$

де f - площинна поперечного перерізу потоку, M^2 ;

Π - периметр перерізу потоку, м;

D - внутрішній діаметр кожуху, м;

d - зовнішній діаметр труби, м;

z - кількість ходів по трубному простору;

n - кількість труб в одному ході.

При поперечному обтіканні пучка труб (кут атаки 90°) критеріальні рівняння матимуть такий вигляд:

при шаховому розташуванні труб

$$Nu = 0,41 \cdot Re^{0,6} \cdot Pr^{0,33} \cdot (Pr/Pr_{ст})^{0,25} \quad (1.14)$$

при коридорному розташуванні труб

$$Nu = 0,023 \cdot Re^{0,65} \cdot Pr^{0,33} \cdot (Pr/Pr_{ст})^{0,25} \quad (1.15)$$

У цих формулах за визначальний розмір узятो діаметр труби, а за визначальну швидкість - швидкість у найвужчому перерізі ряду труб.

У випадку руху теплоносія в кільцевому каналі теплообмінника «труба в трубі» критеріальне рівняння матиме вигляд

$$Nu = 0,023 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,4} \cdot (D_B/d_3)^{0,45} \quad (1.16)$$

де D_B - внутрішній діаметр зовнішньої труби, м;

d_3 - зовнішній діаметр внутрішньої труби, м.

У формулі (1.13) визначальним розміром є еквівалентний діаметр міжтрубного простору, а в рівнянні (1.16) - зовнішній діаметр внутрішньої труби.

У випадку руху теплоносія у пластинчастому теплообміннику критеріальне рівняння матиме вигляд

$$Nu = 0,1 \cdot Re^{0,65} \cdot Pr^{0,43} \cdot (Pr/Pr_{ст})^{0,25} \quad (1.17)$$

Критеріальні рівняння для визначення коефіцієнтів тепловіддачі при інших умовах теплообміну наведені в спеціальній літературі [3].

Середню різницю температур у випадку прямотечії і протитечії визначають як середньологарифмічну різницю

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_6 - \Delta t_m}{\ln \frac{\Delta t_6}{\Delta t_m}} \quad (1.18)$$

Де Δt_6 , Δt_m – більша та менша різниці температур між теплоносіями на кінцях теплообмінника, °С .

Якщо $(\Delta t_6/\Delta t_m) < 2$, то середньо логарифмічну різницю можна замінити без помітної похибки середньоарифметичною різницею.

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_6 + \Delta t_m}{2} \quad (1.19)$$

1.3 Опис об'єкта розроблення та вибір основних конструктивних матеріалів

Кожухотрубчасті теплообмінні апарати можуть використовуватися в якості теплообмінників, холодильників, конденсаторів і випарників.

В нашому випадку по процесу теплообмінник являє собою - холодильник.

Холодильники - для охолодження рідких і газоподібних середовищ. Відповідно до ГОСТ 15120-79 та ГОСТ 15122-79 кожухотрубчасті холодильники можуть бути двох типів:

- Н - з нерухомими трубними ґратами

- **К** - з лінзовим компенсатором неоднакових температурних подовжень кожуха і труб.

Найбільша що допускається різниця температур кожуха і труб для апаратів типу Н може становити 20-60°, залежно від матеріалу кожуха і труб, тиску в кожусі і діаметра апарата.

Теплообмінники та холодильники можуть встановлюватися горизонтально або вертикально, бути одно-, дво-, чотирьох-і шестиходовими по трубному простору.

Труби і кожух та інші елементи конструкції можуть бути виготовлені з вуглецевої сталі або нержавіючої сталі, а труби холодильників - також і з латуні. Розподільні камери та кришки холодильників виконують з вуглецевої сталі.

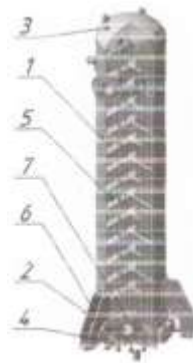


Рисунок 1.2 - Ескіз апарата:

1 - корпус; 2 - трубна решітка; 3 - кришка; 4 - еліптичне днище; 5- трубний пучок; б - опори-лапи; 7 - технологічні штуцера.

За рекомендацією [4] для коксового газу вибираємо корозійну сталь 12Х18Н10Т

ГОСТ 5632-72.

Проникненість $\Pi = 0,10$ мм/год. При роботі - точкова корозія.

Сталь 12Х18Н10Т = корозійностійка сталь аустенітного класу.

Модуль пружності $E = 1,98 \cdot 10^5$ МПа.

Таблиця 1.1. Хімічний склад, % (ГОСТ 5632-72).

С	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	S	P	Cu
---	----	----	----	----	----	---	---	----

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ПОХНВ Т 00.00.00 ПЗ

Лист

19

Не более						Не более		
0,12	0,8	2,0	17,0 ÷ 19,0	9,0 ÷ 11,0	0,9 ÷ 1,1	0,02	0,035	0,30

Механічні властивості при $t = 20^{\circ}\text{C}$.

Границя текучості $\sigma_{\text{и}} = 225 \div 315$ МПа.

Тимчасова границя міцності $\sigma_{\text{в}} = 550 \div 650$ МПа.

Відносне поводження $\delta = 46 \div 74$ %.

Відносна зміна поперечного перерізу $\psi = 66 \div 80$ %.

Ударна в'язкість $KCV = 215 \div 372$ Дж/см².

Технологічні властивості

Температура кування: початку - 1200°C , кінця - 850°C . Зварюваність - зварюється без обмежень. Способи зварювання: РДЗ, ЕШЗ, КТЗ з послідуною термообробкою.

Фізичні властивості

Модуль пружності $E = 1,98 \cdot 10^5$ МПа.

Густина $\rho = 7900$ кг/м³.

Теплопровідність $\lambda = 15$ Вт/(м · °С).

Лінійне розширення $\alpha = 16,6 \cdot 10^{-6}$ 1/°С.

Теплоємність $C = 462$ Дж/(кг · К).

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

2. ТЕХНОЛОГІЧНІ РОЗРАХУНКИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ РОЗМІРІВ АПАРАТА

2.1 Технологічні розрахунки

Тепловий розрахунок кожухотрубного теплообмінника згідно методики що викладена у [1, с. 10-14], [5, с. 43-59].

Визначаємо середню різницю температур теплоносія і продукту:

а) більша різниця температур

$$\Delta t_B = t_{II} - t_1 = 116 - 38 = 78^\circ\text{C} \quad (2.1)$$

б) менша різниця температур

$$\Delta t_M = t_{II} - t_2 = 38 - 20 = 18^\circ\text{C} \quad (2.2)$$

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_B - \Delta t_M}{\ln \frac{\Delta t_B}{\Delta t_M}} = \frac{78 - 18}{\ln \frac{78}{18}} = 41^\circ\text{C} \quad (2.3)$$

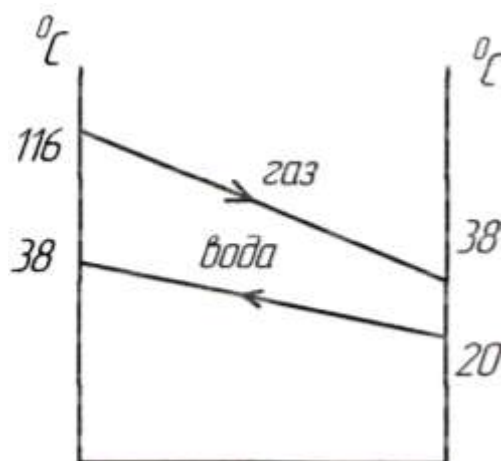


Рисунок 2.1 - Температурна схема процесу охолодження

Визначаємо середню температуру продукту:

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

$$t_{cp} = t_{\Pi} - \Delta t_{cp} = 116 - 41 = 75^{\circ}\text{C} \quad (2.4)$$

Різниця температур теплоносія та стінки:

$$\Delta t_1 = \left(\frac{R_1}{R}\right) \cdot \Delta t_{cp} = 0,6 \cdot 41 = 24^{\circ}\text{C} \quad (2.5)$$

де $\frac{R_1}{R} = \frac{k}{\alpha_1}$ - відношення термічного опору з боку теплоносія до загального
= 0,6

термічного опору.

Різниця температур стінки та продукту:

$$\Delta t_2 = \left(1 - \frac{R_1}{R} - \frac{R_{CT}}{R}\right) \cdot \Delta t_{cp} = (1 - 0,6 - 0,06) \cdot 41 = 14^{\circ}\text{C} \quad (2.6)$$

де $\frac{R_{CT}}{R}$ - відношення термічною опору стінок (матеріалу труб та
забруднень) до
= 0,6

загального термічного опору.

Визначаємо температуру стінки з боку теплоносія:

$$\Delta t_{CT1} = t_{\Pi} - \Delta t_1 = 116 - 24 = 92^{\circ}\text{C} \quad (2.7)$$

Температура стінки з боку продукту:

$$\Delta t_{CT2} = t_{cp\Pi} - \Delta t_2 = 75 + 14 = 89^{\circ}\text{C} \quad (2.8)$$

Визначаємо середню температуру коксового газу

$$\Delta t_{cp} = \frac{t_{поч.г} + t_{к.г}}{2} = \frac{116 + 38}{2} = 77^{\circ}\text{C} \quad (2.9)$$

Визначимо густину коксового газу, до складу коксового газу входять такі компоненти: H_2 - 60%; O_2 - 0,6%; CH_4 - 24%; C_mH_n - 4,2%; CO - 6,1%; CO_2 - 2,9%; N_2 - 2,2%.

$$\rho_{г} = \rho_0 \frac{T_0 P_{абс}}{T \cdot P_0} \quad (2.10)$$

де $\rho_{г}$ - густина газової суміші при нормальних умовах;

ρ_0 - густина газу при нормальних умовах.

$$\rho_0 = \frac{M}{22,4} \quad (2.11)$$

тоді,

$$\rho_{\text{H}_2} = \frac{2}{22,4} = 0,089 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\rho_{\text{O}_2} = \frac{32}{22,4} = 1,428 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\rho_{\text{CH}_4} = \frac{16}{22,4} = 0,714 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\rho_{\text{C}_m\text{H}_n} = \frac{28}{22,4} = 1,25 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

$$\rho_{\text{CO}} = \frac{28}{22,4} = 1,25 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

$$\rho_{CO_2} = \frac{44}{22,4} = 1,964 \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}$$

$$\rho_{N_2} = \frac{2}{22,4} = 1,25 \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}$$

З формули визначаємо густину газової суміші в робочих умовах

$$\rho_{H_2} = 0,089 \cdot \frac{273 \cdot 15,2}{(77 + 273) \cdot 1} = 1,055 \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}$$

$$\rho_{O_2} = 1,428 \cdot \frac{273 \cdot 15,2}{(77 + 273) \cdot 1} = 16,9 \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}$$

$$\rho_{CH_4} = 0,714 \cdot \frac{273 \cdot 15,2}{(77 + 273) \cdot 1} = 8,46 \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}$$

$$\rho_{C_mH_n} = 1,25 \cdot \frac{273 \cdot 15,2}{(77 + 273) \cdot 1} = 14,82 \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}$$

$$\rho_{CO} = 1,25 \cdot \frac{273 \cdot 15,2}{(77 + 273) \cdot 1} = 14,82 \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}$$

$$\rho_{CO_2} = 1,964 \cdot \frac{273 \cdot 15,2}{(77 + 273) \cdot 1} = 23,28 \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}$$

$$\rho_{N_2} = 1,25 \cdot \frac{273 \cdot 15,2}{(77 + 273) \cdot 1} = 23,28 \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}$$

Густина газової суміші при робочих умовах

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ПОХНВ Т 00.00.00 ПЗ

Лист

24

$$\rho_{\text{см}} = y_{\text{H}_2} \cdot \rho_{\text{H}_2} + y_{\text{O}_2} \cdot \rho_{\text{O}_2} + y_{\text{CH}_4} \cdot \rho_{\text{CH}_4} +$$

$$+ y_{\text{C}_m\text{H}_n} \cdot \rho_{\text{C}_m\text{H}_n} + y_{\text{CO}} \cdot \rho_{\text{CO}} + y_{\text{CO}_2} \cdot \rho_{\text{CO}_2} + y_{\text{N}_2} \cdot \rho_{\text{N}_2}$$
(2.12)

де y – об'ємні долі компонентів суміші

ρ - густина компонентів.

$$\rho_{\text{см}} = 0,6 \cdot 1,055 + 0,06 \cdot 16,9 + 0,24 \cdot 8,46 + 0,042 \cdot 14,82 + 0,061 \cdot 14,82 +$$

$$+ 0,029 \cdot 23,28 + 0,022 \cdot 23,28 = 6,386 \frac{\text{КГ}}{\text{М}^3}$$

Об'ємна витрата газу при робочих умовах

$$V_{\Gamma}^p = V_0 \cdot \frac{T \cdot P_0}{T_0 \cdot P_{\text{абс}}}$$
(2.13)

де T - середня температура коксового газу, $T = 77 \text{ }^\circ\text{C}$;

V_0 – об'ємна витрата газу, $V_0 = 25 \frac{\text{М}^3}{\text{ХВ}}$;

P_0 = тиск, при нормальних умовах, $P_0 = 1 \text{ атм}$;

T_0 - температура при нормальних умовах $T_0 = 273\text{К}$;

$P_{\text{абс}}$ - абсолютний тиск, $P_{\text{абс}} = 15,2 \text{ атм}$.

$$V_{\Gamma}^p = 25 \cdot \frac{77 \cdot 1}{273 \cdot 15,2 \cdot 60} = 0,008 \frac{\text{М}^3}{\text{с}}$$

Масова витрата компонентів коксового газу

$$G_i = V_i \cdot y_i \cdot \rho_i$$
(2.14)

$$G_{H_2} = 0,008 \cdot 0,6 \cdot 1,055 = 0,005 \frac{\text{КГ}}{\text{с}}$$

$$G_{O_2} = 0,008 \cdot 0,06 \cdot 16,9 = 0,008 \frac{\text{КГ}}{\text{с}}$$

$$G_{CH_2} = 0,008 \cdot 0,24 \cdot 8,46 = 0,016 \frac{\text{КГ}}{\text{с}}$$

$$G_{C_mH_n} = 0,008 \cdot 0,042 \cdot 14,82 = 0,005 \frac{\text{КГ}}{\text{с}}$$

$$G_{CO} = 0,008 \cdot 0,061 \cdot 14,82 = 0,007 \frac{\text{КГ}}{\text{с}}$$

$$G_{CO_2} = 0,008 \cdot 0,029 \cdot 23,28 = 0,054 \frac{\text{КГ}}{\text{с}}$$

$$G_{N_2} = 0,008 \cdot 0,022 \cdot 23,28 = 0,004 \frac{\text{КГ}}{\text{с}}$$

Масова витрата коксового газу

$$G_r = V_r \cdot \rho_r \quad (2.15)$$

$$G_r = 0,008 \cdot 6,386 = 0,05 \frac{\text{КГ}}{\text{с}}$$

Попередній розрахунок поверхні теплообміну:

$$Q = \sum G_i c_i \cdot (t_H - t_K) \quad (2.16)$$

$$c = F \cdot \left(\frac{T}{100}\right) + G \left(\frac{T}{100}\right)^2 + H \left(\frac{T}{100}\right)^3 + N \left(\frac{T}{100}\right) \quad (2.17)$$

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

Де, F,G,H,N - коефіцієнти [5].

Таблиця 2.1. Коефіцієнти теплоємності і теплоємність компонентів

	H ₂	O ₂	CH ₄	C _m H _n	CO	CO ₂	N ₂
$F, \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	3,29	0,22	0,58	0,57	0,22	0,26	0,22
$G, \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	0,294	0,016	0,015	0,029	0,016	0,019	0,016
$H, \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	0,0094	0,00045	-3E-05	0,0006	0,0005	0,0005	0,0005
$N, \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	20	1,2	1,86	0,154	1,5	0,7	1,5
$c, \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$	28,391	1,720	2,85	0,66	2,105	1,112	2,105

$$Q = [0.005 \cdot 28.391 + 0.008 \cdot 1.72 + 0.016 \cdot 2.85 + 0.005 \cdot 0.66 + + 0.007 \cdot 2,105 + 0,0054 \cdot 1,112 + 0,004 \cdot 2,105] \cdot (116 - 38) = 18\text{кВт}$$

Масова витрата по рідині

$$G_B = \frac{Q}{c_B \cdot (t_B^k - t_B^n)} \quad (2.18)$$

де, c_B - теплоємність води при t = 29°C, c_B = 4180 $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$;

t_B^k, t_Bⁿ - кінцева та початкова температура води, відповідно.

$$G_B = \frac{18000}{4180 \cdot (38 - 20)} = 0.24 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

Об'ємні витрати рідини

$$V_B = \frac{G_B}{\rho_B} \quad (2.19)$$

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата
------	------	---------	---------	------

де ρ_B - густина води при $t = 34^\circ\text{C}$, $\rho_B = 996 \text{ кг/м}^3$.

$$V_B = \frac{0,24}{996} = 0,00024 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} \quad (2.20)$$

Визначаємо поверхню поверхні теплообміну

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{18 \cdot 10^3}{25 \cdot 41} = 17,6 \text{ м}^2 \quad (2.21)$$

де, K - коефіцієнт теплопередачі [5].

Проводимо попередній вибір теплообмінника ГОСТ 14245-79: діаметр кожуха.

$D = 400$ мм; розміщення труб у вершинах квадрата, середня довжина труб $l = 3$ м; сумарна площа теплообміну $S = 26 \text{ м}^2$; діаметр труб $d = 16 \times 1,5$ мм.

Перевірочний розрахунок апарату

Знайдемо число Рейнольда газу

$$Re = \frac{\omega_{cm} \cdot d_{ek} \cdot \rho_{cm}}{\mu_{cm}} \quad (2.22)$$

де ω_{cm} - швидкість руху газу.

$$\omega_{cm} = \frac{G_{cm}}{\rho_{cm} \cdot f} \quad (2.23)$$

$$\omega_{cm} = \frac{0,05}{6,368 \cdot 0,5} = 0,61 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

μ_{cm} - динамічна в'язкість газу.

$$\mu_{\text{см}} = \frac{M_{\text{см}}}{\sum y_i \frac{M_i}{\mu_i}} \quad (2.24)$$

де μ_i - динамічна в'язкість компонентів газу при робочих умовах.

Таблиця 2.2 Динамічна в'язкість компонентів газу при робочих умовах

	H ₂	O ₂	CH ₄	C _m H _n	CO	CO ₂	N ₂
$\mu_{\text{г}}, \text{мПа} \cdot \text{с}$	0,009	0,023	0,012	0,01	0,02	0,016	0,019

$$\mu_{\text{см}} = \frac{178}{0,6 \cdot \frac{2}{0,009} + 0,061 \cdot \frac{32}{0,023} + 0,24 \cdot \frac{16}{0,012} + 0,042 \cdot \frac{28}{0,01} + \frac{178}{+0,061 \cdot \frac{28}{0,02} + 0,029 \cdot \frac{44}{0,016} + 0,022 \cdot \frac{28}{0,019}}} = 0,23 \text{ мПа} \cdot \text{с}$$

$d_{\text{екв}}$ - еквівалентний діаметр

$$d_{\text{ек}} = \frac{D_{\text{в}}^3 - d_{\text{н}}^2 \cdot n_m z}{D_{\text{в}} + d_{\text{н}} \cdot n_m \cdot z} \quad (2.25)$$

де n - кількість труб

$$d_{\text{ек}} = \frac{G_{\text{в}}}{D_{\text{в}} + d_{\text{н}} \cdot n_m \cdot z} \quad (2.26)$$

Де $\omega_{\text{в}}$ - швидкість руху води, $\omega_{\text{в}} = 0,1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ [3].

$$n_m = \frac{0,24}{996 \cdot 0,1 \cdot 0,785 \cdot 0,016^2} = 15,3 \text{ шт} \quad (2.27)$$

Приймаємо $n_m = 16$ шт.

z - кількість ходів, $z = 4$

$$d_{\text{ек}} = \frac{0,4^2 - 0,02^2 \cdot 16 \cdot 4}{0,4 + 0,02 \cdot 16 \cdot 4} = 0,37\text{м}$$

$$d_{\text{ек}} = \frac{0,61 - 0,37 \cdot 6,386}{0,23 \cdot 10^{-3}} = 6627$$

Коефіцієнт теплопровідності

$$\lambda = B \cdot c_v \cdot \mu_{\text{см}} \quad (2.28)$$

де B - модуль Максвелла, B = 1,3 [5];

c_v - питома теплоємність суміші

$$c_v = \frac{c_p}{k} \quad (2.29)$$

де k – показники адіабати, k = 1,3 [3];

$$c_p = \sum \bar{y}_i c_i \quad (2.30)$$

\bar{y}_i – масова частка компонента.

$$\bar{y}_i = y_i \frac{\rho_i}{\rho_{\text{см}}} \quad (2.31)$$

$$\bar{y}_i = 0,6 \frac{1,055}{6,386} = 0,15$$

Таблиця 2.3. Масові та об'ємні долі компонентів

	H ₂	O ₂	CH ₄	C _m H _n	CO	CO ₂	N ₂
y_i	0,6	0,006	0,24	0,042	0,061	0,029	0,022
\bar{y}_i	0,15	0,033	0,38	0,11	0,14	0,1	0,087

$$c_p = 28,391 \cdot 0,15 + 1,72 \cdot 0,033 + 2,85 \cdot 0,38 + 0,66 \cdot 0,11 + 2,105 \cdot 0,14 + 1,112 \cdot 0,1 + 2,105 \cdot 0,087 = 6,06 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

$$c_v = \frac{6,06}{1,13} = 5,36 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$$

$$\lambda = 1,3 \cdot 5,36 \cdot 10^3 \cdot 0,23 \cdot 10^{-6} = 0,016 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$$

Критерій Прандтля

$$Pr_{\text{см}} = \frac{c_{\text{см}} \mu_{\text{см}}}{\lambda_{\text{см}}} \quad (2.34)$$

$$Pr_{\text{см}} = \frac{6,06 \cdot 10^3 \cdot 0,23 \cdot 10^{-6}}{0,016} = 0,87$$

Критерій Нусельта [3]

$$Nu = 0,22 \cdot Re^{0,65} \cdot Pr^{0,36} \cdot \left(\frac{Pr}{Pr_{\text{СТ}}} \right)^{0,25} \quad (2.35)$$

де $\frac{Pr}{Pr_{\text{СТ}}} = 1$ для газів

$$Nu = 0,22 \cdot 6627^{0,65} \cdot 0,87^{0,36} \cdot 1^{0,25} = 84$$

Коефіцієнт тепловіддачі

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

$$\alpha = \frac{Nu \cdot \lambda}{d} \quad (2.36)$$

$$\alpha_{CM} = \frac{84 \cdot 0,016}{0,02} = 77 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$$

Знайдемо число Рейнольда для води

$$Re = \frac{\omega_B \cdot d_B \cdot \rho_B}{\mu_B} \quad (2.37)$$

де ρ_B - густина води, $\rho_B = 996 \text{ кг/м}^3$;

μ_B - динамічний коефіцієнт в'язкості води, $\mu_B = 804 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}$ [2].

$$Re = \frac{0,1 \cdot 0,016 \cdot 996}{804 \cdot 10^{-6}} = 1982$$

Критерій Прандтля

$$Pr_B = \frac{c_B \mu_B}{\lambda_B} \quad (2.38)$$

де c_B - теплоємність води при $t=30^\circ\text{C}$, $c_B = 4,180 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$;

μ_B - динамічна в'язкість води, $\mu_B = 804 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}$;

λ_B - коефіцієнт теплопровідності, $\lambda_B = 61,8 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$.

$$Pr_B = \frac{4180 \cdot 804 \cdot 10^{-6}}{61,8 \cdot 10^{-2}} = 5,34$$

Критерій Нусельта [5]

$$Nu = 0,037 Re^{0,75} \cdot Pr^{0,4} \left(\frac{\mu}{\mu_{cm}} \right)^{0,11} \quad (2.39)$$

$$Nu = 0,037 \cdot 1982^{0,75} \cdot 5,34^{0,4} \left(\frac{804 \cdot 10^{-6}}{804 \cdot 10^{-6}} \right)^{0,11} = 56$$

Коефіцієнт теплоотдачі

$$\alpha = \frac{Nu \cdot \lambda}{d} \quad (2.40)$$

$$\alpha_B = \frac{56 \cdot 0,681}{0,02} = 1906 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$$

Загальний коефіцієнт теплопередачі між середовищами

$$K = \frac{1}{\frac{1}{a_1} + \frac{\delta_{СТ}}{\lambda_M} + \frac{1}{a_2} + \sum r_3} \quad (2.41)$$

де $\delta_{СТ}$ - товщина стінки трубки, $\delta_{СТ} = 2$ мм;

λ_M - коефіцієнт теплопровідності матеріалу стінки, $\lambda_M = 17,5 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$;

$\sum r_3$ - сума термічних опорів засмічення стінок, $\sum r_3 = 2,3 \cdot 10^{-4} \frac{м^2 \cdot К}{Вт}$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{77} + \frac{0,002}{17,5} + \frac{1}{1906} + 2,3 \cdot 10^{-4}} = 20 \frac{Вт}{м^2 \cdot К}$$

Визначаємо поверхню поверхні теплообміну

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

$$F_p = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{18 \cdot 10^3}{20 \cdot 41} = 22 \text{ м}^2 \quad (2.42)$$

Визначаємо запас поверхні теплообміну

$$\Delta = \frac{F - F_p}{F} = 100\% \quad (2.43)$$

$$\Delta = \frac{26 - 22}{26} \cdot 100\% = 15\%$$

Поверхня теплообмінника задовольняє рекомендаціям $10\% < \Delta < 20\%$ [5].
Вибираємо теплообмінник по ГОСТ 14245-79: діаметр кожуха $D=400\text{мм}$;
розміщення труб у вершинах квадрата, середня довжина труб $l=3\text{м}$; сумарна
площа теплообміну $S=26\text{м}^2$; діаметр труб $d = 16 \times 1,5 \text{ мм}$.

2.2 Конструктивні розрахунки

Вибираємо крок труб.

При кріпленні труб в трубній решітці розвальцюванням крок труб вибирається в залежності від зовнішнього діаметра труб

$$t = (1,3 \dots 1,5) d_b = (1,3 \dots 1,5) \cdot 0,016 = 0,0208 \dots 0,26 \text{ м} \quad (2.44)$$

Приймаємо $t = 0,025 \text{ м} = 25 \text{ мм}$.

Відстань між сусідніми стінками труб $S = (7 \dots 13) \text{ мм}$. З урахуванням $d_n = 16 \text{ мм}$ і $t = 25 \text{ мм}$ отримуємо $S = 9 \text{ мм}$.

Номинальна розрахункова висота решітки зовні

$$h = KD \sqrt{\frac{p}{\sigma \cdot \varphi}} \quad (2.45)$$

$$h = 0,47 \cdot 0,4 \sqrt{\frac{1,5}{152 \cdot 0,318}} = 0,033\text{м}$$

З урахуванням прибавок на корозію $h_i = 15\text{мм}$, $h = 35\text{мм}$

Діаметр патрубку для входу та виходу води

$$d_B = 1,13 \sqrt{\frac{G_B}{\rho_B \cdot w_B}} = 1,13 \sqrt{\frac{0,24}{996 \cdot 0,1}} = 0,031\text{м} \quad (2.46)$$

Приймаємо $d_B = 32\text{мм}$.

Діаметр патрубку для входу та виходу коксового газу

$$d_{CM} = 1,13 \sqrt{\frac{G_{CM}}{\rho_{CM} \cdot w_{CM}}} = 1,13 \sqrt{\frac{0,05}{6,386 \cdot 0,61}} = 0,078\text{м} \quad (2.47)$$

Приймаємо $d_B = 80\text{ мм}$.

2.3 Гідравлічний опір апарата

Коефіцієнт тертя труб при ламінарному русі

$$\lambda_{тр} = \frac{A}{Re} \quad (2.48)$$

де А - коефіцієнт який залежить від форми трубопроводу, А = 64 [6].

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

$$\lambda_{mp} = \frac{64}{1906} = 0,03$$

Визначаємо суму коефіцієнтів місцевих опорів у апараті

$$\sum \xi_M = 2\zeta_1 + 4\zeta_2 + 5\zeta_3 \quad (2.49)$$

де $\zeta_1 = 1,5$ - коефіцієнт місцевого опору, вхідна та вихідна камери [6];

$\zeta_2 = 1$ - коефіцієнт місцевого опору входу в труби та виходу

$\zeta_3 = 2,5$ - коефіцієнт місцевого опору повороту на 180° з однієї секції в іншу.

$$\sum \xi_M = 2 \cdot 1,5 + 4 \cdot 1 + 5 \cdot 2,5 = 19,5$$

Гідравлічний опір руху в трубному просторі

$$\Delta p = \left(\lambda_{mp} \frac{z \cdot l_r}{d_B} + \sum \xi_M \right) \frac{w^2 \rho_{np}}{2} \quad (2.50)$$

$$\Delta p = \left(0,3 \cdot \frac{4 \cdot 3}{0,016} + 19,5 \right) \frac{0,1^2 \cdot 996}{2} = 2090 \text{ Па}$$

2.4 Вибір допоміжного обладнання

В якості допоміжного обладнання вибираємо насос.

Коефіцієнт Рейнольдса

$$Re = \frac{\varpi d \rho}{\mu} \quad (2.51)$$

$$Re = \frac{0,1 \cdot 0,32 \cdot 996}{804 \cdot 10^{-6}} = 39641$$

Приймаємо абсолютну шорсткість $A = 2 \cdot 10^{-4}$ м , тоді

$$e = \frac{\Delta}{d} \quad (2.52)$$

$$e = \frac{2 \cdot 10^{-4}}{0,32} = 0,00025$$

Тоді $2320 < Re(39641) < \frac{10}{e} (40000)$

Таким чином, в трубопроводі змішане тертя.

$$\lambda = \frac{0,316}{\sqrt[4]{Re}} \quad (2.53)$$

$$\lambda = \frac{0,316}{\sqrt[4]{39641}} = 0,022$$

Знаходимо суму коефіцієнтів місцевого опору.

1) для всмоктувальної лінії:

$$\sum \zeta = \zeta_1 + \zeta_2 \quad (2.54)$$

де ζ_1 - вхід в трубу, $\zeta_1 = 0,2$;

ζ_2 - прямоточні вентиля, $\zeta_2 = 0,35$; [5].

$$\sum \zeta = 0,2 + 0,35 = 0,55 \quad (2.55)$$

Втрати напору на всмоктувальній лінії

$$h_i = \left(\frac{\lambda \cdot l}{d} + \sum \zeta \right) \frac{v^2}{2g} \quad (2.56)$$

$$h_i = \left(\frac{0,022 \cdot 1,5}{d0,32} + 0,55 \right) \frac{0,1^2}{2 \cdot 9,8} = 0,01v$$

2) для нагнітальної лінії:

$$\sum \zeta = \zeta_1 + 2\zeta_2 + \zeta_3 \quad (2.57)$$

де ζ_1 - відвід під кутом 90° , $\zeta_1 = 0,11$; $\zeta_1 = 0,2$;

ζ_2 - прямоточні вентиля, $\zeta_2 = 0,35$;

ζ_3 - вихід із труби, $\zeta_3 = 1$.

$$\sum \zeta = 0,11 + 2 \cdot 0,35 + 1 = 1,81$$

Втрати напору на нагнітальній лінії за формулою

$$h_n^{\text{наг}} = \left(\frac{0,022 \cdot 3}{0,32} + 1,81 \right) \frac{0,1^2}{2 \cdot 9,8} = 0,05\text{м}$$

$$h_n = \left(\frac{\lambda \cdot l}{d} + \sum \zeta \right) \frac{v^2}{2g} \quad (2.58)$$

Загальні втрати напору

$$h = h_n^{\text{вс}} + h_n^{\text{наг}} \quad (2.59)$$

$$h = 0,01 + 0,05 = 0,06\text{м}$$

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

Знаходимо необхідний напір насоса

$$H = \frac{\Delta p}{\rho_p g} + H_r + h \quad (2.60)$$

де Δp - різниця тисків між ємностями з якої перекачують і в яку подають;

H_r - геометрична висота підняття рідини, $H_r = 2\text{ м}$.

$$H = \frac{0,1 \cdot 10^6}{996 \cdot 9,8} + 2 + 0,06 = 12,3 \text{ м рід. ст.}$$

Такий напір при заданій продуктивності забезпечують відцентровимнасосом. Враховуючи широке використання цих насосів і зручності комбінування з електродвигуном.

Корисна потужність насоса

$$N_{\Pi} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \quad (2.61)$$

$$N_{\Pi} = 996 \cdot 9,8 \cdot 0,00024 \cdot 12,3 = 28,8 \text{ Вт}$$

Знайдемо потужність на валу двигуна

$$N = \frac{N_{\Pi}}{\eta_{пер} \cdot \eta_H} \quad (2.62)$$

де $\eta_{пер}$ і η_H - коефіцієнти корисної дії насоса і передачі від електродвигуна до насоса, приймаємо $\eta_{пер} = 1$ і $\eta_H = 0,6$ [6].

$$N = \frac{28,8}{1 \cdot 0,6} = 48 \text{ Вт}$$

При заданому напорі і подачі за інформацією наведеною у [8]обибираємо відцентровий насос марки X2/25, для якого при оптимальних умовах роботи $Q = 4,2 \cdot 10^{-4} \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$, $H=25\text{м ст. рід.}$; $\eta_{\text{н}}=0,7$. Насос забезпечено електродвигуном АОЛ-12-2 номінальна потужність $N_{\text{М}}= 55 \text{ Вт}$, $\eta_{\text{ДВ}} = 0,89$.

					<i>ПОХНВ Т 00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		40

3. РОЗРАХУНКИ АПАРАТА НА МІЦНІСТЬ ТА ГЕРМЕТИЧНІСТЬ

3.1 Визначення товщини стінки апарата, кришки.

Розрахунки проводимо відповідно до методики, що викладена у [9].

Вибір розрахункових тисків

У теплообміннику в технологічному розрахунку наведено абсолютний тиск.

Абсолютний тиск у теплообміннику $P_{мен}^{абс} = 1,6$ МПа.

Тоді надлишковий внутрішній тиск:

$$P_{мен} = P_{мен}^{абс} - 0,1 = 1,6 - 0,1 = 1,5 \text{ МПа} \quad (3.1)$$

Розрахунковий тиск у апараті з робочим надлишкоим тиском $p > 0,07$ МПа визначаємо за формулою [3]:

$$P_R = \max \left\{ \begin{array}{l} 1,1p \\ p + 0,1 \end{array} \right\} \quad (3.2)$$

де p = надлишковий внутрішній тиск для елемента апарату, МПа.

Тоді розрахунковий тиск у апараті:

$$P_R = \max \left\{ \begin{array}{l} 1,1 \cdot 1,5 \\ 1,5 + 0,1 \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 1,53 \\ 1,5 \end{array} \right\} = 1,53 \text{ МПа}$$

Тиск гідровипробування визначається за формулою:

$$P_{пр} = \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot P \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} \\ P + 0,3 \end{array} \right\} \quad (3.3)$$

[2, стр. 9, табл. 1.2]

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

$$P_{пр} = \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot 1,5 \cdot \frac{184}{165} \\ 1,5 + 0,3 \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 1,812 \\ 1,8 \end{array} \right\} = 1,812 \text{ МПа}$$

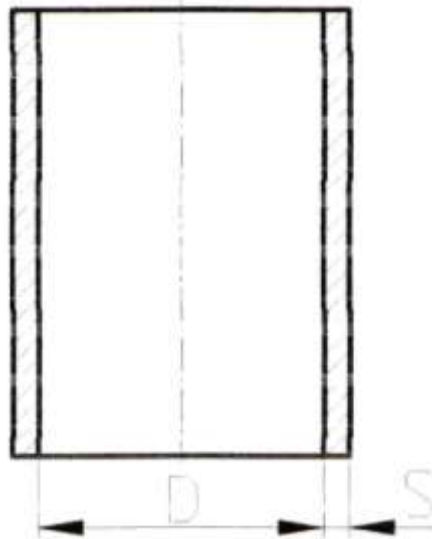


Рисунок 3.1 - Обичайка циліндрична

Внутрішній діаметр Обичайки $D = 400$ мм.

Тиск в апараті $P = 1,5$ МПа.

Розрахункова температура $t_p = 116$ °С.

Матеріал апарата = сталь 12Х18Н10Т.

За розрахункову температуру приймаємо найбільш ймовірну температуру в апараті.

Товщина стінки обичайки, навантажена внутрішнім надлишковим тиском

$$S \geq S_p + C \quad (3.4)$$

$$S_p = \frac{q \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p - p} \quad (3.5)$$

де C - прибавка, мм

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

P - внутрішній надлишковий тиск, МПа

D = внутрішній діаметр обичайки, мм

$[\sigma]$ = гранично навантаження для матеріалу обичайки, МПа

φ_3 = коефіцієнт міцності повздовжнього зварного шва обичайки.

Граничне навантаження по [7, табл. 7]:

$[\sigma]_{115} = 165$ МПа = при розрахунковій температурі $-t_p = 116$ °С

$[\sigma]_{20} = 184$ МПа = при температурі гідровипробування $-t_r = 20$ °С

Коефіцієнт міцності повздовжнього зварного шва $\varphi_p = 1,0$, так як обичайку виготовлено з труби

Граничне навантаження при гідро випробуваннях:

$$[\sigma_r] = \frac{\sigma_r}{n} \quad (3.6)$$

де $\sigma_r = 276$ МПа - границя текучості при температурі гідро випробування

$n = 1,1$ - коефіцієнт запасу при гідро випробуваннях.

$$[\sigma_r] = \frac{276}{1,1} = 250,5 \text{ МПа}$$

Розрахункова товщина при робочих умовах:

$$S_p^p = \frac{1,5 \cdot 400}{2 \cdot 165 \cdot 1,0 - 1,5} = 1,7 \text{ мм}$$

Розрахункова товщина при гідровипробуванні:

$$S_p^p = \frac{1,812 \cdot 400}{2 \cdot 250 \cdot 1,0 - 1,812} = 1,45 \text{ мм}$$

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

Приймаємо більшу з отриманих величин:

$$S = \max\{S_p^p; S_p^r\} = \max\{1,7; 1,45\} = 1,7 \text{ мм}$$

Прибавка:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 \quad (3.7)$$

Де C_1 - прибавка для компенсації корозії, ерозії, мм

C_1 - прибавка для компенсації мінусового допуску товщини листа, мм

C_1 - прибавка для компенсації стоншення а при технологічних операціях: гнутті, штамповці, мм

Прибавки:

$$C_1 = 1,05 \text{ мм}; C_2 = 0,8 \text{ мм}; C_3 = 0 \text{ мм}$$

Тоді $C = 0,5 + 0,8 + 0 = 1,3 \text{ мм}$

$$S \geq 1,7 + 1,3 = 3,0 \text{ мм}$$

З урахуванням необхідності забезпечення жорсткості приймаємо $S = 6 \text{ мм}$.

Тоді допустимий внутрішній тиск:

$$[P] = \frac{2 \cdot \sigma \cdot \varphi_p \cdot (S - C)}{D + (S - C)} \quad (3.8)$$

в робочих умовах:

$$[p] = \frac{2 \cdot (6 - 1,3) \cdot 1,0 \cdot 165}{400 + (6 - 1,3)} = 3,83 \text{ МПа} > P_R = 1,4 \text{ МПа}$$

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

В умовах гідровипробування:

$$[p] = \frac{2 \cdot (6 - 1,3) \cdot 1,0 \cdot 250}{400 + (6 - 1,3)} = 5,81 \text{ МПа} > P_R = 1,812 \text{ МПа}$$

Внутрішній діаметр кришки $D = 400$ мм.

Тиск в апараті $P = 1,5$ МПа.

Розрахункова температура $t_p = 116$ °С.

Матеріал апарата - сталь 12Х18Н10Т.

Номінальну товщину стінки днища (кришки), навантажених внутрішнім надлишковим тиском визначають за формулою:

$$S_p = \max \left\{ \frac{P \cdot D}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] - 0,5P}, \frac{P_u \cdot D}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma]_u - 0,5P_u} \right\} \quad (3.9)$$

де, R - радіус кривизни в вершині днища, для еліптичних днищ $R=D$;

$$S_p^p = \max \left\{ \frac{1,5 \cdot 400}{2 \cdot 1 \cdot 165 - 0,5 \cdot 1,5} = 1,822 \text{ мм}, \frac{1,812 \cdot 400}{2 \cdot 1 \cdot 250 - 0,5 \cdot 1,812} = 1,452 \text{ мм} \right\} = 1,822 \text{ мм}$$

$$S = 1,822 + 1,3 = 3,122 \text{ мм}$$

З урахуванням необхідності забезпечення жорсткості приймаємо $S = 6$ мм.

Тоді допустимий внутрішній тиск:

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

$$[p] = \frac{2 \cdot (S - C) \cdot \varphi \cdot [\sigma]}{R + 0,5 \cdot (S - C)} \quad (3.10)$$

в робочих умовах:

$$[p] = \frac{2 \cdot (6 - 1,3) \cdot 1,0 \cdot 165}{400 + 0,5 \cdot (6 - 1,3)} = 3,855 \text{ МПа} > P_R = 1,4 \text{ МПа}$$

в умовах гідровипробування:

$$[p] = \frac{2 \cdot (6 - 1,3) \cdot 1,0 \cdot 250}{400 + 0,5 \cdot (6 - 1,3)} = 5,841 \text{ МПа} > P_R = 1,4 \text{ МПа}$$

Розрахунок фланцевого з'єднання

Внутрішній діаметр апарату $D = 400$ мм

Товщина стінки обичайки $S = 6$ мм

Матеріал корпусу и кришки - Сталь 12Х18Н10Т

Матеріал болтів - Сталь 35Х

Внутрішній тиск $P = 1,5$ МПа

Прибавка до розрахункової товщини стінки $C = 1,3$ мм

Коефіцієнт міцності зварних швів $\varphi = 1,0$

Температура робочого середовища $t = 116^\circ\text{C}$

Конструкцію з'єднання кришки і корпусу при $D = 400$ мм і $P = 1,5$ МПа вибираємо згідно [7, табл. 1.36] з плоскими приварними фланцями і поверхнею ущільнення виступ-западина (рис. 3.2)

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

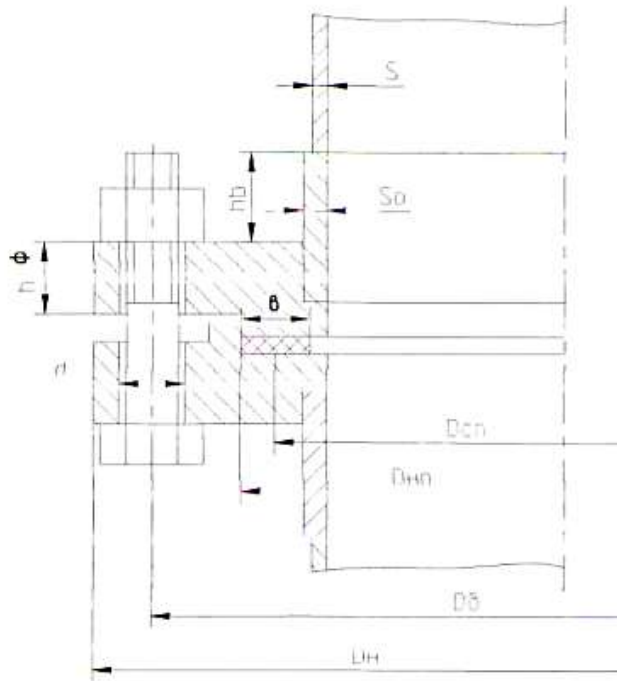


Рисунок 3.2 - Фланець плоский приварний з поверхнею ущільнення виступ-западина

Товщину втулки фланця приймаємо $S_0 = 32$ мм, що задовольняє умові:

$$S_0 > S (32 \text{ мм} > 10 \text{ мм})$$

Висоту втулки фланця визначаємо за формулою:

$$h_a \geq 0,5 \cdot \sqrt{D \cdot (S_0 - C)} = 0,5 \cdot \sqrt{400 \cdot (32 - 1,3)} = 32 \quad (3.11)$$

Приймаємо $h_b = 35$ мм.

Діаметр болтового кола знаходимо за формулою:

$$D_b = D + 2 \cdot (2 \cdot S_0 + d_b + u) \quad (3.12)$$

де $d_b = 16$ мм - зовнішній діаметр болта при $D = 400$ мм

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

$P_p = 1,5$ МПа [11, табл. 1.40]; $u = 4$ мм - нормативний зазор між гайкою та втулкою.

$$D_6 = 400 + 2 \cdot (2 \cdot 32 + 16 + 4) = 476 \text{ мм}$$

Зовнішній діаметр фланця:

$$D_H = D_6 + a \quad (3.13)$$

де $a = 40$ мм - конструктивна добавка для шестигранних гайок М16.

$$D_H = 476 + 40 = 516 \text{ мм}$$

Зовнішній діаметр прокладки:

$$D_{HP} = D_6 - e \quad (3.14)$$

де $e = 30$ мм - нормативний параметр для плоских прокладок.

$$D_{HP} = 476 - 30 = 446 \text{ мм}$$

Середній діаметр прокладки:

$$D_{CP} = D_{HP} - b \quad (3.15)$$

де $b = 15$ мм - ширина прокладки, мм [7, табл. 1.42]

$$D_{CP} = 476 - 15 = 461 \text{ мм}$$

Кількість болтів, необхідних для забезпечення герметичності фланцевого з'єднання:

$$n_{\text{б}} = \frac{\pi \cdot D_{\text{б}}}{t_{\text{ш}}} = \frac{3,14 \cdot 476}{67} = 18,3 \text{ шт} \quad (3.16)$$

де $t_{\text{ш}} = 4,2 \cdot d_{\text{б}} = 4,2 \cdot 16 = 67$ мм - шаг розміщення болтів М16 на болтовому колі при $P_p = 0,753$ МПа.

Приймаємо $n_{\text{б}} = 20$ шт., кратне чотирьом.

Висота (товщина) фланця:

$$h_{\text{ф}} \geq \lambda_{\text{ф}} \cdot \sqrt{D \cdot S_{\text{эк}}} \quad (3.17)$$

Де $\lambda_{\text{ф}} = 0,47$ для плоских приварних фланців при $P_p = 1,5$ МПа

[7, рис.1.40] $S_{\text{эк}} = S_0$ так як для плоских приварних фланців $\beta_1 = \frac{S_1}{S_0} = 1$

$$h_{\text{ф}} \geq 0,3 \cdot \sqrt{400 \cdot 32} = 34 \text{ мм}$$

Приймаємо $h_{\text{ф}} = 65$ мм.

Розрахункова довжина болта $l_{\text{б}} = l_{\text{б.о}} + 0,28 \cdot d_{\text{б}} = 134 + 0,28 \cdot 16 = 139$ мм

де $l_{\text{б.о}} = 2 \cdot (h_{\text{ф}} + h_{\text{п}}) = 2 \cdot (65 + 2) = 134$ мм = відстань між опорними поверхнями болта і гайки при товщині прокладки $h_{\text{п}} = 2$ мм.

Рівнодійна від внутрішнього тиску:

$$F_{\text{д}} = \frac{P_p \cdot \pi \cdot D_{\text{с.п}}^2}{4} = \frac{1,5 \cdot 3,14 \cdot 0,461^2}{4} = 0,23 \text{ МН} \quad (3.18)$$

Реакція прокладки:

$$R_n = \pi \cdot D_{\text{с.п}} \cdot b_0 \cdot k_{\text{нр}} \cdot P_p = 3,14 \cdot 1,451 \cdot 0,015 \cdot 2,5 \cdot 0,753 = 0,129 \text{ МН} \quad (3.19)$$

де $k_{np} = 2,5$ - коефіцієнт для паронітової прокладки;

$b = b_0 = 15 \text{ мм} = 0,015 \text{ м}$ - ефективна ширина прокладки при $b = 15 \text{ мм}$.

Навантаження, яке виникає від температурних деформацій:

$$F_l = \frac{y_6 \cdot n_6 \cdot f_6 \cdot E_6 \cdot (a_\phi \cdot t_\phi - a_6 \cdot t_6)}{y_n + y_6 + 0,5 \cdot y_\phi \cdot (D_6 - D_{c.n})^2} \quad (3.20)$$

де $a_\phi = 17,0 \cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$ і $a_6 = 13,3 \cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$ - відповідно коефіцієнти лінійного розширення матеріалу фланців (12X18H10T), та болтів (35X) по [11, табл. XI];

$t_\phi = 0,96 \cdot t = 0,96 \cdot 115 = 110,4^\circ\text{C}$ - розрахункова температура неізолюваних фланців;

$t_6 = 0,95 \cdot t = 0,95 \cdot 115 = 109^\circ\text{C}$ - розрахункова температура болтів [11, табл. 1.37];

$E_6 = 1,9 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ - модуль пружності для болтів зі сталі (35X);

$f_6 = 2,35 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ - розрахункова площа поперечного болта М16;

$n_6 = 20$ шт. - кількість болтів;

U_6, U_ϕ, U_n = податливості відповідно болтів, фланців, прокладки які обчислюються за формулами:

$$y_6 = \frac{l_6}{E_6 \cdot f_6 \cdot n_6} = \frac{0,139}{1,9 \cdot 10^5 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4} \cdot 20} = 43,99 \cdot 10^{-6} \text{ м/МН} \quad (3.21)$$

$$y_6 = \frac{h_n}{E_n \cdot \pi \cdot D_{cn}} = \frac{0,002}{2000 \cdot 3,14 \cdot 0,461 \cdot 0,015} = 14,63 \cdot 10^{-6} \text{ м/МН} \quad (3.22)$$

де $E_n = 2000 \text{ МПа}$ - модуль пружності для прокладки з пароніту.

$$y_\phi = \frac{[1 - \nu \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda'_\phi)] \cdot \psi_2}{h_\phi^3 \cdot E} = \frac{[1 - 0,6 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,389)] \cdot 21,59}{0,05^3 \cdot 1,98 \cdot 10^5} \quad (3.23)$$
$$= 0,17$$

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

$$\text{де } \lambda'_\phi = \frac{h_\phi}{\sqrt{D \cdot S_{\text{ЭК}}}} = \frac{0,034}{\sqrt{0,4 \cdot 0,032}} = 0,389 \quad (3.24)$$

$$\psi_2 = \frac{D_H + D}{D_H - D} = \frac{0,512 + 0,4}{0,512 - 0,4} = 21,59 \quad (3.25)$$

$$v = \frac{1}{1 + 0,9 \cdot \lambda'_\phi \left(1 + \psi_1 \cdot \frac{h_\phi^2}{S_{\text{ЭК}}^2}\right)} = \frac{1}{1 + 0,9 \cdot 0,389 \cdot \left(1 + 0,052 \cdot \frac{0,034^2}{0,032^2}\right)} = 0,6 \quad (3.26)$$

$$\psi_1 = 1,28 \cdot \lg\left(\frac{D_H}{D}\right) = 1,28 \cdot \lg\left(\frac{1,536}{1,4}\right) = 0,052 \quad (3.27)$$

F_t

$$= \frac{43,99 \cdot 10^{-6} \cdot 20 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4} \cdot 1,9 \cdot 10^5 \cdot (17,0 \cdot 10^{-6} \cdot 110,4 - 13,3 \cdot 10^{-6} \cdot 109)}{14,36 \cdot 10^{-6} + 43,99 \cdot 10^{-6} + 0,5 \cdot 0,17 \cdot (0,476 - 0,461)^2}$$

$$= 0,29 \text{ МН}$$

Коефіцієнт жорсткості фланцевого з'єднання:

$$R_{\text{ж}} = \frac{y_6 + 0,5 \cdot y_\phi \cdot (D_6 - D - S_{\text{ЭК}}) \cdot (D_6 - D_{\text{с.п}})}{y_{\text{п}} + y_6 + 0,5 \cdot y_\phi \cdot (D_6 - D_{\text{с.п}})^2} =$$

$$= \frac{43,49 \cdot 10^{-6} + 0,5 \cdot 0,17 \cdot (0,476 - 0,4 - 0,032) \cdot (0,476 - 0,461)}{14,63 \cdot 10^{-6} + 43,99 \cdot 10^{-6} + 0,5 \cdot 0,17 \cdot (0,476 - 0,461)^2} = 1,58$$

Болтове навантаження в умовах монтажу:

$$F_{61} = \max \left\{ \begin{array}{l} R_{\text{ж}} \cdot F_d + R_n = 1,58 \cdot 1,24 + 0,129 = 2,08 \text{ МН} \\ 0,5 \cdot \pi \cdot D_{\text{сн}} \cdot b_o \cdot P_{\text{пр}} = 0,5 \cdot 3,14 \cdot 0,461 \cdot 0,015 \cdot 20 = 0,68 \text{ МН} \end{array} \right\}$$

$$= 2,088 \text{ МН}$$

де $P_{\text{пр}} = 20$ МПа- мінімальний тиск обтягування паронітової прокладки.

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

Болтове навантаження в умовах монтажу до подачі внутрішнього тиску:

$$F_{62} = F_{61}(1 - R_{ж}) \cdot F_{д} + F_t = 2,088 + (1 - 1,58) \cdot 1,24 + 0,29 = 1,66 \text{ МН} \quad (3.28)$$

Приведений згинаючий момент:

$$M_0 = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,5 \cdot (D_6 - D_{cn}) \cdot F_{61} \\ 0,5 \cdot [(D_6 - D_{cn}) \cdot F_{62} + (D_{cn} - D - S_{эк}) \cdot F_{д}] \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} \end{array} \right\} \quad (3.29)$$

де $[\sigma]_{20} = 184 \text{ МПа}$; $[\sigma] = 166 \text{ МПа}$ = відповідно для матеріалу фланця при 20°C і розрахунковій температурі $t = 115^\circ\text{C}$.

$$M_0 = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,5 \cdot (0,476 - 0,461) \cdot 2,088 = 0,046 \text{ НМ} \cdot \text{м} \\ 0,5 \cdot [(0,476 - 0,461) \cdot 1,66 + (0,461 - 0,4 - 0,032) \cdot 1,24] \cdot \frac{184}{166} = 0,068 \text{ НМ} \end{array} \right\}$$

$= 0,068 \text{ НМ} \cdot \text{м}$

Умова міцності болтів:

$$\frac{F_{61}}{n_6 \cdot f_6} < [\sigma]_{620}$$

$$\frac{F_{62}}{n_6 \cdot f_6} < [\sigma]_6$$

де $[\sigma]_{620} = 230 \text{ МПа}$; $[\sigma]_6 = 226 \text{ МПа}$ - граничні напруги для матеріалу болтів при 20°C розрахунковій температурі $t = 115^\circ\text{C}$.

$$\frac{2,088}{20 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4}} = 159 \text{ МПа} < 230 \text{ МПа}$$

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

$$\frac{1,66}{20 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4}} = 126 \text{ МПа} < 226 \text{ МПа}$$

Умова міцності болтів виконується.

Умова міцності неметалічної прокладки:

$$\frac{F_{6 \max}}{\pi \cdot D_{cn} \cdot b} < [P_{пр}] \quad (3.30)$$

де $[P_{пр}] = 130 \text{ МПа}$ - для прокладки з пароніту [11, табл. 1.44];

$$F_{6 \max} = \max\{F_{61}; F_{62}\} = \max\{2,088 \text{ МН}; 1,66 \text{ МН}\} = 2,088 \text{ МН}$$

$$\frac{2,088}{3,14 \cdot 1,451 \cdot 0,015} = 30,55 \text{ МПа} \leq [P_{пр}] = 130 \text{ МПа}$$

Умова виконується.

Максимальна напруга в перерізі, обмеженому розміром S_0 :

$$\sigma_o = f_{\phi} \cdot \sigma_1 = \frac{f_{\phi} \cdot T_{\phi} \cdot M_o \cdot v}{[D^*(S_1 - C)^2]} \quad (3.31)$$

так як у плоского фланця втулка циліндрична; $f_{\phi} = 1$, так як $\frac{S_1}{S_0} = 1$;

$D^* = D = 1,4 \text{ м}$, так як $D > 20 \cdot S_0$ ($0,4 \text{ м} > 20 \cdot 0,032 = 0,64 \text{ м}$)

$$T_{\phi} = \frac{D_H^2 \cdot \left[1 + 8,55 \cdot \lg\left(\frac{D_H}{D}\right)\right] - D^2}{(1,05 \cdot D^2 + 1,945 \cdot D_H^2) \cdot \left(\frac{D_H}{D} - 1\right)} \quad (3.32)$$

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

$$T_{\phi} = \frac{1,536^2 \cdot \left[1 + 8,55 \cdot \lg \left(\frac{0,512}{0,4} \right) \right] - 0,4^2}{(1,05 \cdot 0,4^2 + 1,945 \cdot 0,512^2) \cdot \left(\frac{0,512}{0,14} - 1 \right)} = 1,88$$

$$\sigma_o = \frac{1 \cdot 1,88 \cdot 0,068 \cdot 0,6}{1,4 \cdot (0,012 - 0,0013)^2} = 479 \text{ МПа}$$

Напруга у втулці від внутрішнього тиску:

тангенціальна:

$$\sigma_t = \frac{P_p \cdot D}{2 \cdot (S_0 - C)} = \frac{1,4 \cdot 0,4}{2 \cdot (0,012 - 0,0013)} = 49,26 \text{ МПа} \quad (3.33)$$

меридіальна:

$$\sigma_m = \frac{P_p \cdot D}{4 \cdot (S_0 - C)} = \frac{1,4 \cdot 0,4}{4 \cdot (0,012 - 0,0013)} = 24,36 \text{ МПа} \quad (3.34)$$

Умова міцності для перерізу, обмеженого розміром $S_0 = 32$ мм

$$\sqrt{(\sigma_o + \sigma_m)^2 + \sigma_t^2} - (\sigma_o + \sigma_m) \cdot \sigma_t < \varphi \cdot [\sigma]_0 \quad (3.35)$$

де $[\sigma]_0 = 0,003 \cdot E = 0,003 \cdot 1,98 \cdot 10^5 = 594$ МПа - для фланця зі сталі 12Х18Н10Т
при $P_p = 1,4$ МПа

$$\sqrt{(479 + 24,63)^2 + 49,26^2} - (479 + 24,63) \cdot 49,26 = 481 \text{ МПа} < 0,9 \cdot 594 \\ = 534,6 \text{ МПа}$$

Кільцева напруга в кільці фланця обчислюється за формулою:

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

$$\sigma_k = \frac{M_0 \cdot [1 - \nu \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda'_\phi)] \cdot \psi_2}{D \cdot h_\phi^2} = \frac{0,068 \cdot [1 - 0,6 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,389)] \cdot 21,59}{0,4 \cdot 0,05^2}$$

$$= 79,67 \text{ МПа}$$

Умова герметичності фланцевого з'єднання:

$$\theta = \left(\frac{\sigma_k}{E}\right) \cdot \left(\frac{D}{h_\phi}\right) < [\theta] \quad (3.36)$$

де $[\theta] = 0,013$ рад = допустимий кут повороту плоского фланця.

$$\theta = \left(\frac{79,67}{1,98 \cdot 10^5}\right) \cdot \left(\frac{1,4}{0,05}\right) = 0,011 \text{ рад} < 0,013 \text{ рад}$$

Умова герметичності виконана.

3.2 Розрахунок опори апарата

Вертикальні апарати зазвичай встановлюють на стійках, якщо їх розміщують всередині приміщення, або на підвісних лапах, коли апарат розміщують між перекриттями в приміщенні або на спеціальних сталевих конструкціях.

Беремо тип опори - лапи.

Всі опори для сталевих зварних апаратів стандартизовані.

Залежно від товщини стінки корпусу апарату лапи приварюються або безпосередньо до корпусу, або до накладного листа.

Матеріал цих деталей вибирається з умови експлуатації. Накладний лист приварюють до корпусу апарату суцільним швом. Якщо опори виготовлені з вуглецевої сталі, а апарат - з корозійностійкої сталі, накладні повинні бути виготовлені із сталі тієї ж марки, що і корпус апарату.

Число опор визначається розрахунком і конструктивними дослідженнями: лап повинно бути не менше двох, стійок - не менше ніж трьох.

Маса порожнього апарату $M_a = 880$ кг.

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

Тоді сила тяжіння апарату, яка передається опорам, дорівнює:

$$P = M_a \cdot g \quad (3.37)$$

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

$$P = 880 \cdot 9,81 = 8632,8 \text{ Н}$$

Навантаження на одну опору визначаємо за формулою [7, 8]:

$$Q = \frac{\lambda_1 \cdot P}{Z} + \frac{\lambda_2 \cdot M}{D + 2 \cdot e} \quad (3.38)$$

де $e = 0,5(b + f_{max} + S_0 + S_{н.})$; f_{max} , b - по табл. 14,1 [6];

$s_0 = s - c - c_1$ - товщина стінки апарату в кінці терміну служби;

0,5 - виконавча товщина стінки апарату;

C - надбавка для компенсації корозії, мм;

C_1 - додаткова надбавка, мм

λ_1 , λ_2 - коефіцієнти, які залежать від числа опор z ;

Z - число опор;

P - вертикальна сила, Н;

M - перекидаючий момент, Н·м;

D - внутрішній діаметр апарату, м.

Приймаємо перекидний момент рівним нулю

$$Q = \frac{1 \cdot 8632,8}{4} = 2158 \text{ Н}$$

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

Вибираємо стандартний тип лапи з накладним листом

Опора 1 - 4000 ОСТ 26 - 665 - 79

з параметрами (умовні позначення див. рис.14.1 [6]):

$Q = 4,0$ кН; $a = 75$ мм; $a_1 = 95$ мм; $b = 95$ мм; $C = 20$ мм;

$C_1 = 50$ мм; $h = 140$ мм; $h_1 = 10$ мм; $S_1 = 5$ мм; $K = 15$ мм;

$K_1 = 25$ мм; $d = 12$ мм; $d_6 = M12$; $f_{max} = 25$ мм.

Накладний лист 1-2500-10 ОСТ 26-665-79

$Q = 4,0$ кН; $B = 125$ мм; $H = 200$ мм; $c = 10$ мм.

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ПОХНВ Т 00.00.00 ПЗ

Лист

57

4.МОНТАЖ ТА РЕМОНТ АПАРАТА

4.1 Монтаж апарата [13]

Ремонтні роботи в газонебезпечних місцях дозволяється проводити за наявності наряду-допуску на проведення газонебезпечних робіт. Наряд-Допуск складається начальником цеху в Відповідно до «Інструкції з організації та ведення робіт у газонебезпечних місцях на підприємствах Хімічної промисловості». Наряд-допуск на газонебезпечні роботи узгоджується з газорятувальною службою, відділом техніки безпеки і затверджується директором з охорони праці та екології.

При направленні робітників на газонебезпечні роботи, відповідальним за виробництво робіт видається наряд-допуск. У наряді-допуску вказують прізвища допущених до роботи й відповідального керівника робіт, дату, місце та характер робіт, результати аналізу повітря, взятого перед початком робіт, основні правила безпеки, дотримання яких особливо важливо при виконанні цих робіт та інші відомості, що Мають значення для кожного окремого випадку

Прийом обладнання в монтаж виробляються безпосередньо в монтажній зоні за зовнішнім оглядом; при цьому перевіряють комплектність (за відправною відома), наявність маркування, а також, чи немає пошкоджень, полумок; тріщин, корозії та інших дефектів. Прийом обладнання в монтаж оформлюють двостороннім актом.

Якщо в процесі монтажу і випробовування устаткування будуть виявлені дефекти, що не встановлені при оформленні первинного акту, складають додатково новий акт з урахуванням всіх виявлених дефектів.

Готові фундаменти беруть під монтаж сушильного барабана тільки при відповідності фактичних основних і прив'язочних розмірів, висотних оцінок, а також розташування осей колодязів під фундаментні болти.

Поздовжні і поперечні осі фундаментів, прийнятих під монтаж, перевіряють за допомогою лазерних сьязв. Результати перевірки фундаментів заносять у формуляр, що прикладають до акта приймання фундаментів.

Проект виконання випробовування монтажних робіт повинні відповідати реально

існуючим умовам, тобто можливості надходження обладнання, способам його транспортування випробовування, наявності і потужності вантажопідійомних механізмів, місцевих умов на монтажному майданчику, кваліфікації робітників і технічного персоналу монтажної організації і т.д. Він належний погоджувати Між собою окремі етапи монтажу обладнання, випробовування, починаючи від постачання обладнання заводом і кінчаючи установкою його на місці.

Вибір виду постачання обладнання, способів її доставки та встановлення на місце визначається методом виконання робіт. Обраний метод належний забезпечити максимальну продуктивність роботи, дотримання термінів монтажу, зниження вартості та підвищення якості монтажу, а також забезпечити безпеку виконання робіт.

При монтажі обладнання застосовують три методи:

- Індустріальний метод;
- Метод монтажу укрупненими блоками;
- Метод монтажу за місцем.

Індустріальний метод монтажу є найбільш прогресивним.

При цьому методі найбільша кількість робіт виконують на заводі і в майстернях. Ізоляцію і захист апаратів від корозії здійснюють до встановлення їх на місце. Монтажні роботи виконують паралельно з будівельними при максимальній механізації.

Метод монтажу укрупненими блоками багато в чому аналогічний індустріальному методом. При цьому методі обладнання надходить на монтажному майданчику у вигляді окремих блоків, і монтаж його ведеться при

максимальному використанні механізмів паралельно з будівництвом за графіком. Монтаж укрупненими блоками дозволяє скоротити терміни монтажу, так як збірку окремих блоків можна вести одночасно в різних місцях.

Метод монтажу по місцеві полягає в тому, що обладнання збирають на місці установки з окремих вузлів і деталей, використовуючи такелажне обладнання. Цей метод монтажу більш тривалий, вимагає високої кваліфікації монтажників, так як підгін і вивірку частин обладнання виконують у незручних умовах. Тому до методу монтажу по місцеві вдаються тільки в тому випадку, якщо неможливо застосувати інші методи.

4.2 Ремонт апарата [13]

Під час експлуатації компресорних установок проводяться такі види технічного обслуговування:

- кожену зміну;
- через кожні 500 годин - технічне обслуговування (ТО-1);
- через кожні 1500 годин - Технічне обслуговування (ТО-2);
- через кожні 3000 годин - потоковий ремонт (П-1);
- через кожні 6000 годин - потоковий ремонт (ПО-2);
- через кожні 12000 годин - середній ремонт (С);
- через 36000 - капітальний ремонт (К).

Крім зазначених вище видів технічного обслуговування, в початковий період експлуатації компресорної установки в обов'язковому порядку проводяться такі разові роботи:

- заміна масла в системі змащення механізму руху після перших 50-100 годин роботи. При цьому проводиться промивання, очищення рами і масляних фільтрів, а також перевіряється стан механізму руху по температурному режиму, рекомендованого підприємством-виробником;
- масляний насос (лубрикатор) регулюється на підвищену витрату масла

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

відповідно до рекомендацій підприємства-виробника, а в подальші, виходячи з конкретних умов експлуатації, витрата рідини приводиться до норми;

- перевірка і регулювання натягу ременів клинопасових передач (якщо такі є) відповідно рекомендації виробника.

Інтервал між видами технічного обслуговування і ремонтами можуть бути змінені, виходячи з рекомендацій підприємств-виготовлювачів компресорних установок і по конкретних умов експлуатації.

Під час кожнозмінного технічного обслуговування компресорної установки здійснюється контроль за показаннями контрольних-вимірних приладів, за роботою світлової сигналізації та виконавчих механізмів. Крім того, проводиться: обтирання компресорної установки, арматури, трубопроводів сухим або змоченим вогне безпечним розчином; перевірка рівня масла в рамі компресорної установки (рівень має бути 2/3 висоти масломірного скла); візуальний огляд обладнання (холодильників, вологомастиловідділювача, трубопроводів, арматури) з метою визначення механічних пошкоджень і витікання газу, масла й охолоджувальної рідини; контроль стану лакофарбових покриттів і при необхідності їх оновлення; перевірка заземлення.

Ремонт установки підрозділяється на:

- поточний ремонт (Т) - проводиться через кожні 3000* годин і повинен співпадати з кожним другим ТОЗ і включати всі роботи, що входять в ТО1, ТО2, ТОЗ;

- капітальний ремонт (К) - проводиться через кожні 10000* годин. При поточному ремонті проводиться часткове розбирання установки, усуваються несправності у вузлах і деталях, що виникають у процесі роботи і замінюються окремі деталі новими з комплекту запчастин.* Періодичність уточнюється в процесі експлуатації.

Поточний ремонт

При поточному ремонті:

- за необхідності провести заміну манжети;

Ізм.	Лист	№ докум	Підпись	Дата

- за необхідності провести заміну гумових кілець втулково-пальцевої муфти.

Капітальний ремонт

При капітальному ремонті:

- провести повну розборку установки;
- перевірити всі посадки і сполучення;
- при необхідності замінити зношені складальні одиниці і деталі новими або задалегідь відремонтованими.

Розбирання та збирання установки

Перед повним або частковим розбиранням установки і її складальних одиниць необхідно виконати наступні вимоги:

- зупити установку;
- закрити кульові крани на вході і виході установки;
- відкрити байпасний вентиль;
- провести продувку;
- відкрити крани відведення витоків, розташовані між кульовими кранами на вході і виході установки;
- підключити лінію інертного газу споживача до штуцера, розташованого на вхідному вологомастиловідділювачі;
- продути установку інертним газом;
- відключити електричне живлення установки на головному розподільному щиті і повісити табличку «Не включати! Працюють люди »;
- приступити до розбирання установки можна тільки переконавшись у відсутності тиску в комунікаціях;
- злити масло з картера;
- злити воду з компресора і холодильника;
- роботи з розбирання починати тільки після повного остигавипробування встановлення та підготовки робочого місця.

Розбирання рекомендується проводити в наступній послідовності:

- зняти термометри;

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

- від'єднати всі електричні контакти від датчиків тиску і температури, а також електромагнітних вентилів;
- відвернути гайки і зняти всмоктуючий вологомастиловідділювач;
- зняти запобіжні клапанн;
- відвернути гайки і зняти всі патрубки, трубки і трубопроводи;
- відвернути гайки кріплення теплообмінників і зняти систему охолодження;
- відвернути гайки кришок ліхтарів і зняти кришки, звільняючи доступ до місць кріплення штоків до сережках;
- відвернути гайки і зняти кришки клапанів I, II, III ступенів, а також самі клапани;
- через кршки ліхтарів розконтрити стопорні шайби контровочних гайок кріплення штоків, звільнити гайки і викрутити штоки з сережки;
- вийняти поршні зі штоками циліндрів, при цьому необхідно стежити, щоб робочі поверхні мастиловідбійників і сальників не були пошкоджені, для цього на різьбову частинчу штока нагвинтити запобіжний направляючий стакан (склянка направляючий поставляється з ЗІПом на установку);
- зняти поршневі та направляючі кільця за допомогою пластин з м'якого металу;
- зняти циліндри I, II ступенів ;
- зняти і розібрати сальники. Визначити знос ущільнюючих і замикаючих кілець. При зносі кілець більше допустимих значень кільця замінити;
- зняти і розібрати мастилознімачі. Визначити знос мастилоз'ємних кілець. При зносі кільця більше допустимих значень кільце замінити;
- відвернути гайки бічних кршпок картера і зняти їх, забезпечивши доступ до нижніх голівок шатунів;
- відвернути гайки шатунних болтів;
- зняти кришки нижніх головок шатунів, після чого вийняти шатуни з крейцкопфами з картера. При розбиранні шатунів розкомплектування стрижня

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

шатуна і нижньої головки шатуна, а також припрацьованих комплектів вкладишів не допускається;

- від'єднати крейцкопфи і сережки від шатунів, вийнявши пальці з крейцкопфів;

- відвернути гайки і зняти гільзи крейцкопфів I, II, III ступенів;

- відвернути гайки на рамі, перехідному корпусі і муфті;

- зняти двигун з укріпленої на його валу напівмуфти;

- зняти маховик (ліву напівмуфти) з валу компресора;

- при знятті напівмуфти з валу двигуна необхідно попередньо відвернути гвинт і користуватися знімачем;

- відвернути гайки і від'єднати перехідною корпус від картера;

- зняти труби, що підводяться до маслососів і масляного фільтру;

- зняти масляний фільтр;

- віджати за допомогою віджимних болтів і зняти з картера критику з маслососів;

- зняти колінчастий вал разом з підшипниками і кришкою підшипника.

При частковому розбиранні установки порядок розбирання може бути змінений залежно від обсягу робіт.

Складання установки виконувати в порядку, зворотному розбиранню.

При збірці необхідно звернути увагу на наступне:

- всі деталі перед складанням повинні бути очищені від бруду, промиті в уайт-спіриті і просушені стисненим повітрям;

- всі тертьові поверхні деталей перед складанням, повинні бути змащені маслом робочим;

- при зазорі в шатунних підшипниках рівному 0,3 мм і овальності шийок 0,15 мм необхідно перешліфувати шийку вала і замінити вкладиші нижньої головки шатуна.

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ПОХНВ Т 00.00.00 ПЗ

Лист

64

При перешліфовці шийки колінчастого валу на ремонтний розмір необхідно витримувати розміри, і відповідно отриманому ремонтному розміру, підбирати та встановлювати вкладиші.

У процесі шліфування слід строго витримувати радіус кривошипа і радіус перехідних жолобників, тому що при збільшенні радіуса кривошипа можливий удар поршня по клапану, а при зменшенні радіусу жолобника можливі поломки колінчастого валу.

Гострі кромки масляних каналів на шийках колінчастого вала ретельно закрутляти, а поверхні шийок і перехідних жолобників - полірувати.

При збірці шатунних підшишків категорично забороняється проводити:

- шабріння робочих поверхонь вкладишів;
- розкомплектування вкладишів;
- перестановку кришки нижньої головки шатуна з одного шатуна на ішпий;
- перестановку шатунів з одного ступеня на ішпу;
- установку шатунних болтів з витягнутою, зірванши або неповним різьбленням.

Перед складанням кривошинно-шатунного механізму необхідно всі маслопровідні канали в колінчастому валу промити уайт-спіритом і продути стисненим повітрям.

При ремонті установки виготовлення швидкозношуваних деталей необхідно проводити за кресленнями.

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

5.ОХОРОНА ПРАЦІ

Ознайомившись із законом України “Про охорону праці”[14]можна висунути такі статті:

Стаття 1. Визначення понять і термінів

Охорона праці - це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності.

Роботодавець - власник підприємства, установи, організації або уповноважений ним орган, незалежно від форм власності, виду діяльності, господарювання, і фізична особа, яка використовує найману працю.

Працівник - особа, яка працює на підприємстві, в організації, установі та виконує обов'язки або функції згідно з трудовим договором (контрактом).

Стаття 2. Сфера дії Закону

Дія цього Закону поширюється на всіх юридичних та фізичних осіб, які відповідно до законодавства використовують найману працю, та на всіх працюючих.

Стаття 3. Законодавство про охорону праці

Законодавство про охорону праці складається з цього Закону, Кодексу законів про працю України, Закону України "Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності" та прийнятих відповідно до них нормативно-правових актів.

Якщо міжнародним договором, згода на обов'язковість якого надана Верховною Радою України, встановлено інші норми, ніж ті, що передбачені законодавством України про охорону праці, застосовуються норми міжнародного договору.

Стаття 4. Державна політика в галузі охорони праці

Державна політика в галузі охорони праці визначається відповідно до Конституції України Верховною Радою України і спрямована на створення

належних, безпечних і здорових умов праці, запобігання нещасним випадкам та професійним захворюванням.

Державна політика в галузі охорони праці базується на принципах:

пріоритету життя і здоров'я працівників, повної відповідальності роботодавця за створення належних, безпечних і здорових умов праці;

підвищення рівня промислової безпеки шляхом забезпечення суцільного технічного контролю за станом виробництв, технологій та продукції, а також сприяння підприємствам у створенні безпечних та нешкідливих умов праці;

комплексного розв'язання завдань охорони праці на основі загальнодержавної, галузевих, регіональних програм з цього питання та з урахуванням інших напрямів економічної і соціальної політики, досягнень в галузі науки і техніки та охорони довкілля;

соціального захисту працівників, повного відшкодування шкоди особам, які потерпіли від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань;

встановлення єдиних вимог з охорони праці для всіх підприємств та суб'єктів підприємницької діяльності незалежно від форм власності та видів діяльності;

адаптації трудових процесів до можливостей працівника з урахуванням його здоров'я та психологічного стану;

використання економічних методів управління охороною праці, участі держави у фінансуванні заходів щодо охорони праці, залучення добровільних внесків та інших надходжень на ці цілі, отримання яких не суперечить законодавству;

інформування населення, проведення навчання, професійної підготовки і підвищення кваліфікації працівників з питань охорони праці;

забезпечення координації діяльності органів державної влади, установ, організацій, об'єднань громадян, що розв'язують проблеми охорони здоров'я, гігієни та безпеки праці, а також співробітництва і проведення консультацій між роботодавцями та працівниками (їх представниками), між усіма соціальними групами під час прийняття рішень з охорони праці на місцевому та державному рівнях;

<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>

використання світового досвіду організації роботи щодо поліпшення умов і підвищення безпеки праці на основі міжнародного співробітництва.

Стаття 5. Права на охорону праці під час укладання трудового договору

Умови трудового договору не можуть містити положень, що суперечать законам та іншим нормативно-правовим актам з охорони праці.

Під час укладання трудового договору роботодавець повинен проінформувати працівника під розписку про умови праці та про наявність на його робочому місці небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які ще не усунуто, можливі наслідки їх впливу на здоров'я та про права працівника на пільги і компенсації за роботу в таких умовах відповідно до законодавства і колективного договору.

Працівнику не може пропонуватися робота, яка за медичним висновком протипоказана йому за станом здоров'я. До виконання робіт підвищеної небезпеки та тих, що потребують професійного добору, допускаються особи за наявності висновку психофізіологічної експертизи.

Усі працівники згідно із законом підлягають загальнообов'язковому державному соціальному страхуванню від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності.

Стаття 6. Права працівників на охорону праці під час роботи

Умови праці на робочому місці, безпека технологічних процесів, машин, механізмів, устаткування та інших засобів виробництва, стан засобів колективного та індивідуального захисту, що використовуються працівником, а також санітарно-побутові умови повинні відповідати вимогам законодавства.

Працівник має право відмовитися від дорученої роботи, якщо створилася виробнича ситуація, небезпечна для його життя чи здоров'я або для людей, які його оточують, або для виробничого середовища чи довкілля. Він зобов'язаний негайно повідомити про це безпосереднього керівника або роботодавця. Факт наявності такої ситуації за необхідності підтверджується спеціалістами з охорони праці підприємства за участю представника профспілки, членом якої він є, або уповноваженої працівниками особи з питань охорони праці (якщо професійна

Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата

ПОХНВ Т 00.00.00 ПЗ

Лист

68

спілка на підприємстві не створювалася), а також страхового експерта з охорони праці.

За період простою з причин, передбачених частиною другою цієї статті, які виникли не з вини працівника, за ним зберігається середній заробіток.

Працівник має право розірвати трудовий договір за власним бажанням, якщо роботодавець не виконує законодавства про охорону праці, не додержується умов колективного договору з цих питань. У цьому разі працівникові виплачується вихідна допомога в розмірі, передбаченому колективним договором, але не менше тримісячного заробітку.

Працівника, який за станом здоров'я відповідно до медичного висновку потребує надання легшої роботи, роботодавець повинен перевести за згодою працівника на таку роботу на термін, зазначений у медичному висновку, і у разі потреби встановити скорочений робочий день та організувати проведення навчання працівника з набуття іншої професії відповідно до законодавства.

На час зупинення експлуатації підприємства, цеху, ділянки, окремого виробництва або устаткування органом державного нагляду за охороною праці чи службою охорони праці за працівником зберігаються місце роботи, а також середній заробіток.

Стаття 7. Право працівників на пільги і компенсації за важкі та шкідливі умови праці

Працівники, зайняті на роботах з важкими та шкідливими умовами праці, безоплатно забезпечуються лікувально-профілактичним харчуванням, молоком або рівноцінними харчовими продуктами, газованою солоною водою, мають право на оплачувані перерви санітарно-оздоровчого призначення, скорочення тривалості робочого часу, додаткову оплачувану відпустку, пільгову пенсію, оплату праці у підвищеному розмірі та інші пільги і компенсації, що надаються в порядку, визначеному законодавством.

У разі роз'їзного характеру роботи працівникові виплачується грошова компенсація на придбання лікувально-профілактичного харчування, молока або

рівноцінних йому харчових продуктів на умовах, передбачених колективним договором.

Роботодавець може за свої кошти додатково встановлювати за колективним договором (угодою, трудовим договором) працівникові пільги і компенсації, не передбачені законодавством.

Протягом дії укладеного з працівником трудового договору роботодавець повинен, не пізніше як за 2 місяці, письмово інформувати працівника про зміни виробничих умов та розмірів пільг і компенсацій, з урахуванням тих, що надаються йому додатково.

Стаття 8. Забезпечення працівників спецодягом, іншими засобами індивідуального захисту, мийними та знешкоджувальними засобами

На роботах із шкідливими і небезпечними умовами праці, а також роботах, пов'язаних із забрудненням або несприятливими метеорологічними умовами, працівникам видаються безоплатно за встановленими нормами спеціальний одяг, спеціальне взуття та інші засоби індивідуального захисту, а також мийні та знешкоджувальні засоби. Працівники, які залучаються до разових робіт, пов'язаних з ліквідацією наслідків аварій, стихійного лиха тощо, що не передбачені трудовим договором, повинні бути забезпечені зазначеними засобами.

Роботодавець зобов'язаний забезпечити за свій рахунок придбання, комплектування, видачу та утримання засобів індивідуального захисту відповідно до нормативно-правових актів з охорони праці та колективного договору.

У разі передчасного зношення цих засобів не з вини працівника роботодавець зобов'язаний замінити їх за свій рахунок. У разі придбання працівником спецодягу, інших засобів індивідуального захисту, мийних та знешкоджувальних засобів за свої кошти роботодавець зобов'язаний компенсувати всі витрати на умовах, передбачених колективним договором.

Згідно з колективним договором роботодавець може додатково, понад встановлені норми, видавати працівникові певні засоби індивідуального захисту, якщо фактичні умови праці цього працівника вимагають їх застосування.

Комісія складається з представників роботодавця та професійної спілки, а також уповноваженої найманими працівниками особи, спеціалістів з безпеки, гігієни праці та інших служб підприємства відповідно до типового положення, що затверджується центральним органом виконавчої влади, що забезпечує формування державної політики у сфері охорони праці.

{Частина друга статті 16 із змінами, внесеними згідно із Законом № 5459-VI від 16.10.2012}[14]

					<i>ПОХНВ Т 00.00.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		71

Література

1. Навчальний посібник з курсового проектування / А. І. Дубинін, Р. І. Гаврилів, І. О. Гузьова; за ред. А. І. Дубиніна. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2012. - 360 с.
2. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии / Под ред. Чл.-корр. АН СССР П.Г. Романкова. – Л.: Химия.-1981.-560с.
3. Проектирование процессов и аппаратов пищевых производств / Под ред. В.Н. Стабникова.— К.: Вища школа.— 1982.— 199 с.
4. Лазинский А.А. Конструирование сварных химических аппаратов: Справочник.- Л.: Машиностроение.- 1981.- 199с.
5. Методические рекомендации и контрольные задания для самостоятельной работы по курсу «Процессы и оборудование химических производств» Часть 1 Гидромеханические и теплообменные процессы и оборудование / Сост. А.П. Врагов Я.Э. Михайловский. — Сумы: Изд-во СумГУ, 2001.-65 с.
6. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию / Под ред. Ю.И. Дытнерского. — М.: Химия, 1983. — 272 с., ил.
7. Лазинский А.А., Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры: Справочник.— Л.: Машиностроение. 1970.—752 с
8. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств: Примеры и задачи: Учеб. Пособие для студентов вузов / М.Ф. Михайлев, Н.П.Третьяков, А.И. Мильченко, В.В. Зобин; Подбщ. ред. М.Ф. Михайлева. Л.: Машиностроение, Ленингр. Отд – ние, 1984.- 301 с.
9. ГОСТ 14249 – 89 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность.

10. А.Г. Касаткин. Основные процессы и аппараты химической технологии. М., "Химия",
11. Марочник сталей и сплавов. / В.Г. Сорокин, А.В. Волосникова, С.А Вяткин и др.; Подобщ. Ред.. В.Г.Сорокина, М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.
12. А.Н. Плановский, П.И. Николаев. Процессы и аппараты химической и нефтяной технологии. Изд. 2-е, перераб. и доп., - Москва, Химия, 1972, 494 с.
13. Фарамазов С. А. Ремонт и монтаж оборудования химических и нефтеперерабатывающих заводов / С. А. Фарамазов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Химия, 1980. – 312 с
14. Закон Украины про охрану труда - <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12>.
15. Методичні вказівки кваліфікаційної роботи бакалавра / Укл. Р.О. Острога, М.С. Скиданенко, Я.Е. Михайловський, А.В. Іванія. – Суми : Сумський державний університет, 2019 – 32 с.