

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: Ректифікаційна установка у виробництві етанолу.

Розробити кожухотрубний конденсатор парів етанолу

Виконав:

студент групи ХМ-61

Лаврик В. С.

підпис

Залікова книжка

№ 18510260

Кваліфікаційна робота бакалавра
захищена на засіданні ЕК

з оцінкою _____

" ____ " _____ 20__ р.

Підпис голови
(заступника голови) комісії

Керівник:

доцент Яхненко С. М.

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 4 Група Хм-61 Семестр 8

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

студенту Лаврику Віталію Сергійовичу

1 Тема проекту: «Ректифікаційна установка у виробництві етанолу. Розробити кожухотрубний конденсатор парів етанолу»

2 Вихідні дані: Витрата етанолу в між трубному просторі 7400 кг/год при температурі 80° С під тиском 1,8 ат; холодний теплоносій в трубах – вода технічна з початковою температурою 18° С

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

- | | |
|----------------------------------------------|------------|
| 1. <u>Технологічна схема установки</u> | - 1 арк. |
| 2. <u>Складальне креслення апарату</u> | - 1 арк. |
| 3. <u>Креслення деталей і вузлів апарату</u> | - 1,5 арк. |

4 Питання з охорони праці: «Навчання працівників безпечних способів праці. Зміст та види інструктажів, хто і коли їх проводить»

5 Рекомендована література: 1.Лацинский А.А. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры / А.А.Лацинский, А.Р. Толчинский.– Москва: Машиностроение, 1970. –752 с. 2..Павлов К.Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии / К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков. — 10-е изд., перераб. и доп. — Л.: Химия, 1987. — 576с., 3.Охорона праці : конспект лекцій / викладач А. Ф. Денисенко. – Суми : СумДУ, 2007. – Ч. 2. – 130 с.

6 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

Дата видачі завдання _____

Керівник _____

підпис

Яхненко С.М.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 45 с., 12 рис., 2 табл., 2 додатка., 10 джерел.

Графічні матеріали: складальне креслення апарата – 1 аркуш формату А2х3, технологічна схема установки – 1 аркуш формату А2.

Тема роботи: «Ректифікаційна установка у виробництві етанолу. Розробити кожухотрубний конденсатор парів етанолу»

Наведено теоретичні основи процесу процесу ректифікації етанолу, виконані технологічні розрахунки апарата, визначені його розміри, гідравлічний опір, обґрунтований вибір матеріалу для виготовлення апарата, розраховано теплове навантаження і швидкість води в трубах апарата.

Ключові слова: АПАРАТ, УСТАНОВКА, ЕТАНОЛ, КОЛОНА РЕКТИФІКАЦІЙНА, РОЗРАХУНОК.

ЗМІСТ

	С.
Вступ	5
1. Технологічна частина	6
1.1. Опис технологічної схеми виробництва	6
1.2. Теоретичні основи процесу	7
1.3. Опис об'єкта розроблення та вибір основних конструктивних матеріалів	11
2. Технологічні розрахунки процесу і апарата	15
2.1. Технологічні розрахунки	15
2.2. Конструктивні розрахунки	20
2.3. Гідравлічний опір апарата	21
3. Розрахунки апарата на міцність та герметичність	23
3.1. Визначення товщини стінки апарата, кришки	23
3.2. Розрахунок фланцевого з'єднання	25
3.3. Розрахунок опори апарата	27
4. Монтаж та ремонт апарата	30
4.1. Монтаж розробленого апарата	30
4.2. Ремонт апарата	36
5. Охорона праці	43
Список літератури	45
Додатки	
Додаток А - Розрахунок фланцевого з'єднання	
Додаток Б – Специфікації до креслень	

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ					
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Конденсатор Пояснювальна записка			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>	Лаврик							4	45	
<i>Провір.</i>	Яхненко									
<i>Реценз.</i>								СумДУ, ХМ-61		
<i>Н. Контр.</i>										
<i>Утверд.</i>										

Вступ

Процеси і апарати, загальні для різних галузей хімічної технології, отримали назву основних процесів і апаратів. У хімічній промисловості здійснюються різноманітні процеси, в яких вихідні речовини в результаті фізико-хімічної взаємодії, зазнають глибокі перетворення, що супроводжуються зміною агрегатного стану, внутрішньої структури і складу речовини.

Ректифікація - процес розділення сумішей взаємно розчинних компонентів, що розрізняються по температурах кипіння, шляхом протиточного багаторазового контактування нерівноважних рідини і пара. Контактуювання здійснюється, як правило, в колонних апаратах на тарілчастих або насадок контактних пристроях протиточно - пар від низу до верху, рідина зверху вниз.

Ректифікацію широко застосовують в промисловості, наприклад, для отримання ректифікованого етилового спирту, з відділенням сивушних масел і альдегідних фракцій, для виділення бензинів, гасу та інших фракцій з нафти, а також отримання компонентів повітря (кисню, азоту, інертних газів).

Конденсатор (в теплотехніці) - теплообмінний апарат, теплообмінник, в якому здійснюється процес конденсації, процес фазового переходу теплоносія з пароподібного стану в рідке за рахунок відведення тепла більш холодним теплоносієм.

В конденсатор зазвичай надходять перегріті пари теплоносія, які охолоджуються до температури насичення і, конденсуючись, переходять в рідку фазу. Для конденсації пари необхідно відвести від кожної одиниці його маси теплоту, рівну питомої теплоті конденсації. Залежно від охолоджуючої середовища (теплоносія) конденсатори можуть бути розділені на наступні типи: з водяним охолодженням, з водноповітряним (випарним) охолодженням, з повітряним охолодженням, з охолодженням киплячим холодильним агентом в конденсаторі-випарнику, з охолодженням технологічним продуктом. Вибір типу конденсатора залежить від умов застосування.

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

1. Технологічна частина

1.1 Опис технологічної схеми виробництва

Принципова технологічна схема безперервно діючої ректифікаційної установки представлена на рис. 1.

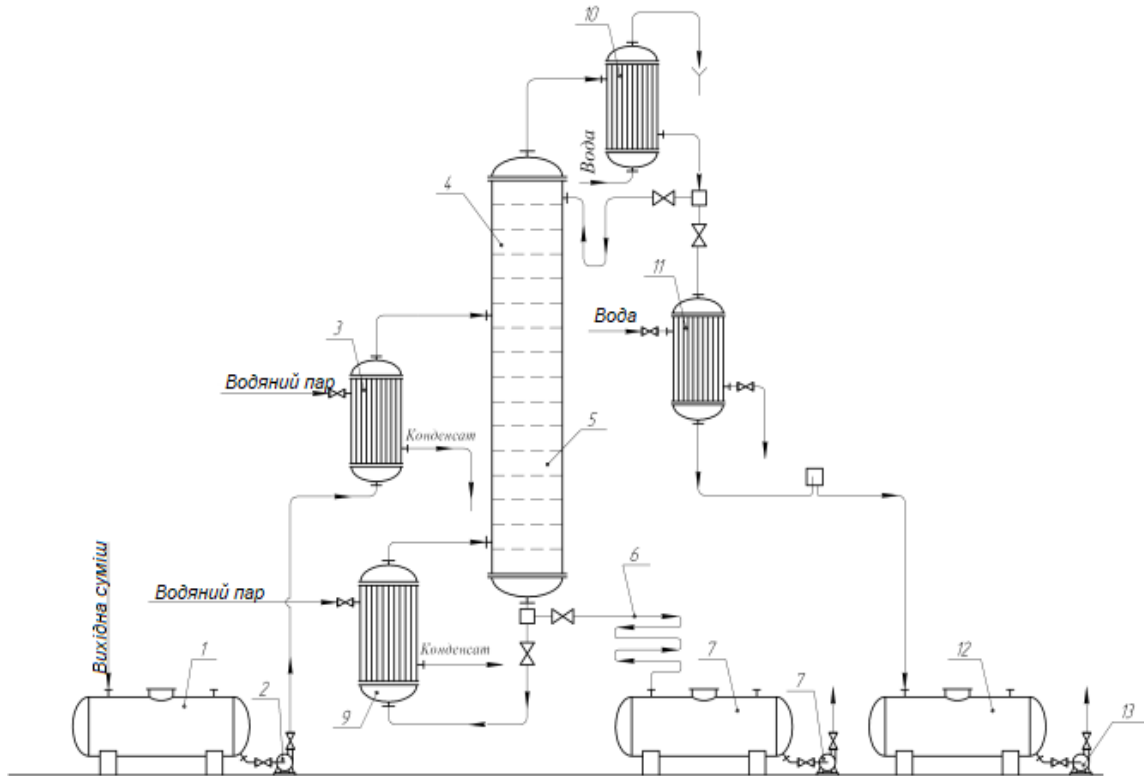


Рисунок 1 - Технологічна схема ректифікаційної установки:

1, 7, 12 - збірники-сховища; 2, 8, 13 - відцентрові насоси; 3 - підігрівач вихідної суміші; 4, 5 - верхня і нижня частини ректифікаційної колони; 6, 11 - холодильники; 9 - випарник; 10 - конденсатор

Вихідний розчин зі збірки-сховища 1 відцентровим насосом 2 подається в теплообмінник 3, де підігрівається до температури кипіння гріючим паром, що конденсується в між трубному просторі теплообмінника. Нагрітий розчин надходить на тарілку живлення в колону ректифікації, що складається з верхньої 4 - зміцнюючої частини і нижньої 5 - вичерпної частини. На тарілці живлення склад рідини відповідає складу вихідної суміші. В результаті поділу суміші з нижньої частини колони відводиться кубовий залишок, який охолоджується водою в теплообміннику 6 і відводиться в збірник 7,

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

звідки насосом 8 відкачується споживачеві. Частина кубового залишку відбирається з нижньої частини колони і виходить у випарник 9, в якому за рахунок тепла водяної пари, що подається в трубний простір, відбувається кипіння кубової рідини і утворення пари ВКК. Останній повертається в колону, під нижню тарілку, як парового зрошення.

Таким чином, в нижній частині колони ректифікації відбувається процес відгону (вичерпання) ВКК.

У верхній частині колони відбувається процес збагачення (зміцнення) піднімаючої пари НКК за рахунок багатоступеневого контактування їх на тарілках, і стікає зверху вниз флегмою. Відводяться з верхньої частини колони пари етанолу надходять в конденсатор 10, де конденсуються в його між трубному просторі за рахунок відведення тепла холодоагенту (воді технічної), що рухається в трубному просторі. Частина отриманого конденсату відбирається і у вигляді флегми повертається в колону на її зрошення. Інша частина - дистилат - додатково охолоджується в холодильнику 11 і направляється в збірник 12 в якості готового продукту з високою концентрацією НКК.

1.2 Теоретичні основи процесу

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

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

Тіла, які беруть участь в теплообміні, називаються теплоносіями. Теплообмінні процеси можуть відбуватися тільки за умови різниці температур між теплоносіями. Різниця температур - це рушійна сила процесу теплопередачі.

Важливим фактором є також напрямок руху теплоносіїв. Від нього сильно залежить характер процесу. Існує кілька схем руху потоків теплоносіїв:

1) прямоточна схема - гарячий теплоносій взаємодіє з холодним через роздільчу стінку, при цьому потоки спрямовані паралельно один до одного і в одному напрямку;

2) протиточна схема - потоки паралельні, але спрямовані в протилежні сторони;

3) перехресна схема - потоки спрямовані під кутом відносно один одного.

Розрахунок теплообмінного апарату включає визначення необхідної поверхні теплопередачі, вибір типу апарату і нормалізованого варіанта конструкції, які відповідають заданим технологічним умовам оптимальним чином.

Необхідну поверхню теплопередачі визначають з основного рівняння теплопередачі:

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

де F – поверхня теплопередачі, м²;

Δt_{cp} – середня температура процесу;

K – коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²·К);

Q – теплове навантаження, Вт.

Теплове навантаження апарату, відповідно за заданими технологічними умовами, знаходять по одному з наступних рівнянь:

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

- якщо агрегатний стан теплоносіїв не змінюється

$$Q = G \cdot c \cdot (t_1 - t_2);$$

– при конденсації насичених парів без охолодження конденсату

$$Q = G \cdot r;$$

– при конденсації насичених парів з охолодженням конденсату

$$Q = G \cdot (I_1 - c_2 \cdot t_2),$$

де I_1 – ентальпія перегрітого пара.

Теплові процеси - технологічні процеси, що протікають зі швидкістю, яка визначається законами теплопередачі.

Теплообмінні апарати - апарати, призначені для проведення теплових процесів.

Теплоносії - тіла (середовища), які беруть участь в теплообміні.

Теплопередача - наука про способи поширення тепла. Закони теплопередачі лежать в основі теплових процесів - нагрівання, охолодження, конденсації, випаровування, випарювання.

Принципово різні елементарні способи поширення тепла: теплопровідність, конвекція і теплове випромінювання.

Теплопровідність - перенесення тепла внаслідок безладного (теплого) руху мікрочастинок, які безпосередньо прилягають один з одним.

Конвекція - перенесення тепла внаслідок руху та перемішування макроскопічних обсягів теплоносія.

Природна (вільна) конвекція обумовлена різницею щільності в різних точках об'єму теплоносія, що виникає внаслідок різниці температур в цих точках. Примусова конвекція обумовлена примусовим рухом всього обсягу теплоносія.

Теплове випромінювання - процес поширення електромагнітних коливань з різною довжиною хвиль, обумовлений тепловим рухом атомів або молекул, що випромінюють тіла.

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тепловіддача - процес перенесення тепла від стінки до теплоносія або в зворотному напрямку.

Теплопередача - процес передачі тепла від більш нагрітого до менш нагрітого теплоносія через роздільну їх поверхню або тверду стінку.

Теплообмінні апарати мають різноманітне конструктивне оформлення, яке залежить від характеру протікаючих в них технологічних процесів і умов проведення цих процесів. Конструкції теплообмінників повинні відрізнятися простотою, зручністю монтажу і ремонту.

Застосування того чи іншого виду і типу теплообмінних апаратів незалежно від їх робочих параметрів пов'язано з властивостями теплообмінних середовищ, можливістю забруднення ними теплообмінних поверхонь (що може сильно погіршити теплопередачу), а також з необхідністю періодичної їх чистки, найчастіше механічним способом, для чого потрібно відповідне конструктивне оформлення, що забезпечує доступ до поверхонь, що піддаються чищенню.

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
						10
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1.3 Опис об'єкта розроблення та вибір основних конструктивних матеріалів

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

Даний конденсатор являє собою кожухотрубний теплообмінний апарат, в якому пари етанолу в кількості 7400 кг / год під абсолютним тиском 1,8 ат (згідно вихідних даних) надходять через верхній штуцер в між трубний простір, де конденсується на поверхні пучка труб. Конденсат, що утворився виводиться з апарату через нижній штуцер, і направляється на технологічні потреби.

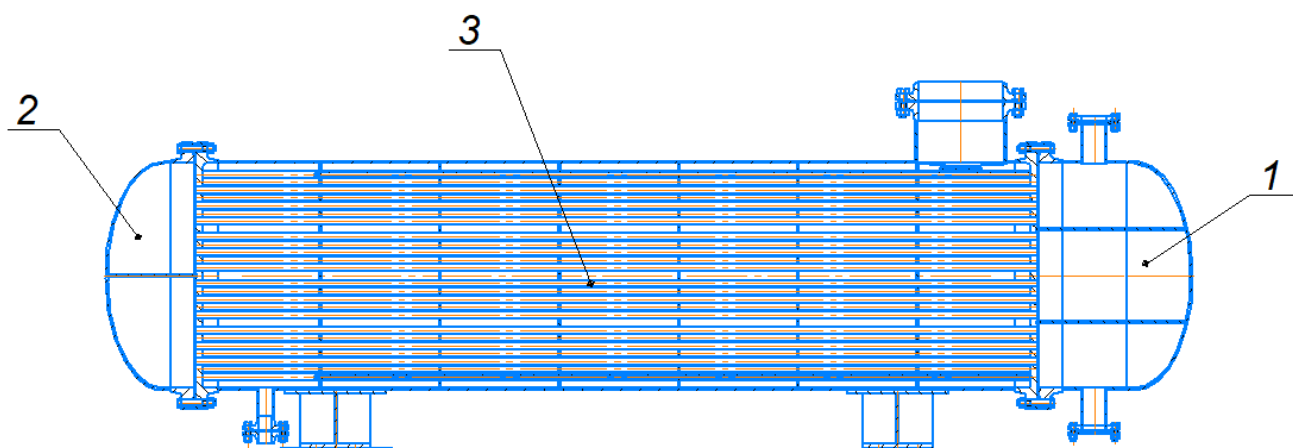


Рисунок 2 - Схема чотирьох ходового кожухотрубного конденсатора:

1 - розподільча камера; 2 - камера; 3 – трубчатка.

У трубний простір апарату безперервно подається вода технічна, де вона нагрівається, тим самим відбираючи тепло у етанолу. При необхідності відведену воду можна використовувати для опалення приміщень або інших потреб. Конструктивно теплообмінник складається з трубчатки (3) - пучка труб закріпленого в двох трубних решітках, який і складає основну поверхню теплообміну; розподільчої камери - для підведення (1) і відведення (2) охолоджуючої води.

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Камери мають роздільні перегородки, щоб запобігти змішуванню охолодженої та підігрітої води.

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].

Сталь 09Г2С ГОСТ 19282 (табл.1). Замінники: Сталь 09Г2, Сталь 09Г2ДТ, Сталь 09Г2Т, Сталь 10Г2С. Призначення: виготовлення фланців, розподільної камери; деталей, що працюють при температурах $-40 \dots + 425 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 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/катана ГОСТ 8239).

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
						12
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Таблиця 1. Основні фізико-механічні властивості Сталі 09Г2С:

модуль пружності E, МПа	200000
модуль зсуву G, МПа	77000
густина ρ , кг/м ³	7850
межа міцності σ_B , МПа, не менше	360
межа текучості σ_T , МПа, не менше	180
відносне звуження ψ , %	56
відносне подовження δ , %	25
твердість по Брінеллю, НВ	115

Зварюваність: зварюється без обмежень.

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

Призначення: виготовлення теплообмінних труб, штуцерів, кріпильних деталей (болти, шпильки, гайки), панелей, підстав, плати, кронштейнів, кутників, ребра жорсткості (див. табл.2).

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/катана з вуглецевої конструкційної сталі ГОСТ 2284, стрічка х/катана з низьковуглецевої сталі ГОСТ 503, стрічка х/катана пакувальна ГОСТ 3560), дріт (дріт низьковуглецева якісна ГОСТ 792, дріт х/витягнутий термічно необроблена ГОСТ 17305, дріт х/витягнутий для холодного висадження ГОСТ 5663), профільний прокат (швелер г/катаний ГОСТ 8240, куточок г/катаний рівно-поличний ГОСТ 8509, куточок г/катаний нерівно-поличний ГОСТ 8510, балка двотаврова г/катана ГОСТ 8239), труби (труба водогазопровідна ГОСТ 3262, труба безшовна холодно і тепло-деформована ГОСТ 8734, труба безшовна

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

деформована ГОСТ 8732, труба безшовна квадратна ГОСТ 8639, труба безшовна прямокутна ГОСТ 8645, труба електрозварні квадратна ТУ 14-105-566, труба електрозварна прямокутна ТУ 14-105-566).

Таблиця. 2 Основні фізико-механічні властивості Сталі 20:

модуль пружності E, МПа	200000
модуль зсуву G, МПа	74000
густина ρ , кг/м	7850
межа міцності σ_B , МПа, не менше	420
межа текучості σ_T , МПа, не менше	250
відносне звуження ψ , %	40
відносне подовження δ , %	16
твердість по Брjunеллю, НВ	156
твердість по Роквеллу(поверхнева),HRC	60

Зварюваність: зварюється без обмежень, крім хіміко-термічно оброблених деталей.

Поронит ПОН (ПОН-1) ГОСТ 481.

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

Основні фізико-механічні властивості:

- густина ρ , кг/см ³	1,6-2,0
- умовна міцність при розриві в поперечному напрямку, кгс/см ² , не менше	60

2 Технологічні розрахунки процесу і апарата

2.1 Технологічні розрахунки

Вихідні дані до технологічного розрахунку апарату (рис. 2), вказані відповідно до завдання на проектування.

Між трубний простір - етанол:

- витрата $G_{п}$, кг/ч 7400

- абсолютний тиск p_k , ат 1,8

Трубний простір - вода технічна:

- початкова температура $t_{нв}$, °C 18

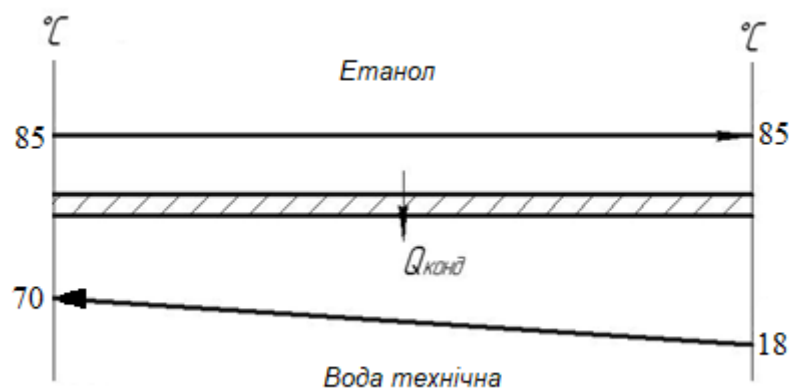


Рисунок 3. - Теплова схема процесу конденсації

Згідно вихідних даних, етанол надходить в апарат при температурі конденсації, яка при тиску 1,8 ат становить 85 ° C [7]. Тому теплове навантаження (рис. 3) випарника Q в нашому випадку буде дорівнює:

$$Q = Q_{\text{конд}} = G_{п} r_x = \left(\frac{7400}{3600} \right) \cdot 840 = 1727 \text{ кВт} , \quad (1)$$

де $G_{п}$ – масова витрата гарячого теплоносія (етанол), кг/с;
 r_x – питома теплота конденсації етанолу при тиску $p_k = 1,8$ ат (згідно [2]), кДж/кг.

Середня різниця температур Δt_{cp} , $^{\circ}\text{C}$:

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{\text{м}}}{2,31 \lg \left(\frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\text{м}}} \right)} = \frac{67 - 15}{2,31 \lg \left(\frac{67}{15} \right)} = 34,7^{\circ}\text{C}, \quad (2)$$

де Δt_{δ} и $\Delta t_{\text{м}}$ – велика й мала різниці температур на кінцях теплообмінного апарату, $^{\circ}\text{C}$.

$$\Delta t_{\text{м}} = 85 - 70 = 15^{\circ}\text{C};$$

$$\Delta t_{\delta} = 85 - 18 = 67^{\circ}\text{C}.$$

Кінцева температура холодного теплоносія (вода технічна) приймається відповідно до рекомендацій [4] нижче температури гарячого теплоносія на 5 ... 15 $^{\circ}\text{C}$

Витрата охолоджуючої води $G_{\text{в}}$, кг / с, з рівняння теплового балансу (оскільки температури теплоносіїв близькі до температури навколишнього середовища, втратами тепла можна знехтувати):

$$G_{\text{в}} = \frac{Q}{c_{\text{в}} \cdot (t_{\text{кв}} - t_{\text{нв}})} = \frac{1727}{4,185 \cdot (70 - 18)} = 7,9 \text{ кг/с}, \quad (3)$$

де $c_{\text{в}}$ – теплоємність води при середній температурі $t_{cp} = 44^{\circ}\text{C}$ (згідно [2]), кДж/(кг·К).

Орієнтовно необхідна поверхня теплообміну F_{op} , м^2 :

$$F_{\text{в}} = \frac{Q}{K_{op} \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{1727 \cdot 10^3}{550 \cdot 34,7} = 90,5 \text{ м}^2, \quad (4)$$

де K_{op} – орієнтовне значення коефіцієнта теплопередачі для конденсаторів (приймається в діапазоні 300÷800 Вт/($\text{м}^2 \cdot \text{K}$) згідно рекомендацій [4]).

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Попередньо вибираємо кожухотрубний конденсатор по ГОСТ 15118-79 з наступними параметрами: діаметр кожуха $D = 800$ мм, теплообмінні труби $\varnothing 25 \times 2,5$ довжиною $l = 3,0$ м, число ходів по трубах $z = 4$, загальне число труб 404 шт., поверхня теплообміну $F=95$ м², площа перерізу одного ходу по трубах $s_{тр}=0,011$ м².

Швидкість води w_B , м/с, в трубах апарата:

$$w_B = \frac{G_B}{\rho_B \cdot s_{тр}} = \frac{7,9}{990 \cdot 0,011} = 0,73 \text{ м/с}, \quad (5)$$

де ρ_B – густина води (при середній температурі $t_{ср_B}=44$ °С) (згідно[2]), кг/м³.

Критерій Рейнольдса Re_B , що характеризує співвідношення сил інерції і тертя в потоці холодного теплоносія (води технічної):

$$Re_B = \frac{w_B \cdot (d - 2s) \cdot \rho_B}{\mu_B} = \frac{0,73 \cdot (25 - 2 \cdot 2,5) \cdot 10^{-3} \cdot 990}{0,61 \cdot 10^{-3}} = 23695, \quad (6)$$

де d і s – діаметр і товщина стінки теплообмінних труб відповідно, м;
 μ_B – коефіцієнт динамічної в'язкості води (при середній температурі $t_{ср_B}=44$ °С) (згідно[2]), Па·с.

Критерій Прандтля Pr_B , характеризує ставлення в'язкості і температур провідних властивостей холодного теплоносія (води технічної):

$$Pr_B = \frac{c_p \mu_B}{\lambda_B} = \frac{4,185 \cdot 10^3 \cdot 0,61 \cdot 10^{-3}}{0,64} = 4,0, \quad (7)$$

де λ_B – коефіцієнт теплопровідності води (при середній температурі $t_{ср_B}=44$ °С) (згідно [2]), Вт/(м·К).

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Тепловіддача при розвиненому турбулентному режимі ($Re > 10000$) в прямих трубах і каналах описується критеріальним рівнянням [2]:

$$Nu_B = 0,021 \cdot \varepsilon_1 Re_B^{0,8} Pr_B^{0,43} \left(\frac{\mu_2}{\mu_{ст2}} \right)^{0,25} = \quad (8)$$

$$= 0,021 \cdot 1 \cdot 23695^{0,8} \cdot 4,0^{0,43} \cdot 1 = 120,5,$$

де Nu_B – критерій Нусельта, що характеризує інтенсивність переходу теплоти на кордоні стінка-потік холодного теплоносія;

ε_1 - поправочний коефіцієнт, що враховує вплив на коефіцієнт тепловіддачі відношення довжини труби l до його діаметру d ; $(\mu_2/\mu_{ст2})^{0,25}$ – множник, що враховує напрямок теплового потоку (відповідно до рекомендацій [2] при проектуванні теплообмінників в розрахунку коефіцієнтів тепловіддачі для нагріваються рідин можна приймати $(\mu_2/\mu_{ст2})^{0,25} = 1$, допускаючи невелику похибку в сторону зменшення коефіцієнта тепловіддачі, т. е. в сторону запасу).

Коефіцієнт тепловіддачі від стінки потоку холодного теплоносія α_2 , Вт/(м²·К) [2]:

$$\alpha_2 = \frac{Nu_B \cdot \lambda_B}{d - 2s} = \frac{120,5 \cdot 0,64}{(25 - 2 \cdot 2,5) \cdot 10^{-3}} = 3855 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}. \quad (9)$$

Коефіцієнт тепловіддачі від потоку етанолу що конденсується на зовнішній поверхні пучка горизонтальних труб n_1 , Вт/(м²·К) [2]:

$$\alpha_1 = 0,728 \cdot \varepsilon \cdot \varepsilon_t \cdot \sqrt[4]{\frac{\lambda_x^3 \rho_x^2 r_x' g}{\mu_x \Delta t d}} = \quad (10)$$

$$= 0,728 \cdot 0,7 \cdot 1 \cdot \sqrt[4]{\frac{0,159^3 \cdot 738^2 \cdot 840 \cdot 9,81}{45,9 \cdot 10^{-6} \cdot 5 \cdot 25 \cdot 10^{-3}}} = 678 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)},$$

						ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			18

де ε - коефіцієнт, що залежить від розташування труб в пучку та розрахункового числа труб пв в кожному вертикальному ряду;

ε_t - поправочний коефіцієнт, що враховує залежність фізичних властивостей конденсату від температури;

λ_x - коефіцієнт теплопровідності конденсату етанолу (згідно [2]), Вт / (м·К);

ρ_x - щільність конденсату етанолу (згідно [2]), кг / м³;

g_x - сума вищу теплоту і перегріву етанолу, Дж / кг; $g_x = 840$, т. к. етанол надходить в апарат вже при температурі конденсації [1];

g - прискорення вільного падіння, м / с²;

μ_x - динамічний коефіцієнт в'язкості конденсату етанолу (згідно [2]), Па·с;

Δt - різниця температур конденсації і поверхні стінки, К.

Коефіцієнт теплопередачі K , Вт/(м²·К), від потоку хладону що конденсується через стінку потоку холодного теплоносія (води технічної):

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{s}{\lambda_{ст}} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{678} + \frac{2,5 \cdot 10^{-3}}{46,5} + \frac{1}{3855}} = 560 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}, \quad (11)$$

де $\lambda_{ст}$ – коефіцієнт теплопровідності матеріалу теплообмінних труб, Вт/(м·К).

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

2.2 Конструктивний розрахунок апарату

Необхідна поверхня теплообміну F , м^2 :

$$F_b = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{1727 \cdot 10^3}{560 \cdot 34,7} = 88,9 \text{ м}^2. \quad (12)$$

Остаточо приймаємо кожухотрубний конденсатор з такими характеристиками: діаметр кожуха $D = 800$ мм, теплообмінні труби $\text{Ø}25 \times 2,5$ довжиною $l = 3,0$ м, число ходів по трубах $z = 4$, загальне число труб 404 шт., поверхня теплообміну $F = 95 \text{ м}^2$, площа перерізу одного ходу по трубах $s_{тр} = 0,011 \text{ м}^2$.

Коефіцієнт запасу поверхні теплообміну χ , %:

$$\chi = \left(1 - \frac{F}{F_{тр}}\right) \cdot 100\% = \left(1 - \frac{88,9}{95}\right) \cdot 100\% = 6,5\%, \quad (13)$$

Отриманий запас поверхні не перевищує допустимих 20%.

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

$$d = \sqrt{\frac{4V}{\pi w}} = \sqrt{\frac{4G}{\pi \rho w}} \quad (14)$$

де V і G – об'ємний і масовий витрати рідини або пари відповідно $\text{м}^3/\text{с}$ і $\text{кг}/\text{с}$;

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

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

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

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

- для пара і газів 5 ... 15 м / с.

Діаметр патрубку для входу парів етанолу в апарат d_n , м:

$$d_n = \sqrt{\frac{4 \cdot 7400 / 3600}{3,14 \cdot 3,5 \cdot 10}} = 0,274 \text{ м}.$$

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Діаметр патрубкa для виходу конденсату етанолу d_k , м:

$$d_k = \sqrt{\frac{4 \cdot 7400 / 3600}{3,14 \cdot 738 \cdot 1,5}} = 0,049 \text{ м.}$$

Діаметр патрубкa для входу води в апарат $d_{вх}$, м:

$$d_{вх} = \sqrt{\frac{4 \cdot 7,9}{3,14 \cdot 998 \cdot 2}} = 0,071 \text{ м.}$$

Діаметр патрубкa для виходу води з апарату $d_{вих}$, м:

$$d_{вих} = \sqrt{\frac{4 \cdot 7,9}{3,14 \cdot 978 \cdot 2}} = 0,072 \text{ м.}$$

Приймаються в проектуваному теплообмінному апараті штуцера для входу парів етанолу $D_y = 300$ мм і $P_y = 0,2$ МПа, для виходу конденсату етанолу $D_y = 50$ мм і $P_y = 0,2$ МПа, для входу і виходу води $D_y = 80$ мм і $P_y = 0,2$ МПа.

2.3 Гідравлічний опір апарата

Повний гідравлічний опір ΔP , Па, по трубному простору теплообмінного апарату:

$$\begin{aligned} \Delta P &= \Delta P_{mp} + \Delta P_{.m} = \left(\lambda \frac{L}{d - 2s} + \sum \xi_{.m} \right) \frac{w_g^2 \rho_g}{2} = & (15) \\ &= \left(0,165 \frac{3,0}{(25 - 2 \cdot 2,5) \cdot 10^{-3}} + 12,5 \right) \cdot \frac{0,73^2 \cdot 990}{2} = 9826 \text{ Па} \end{aligned}$$

де λ – коефіцієнт гідравлічного тертя;

$\xi_{.m}$ – коефіцієнт місцевого опору.

Для ізотермічного турбулентного потоку в гідравлічно шорсткуватих трубах (згідно [2]):

$$\lambda = 0,11 \left(\frac{\Delta}{d - 2s} + \frac{68}{Re_b} \right)^{0,25} = & (16)$$

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

$$= 0,11 \left(\frac{0,1}{(25 - 2 \cdot 2,5) \cdot 10^{-3}} + \frac{68}{23695} \right)^{0,25} = 0,165$$

де Δ - абсолютна шорсткість поверхні труб (для сталевих нових труб $\Delta = 0,06 \dots 0,1$ мм, для сталевих труб, що були в експлуатації, з незначною корозією $\Delta = 0,1 \dots 0,2$ мм відповідно до [4]), мм .

Сума коефіцієнтів місцевих опорів ξ_m в апараті:

$$\begin{aligned} \sum \xi_m &= 2\xi_1 + 2\xi_2 + \xi_3(z-1) = & (17) \\ &= 2 \cdot 1,5 + 2 \cdot 1 + 2,5 \cdot (4-1) = 12,5, \end{aligned}$$

де ξ_i – коефіцієнти місцевих опорів (вхідний і вихідний камери $\xi_1=1,5$, вхід в труби і вихід із них $\xi_2=1$, поворот на 180° між ходами $\xi_3=2,5$ згідно[4]).

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

3 Розрахунки апарата на міцність та герметичність

3.1 Визначення товщини стінки апарата, кришки

Розрахунок товщини стінки корпусу апарата ведемо згідно з розрахунковою схемою яка наведена на рис. 4.

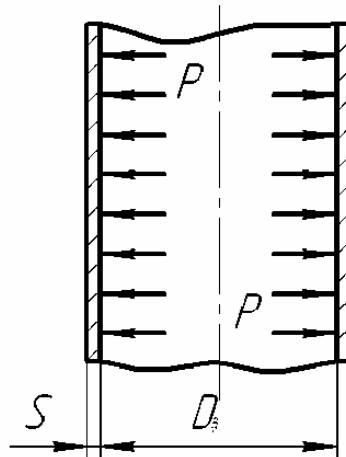


Рисунок 4 - Розрахункова схема циліндричної обичайки
Прийmemo коефіцієнт міцності зварних швів $\varphi = 0,9$ (ручна дугова електрозварювання), напруга для сталі 09Г2С при $t = 85^\circ \text{C}$ [6]:

$$\sigma^* = 172,5 \text{ МПа}$$

Тиск етанолу в між трубному просторі:

$$p_p = 1,8 \text{ ат} = 0,18 \text{ МПа.}$$

Для листового матеріалу допустима напруга

- на краю пов'язаних елементів:

$$[\sigma] = \eta \cdot \sigma^* = 1,0 \cdot 172,5 = 172,5 \text{ МПа}$$

- при гідравлічних випробуваннях

$$[\sigma]_{\text{и}} = \frac{\sigma_{T20}}{1,1} = \frac{280}{1,1} = 254,5 \text{ МПа}$$

Напруга, що допускається для матеріалу 09Г2С при температурі $t = 20^\circ \text{C}$

$$[\sigma]_{20} = 170 \text{ МПа}$$

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Пробний тиск при гідравлічних випробуваннях і що дозволяється при напрузі

$$p_{и} = \max \left\{ \begin{array}{l} 1,25 \cdot p_p \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} \\ p_p + 0,3 \end{array} \right\}, \text{ МПа} \quad (18)$$

$$P_{и} = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{1,25 \cdot 0,18 \cdot 170}{172,5} = 0,16 \\ 0,18 + 0,3 = 0,48 \end{array} \right\} = 0,48 \text{ МПа.}$$

Прийmemo надбавку до розрахункової товщині за весь термін служби апарату (10 років) $c = 2,0$ мм Розрахункова товщина стінки кожуха при гідравлічних випробуваннях і за допустимої напруги

$$s_p = \max \left\{ \begin{array}{l} p_p \cdot D / (2 \cdot \varphi[\sigma] - p_p) \\ p_{и} \cdot D / (2 \cdot \varphi[\sigma]_{и} - p_{и}) \end{array} \right\} \quad (19)$$

$$S_p = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{0,18 \cdot 800}{2 \cdot 0,9 \cdot 172,5 - 0,18} = 0,46 \\ \frac{0,48 \cdot 800}{2 \cdot 0,9 \cdot 254,5 - 0,48} = 0,84 \end{array} \right\} = 0,84 \text{ мм.}$$

Виконавча товщина стінки кожуха

$$s \geq s_p + c \quad (20)$$

$$S = 0,84 + 2 = 2,84 \text{ мм.}$$

Приймаемо стандартне значення товщини стінки кожуха $S = 4,0$ мм.

Розрахунок товщини стінки еліптичного днища ведемо згідно схеми яка наведена на рис.5.

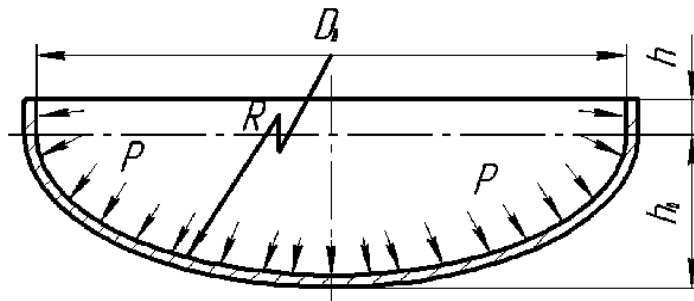


Рисунок 5 - Розрахункова схема еліптичного днища

Розрахункова товщина еліптичного днища:

$$S_p^{\partial} = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{P_p \cdot D}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] - 0,5 \cdot P_p} \\ \frac{P_{II} \cdot D}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma]_{II} - 0,5 \cdot P_{II}} \end{array} \right\} \quad (21)$$

$$S_p^{\partial} = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{0,18 \cdot 800}{2 \cdot 0,9 \cdot 172,5 - 0,5 \cdot 0,18} = 0,46 \\ \frac{0,48 \cdot 800}{2 \cdot 0,9 \cdot 254,5 - 0,5 \cdot 0,48} = 0,84 \text{ мм} \end{array} \right\} = 0,84 \text{ мм}$$

Приймаємо $S_p = 4,0$ мм.

3.2 Розрахунок фланцевого з'єднання

Згідно заданому діаметру і тиску приймаємо фланець виступ-впадина приварний в стик (рис. 6).

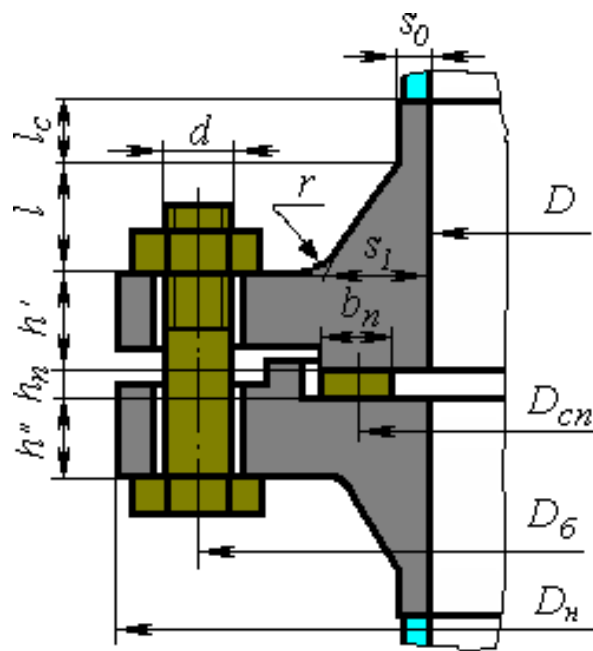


Рисунок 6 - Ескіз фланцевого з'єднання

Початкові дані

Тип фланців: приварні встик

Виконання: Виступ-западина

Теплоізоляція: Немає

Діаметр болтової окружності, Дб: 905 мм

Болти:

Матеріал: Ст 40

Зовнішній діаметр, d: 20 мм

Кількість, n: 28

Контроль затяжки: Немає

Прокладка:

Матеріал прокладки: Гума по ГОСТ 7338 з твердістю по Шору А
до 65 одиниць

Товщина, hп: 5 мм

Середній діаметр, Dсп: 833,1 мм

Ширина, bп: 33 мм

Розрахунок на міцність та герметичність фланцевого з'єднання
проведений за допомогою програми PASSAT, результати якого
представлені в додатку А.

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

3.3 Розрахунок опори апарата

Знаходимо масу обичайки кожуха:

$$m_{\kappa} = \left[\frac{\pi \cdot (D + 2 \cdot S_{\text{ц}})^2}{4} - \frac{\pi \cdot D^2}{4} \right] \cdot H \cdot \rho \quad (22)$$

де ρ – густина сталі, $\rho = 7890$ кг/м³.

$$m_{\kappa} = \left[\frac{3,14 \cdot (0,8 + 2 \cdot 0,004)^2}{4} - \frac{3,14 \cdot 0,8^2}{4} \right] \cdot 3 \cdot 7890 = 239 \text{ (кг)}.$$

Маса еліптичного днища і кришки відповідно (згідно [5]):

$$m_{\text{э}} = 1,24 \cdot D^2 \cdot S_{\text{э}} \cdot \rho, \quad (23)$$

$$m_{\text{эдн}} = m_{\text{экр}} = 1,24 \cdot 0,8^2 \cdot 0,004 \cdot 7890 = 25 \text{ (кг)},$$

Маса труб:

$$m_{\text{мп}} = \frac{\pi}{4} \cdot (d_n^2 - d_{\text{вн}}^2) \cdot H \cdot n \cdot \rho, \quad (24)$$

$$m_{\text{мп}} = \frac{3,14}{4} \cdot (0,025^2 - 0,02^2) \cdot 3 \cdot 404 \cdot 7890 = 1689 \text{ (кг)}.$$

Маса фланця з решіткою.:

$$m_{\phi} = \frac{\pi \cdot D_{\phi}^2}{4} \cdot h_{\phi} \cdot \rho, \quad (25)$$

де D_{ϕ} – зовнішній діаметр фланця, м;

h_{ϕ} – висота фланця, м.

$$m_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 0,945^2}{4} \cdot 0,09 \cdot 7890 = 498 \text{ (кг)}.$$

Об'єм між трубного простору:

$$V_{\text{мтр}} = f_{\text{мтр}} \cdot H, \quad (26)$$

$$V_{\text{мтр}} = 0,3 \cdot 3 = 0,9 \text{ (м}^3\text{)}.$$

При коефіцієнті заповнення $\varphi=0,5$ маса етанолу в апараті складе:

$$m_x = V_{\text{мтр}} \cdot \rho_x \cdot \varphi, \quad (27)$$

$$m_x = 0,9 \cdot 738 \cdot 0,5 = 332 \text{ (кг)}.$$

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Сила тяжіння апарату в робочому стані:

$$G = g \cdot (m_k + m_{\text{Эдн}} + m_{\text{Экр}} + m_{\text{тр}} + m_{\text{ф}} + m_x), \quad (28)$$

$$G = 9,81 \cdot (239 + 25 + 25 + 1689 + 498 + 332) = 27546 \text{ (Н)}.$$

Приймаємо кількість опор $n = 2$ шт.

Навантаження на одну опору складе:

$$Q = \frac{G}{n}, \quad (29)$$

$$Q = \frac{27546}{2} = 13773 \text{ (Н)}.$$

Остаточно приймаємо по ОСТ 26-2091-93 стандартну сідлову опору 160-432-2, яка має допустиме навантаження 160 кН і радіус $R=432$ мм (схема опори див. рис. 7):

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

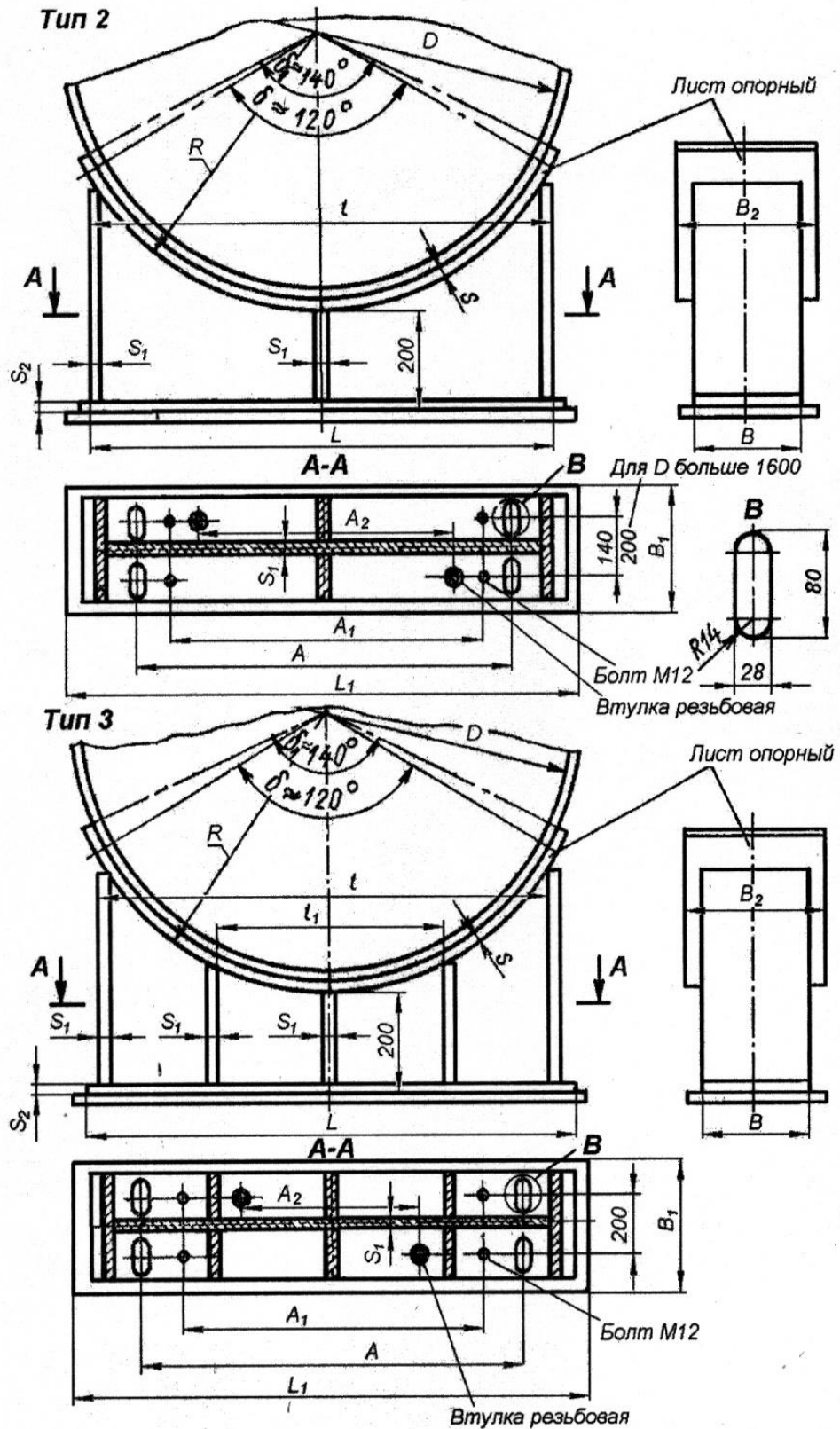


Рисунок 7 – Конструктивна схема сідлової опори

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

4 Монтаж та ремонт апарата

4.1 Монтаж розробленого апарата

Підготовчі роботи

Для виконання монтажних робіт виконуються різноманітне обладнання, призначене в основному для проведення такелажних операцій.

Стальні дровові канати використовуються в якості вантажних канатів поліспаствів, а також для виготовлення стропів. По конструктивному признаку канати діляться на канати одинарного, двійного і потрійного плетення. Канати одинарного плетення виготовляються безпосередньо з окремих дротів. При двійному плетенні з окремих дротів звивають паси, а з паса - канат. Канати подвійного плетення називаються тросами, потрійного плетення - кабелями.

Сталеві канати зазвичай працюють на розтягнення, а при огинанні барабана або ролика - на вигин. Зусилля, що діє на канат, має різне значення в залежності від схеми підйому. При розрахунку зусиль враховуються к. к. д. нерухомих блоків і к. к. д. відвідних блоків. К. к. д. блоку з роликами, насадженими на підшипниках кочення, дорівнює 0,98, а з роликами, насадженими на підшипниках ковзання - 0,96. При збільшенні кількості блоків навантаження на канат підвищується.

Замість канатів можна використовувати тонку сталеву стрічку (Відношення ширини до товщині понад 100). Стрічка простіше в виготовленні і дешевше, легше змащується, зменшує габарити блоків, не закручується під навантаженням, піддається покриттю фторопластом. Стропи виготовляються зі сталевих канатів, рідше – з сталевих ланцюгів або конопляних канатів і служать для стропування вантажів, що піднімаються.

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Монтаж

Вага та розміри теплообмінників що випускаються в даний час дозволяють транспортувати їх до місця монтажу в повністю зібраному вигляді. Для транспортування використовують залізничні платформи, трейлери, автомашини та ін.[10]

Теплообмінні апарати встановлюють на нульовій позначці або на постаментах. Для теплообмінників, що розміщуються на нульовій позначці, влаштовують фундамент у вигляді двох залізобетонних стовпів з анкерними болтами під опори. Теплообмінні апарати встановлюють на рухому і нерухому опори. Болти на рухомий опорі переміщуються в овальному отворі в напрямку температурного подовження апарату. Між корпусом і опорами апарату повинні поміщатися підкладки з листової сталі, що запобігають вм'ятини на корпусі. До корпусу вертикально розташованих теплообмінників замість опор приварюють лапи з ребрами жорсткості. Під теплообмінники, монтовані на постаментах, спеціальні фундаменти не влаштовують, а кріплять їх до балок перекриттів будівлі.

Монтаж теплообмінних апаратів виконують із застосуванням стрілових самохідних кранів. Якщо вантажопідйомність крана недостатня, практикується установка теплообмінників за допомогою двох кранів, що працюють строго узгоджено. [9]

Теплообмінники, розміщені в два яруси і більше, доцільно піднімати великими блоками з кількох апаратів після їх взаємної трубопровідної обв'язки. При підйомі блок обв'язаних теплообмінників укладають в ґратчастий жорсткий контейнер, за який і виробляють строповку. [10]

Вертикальність теплообмінників вивіряють за рівнем або схилю, а горизонтальність - тільки по схилю.

Залежно від використання одного або двох кранів строповку горизонтальних апаратів здійснюють різними способами (рис. 9).

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

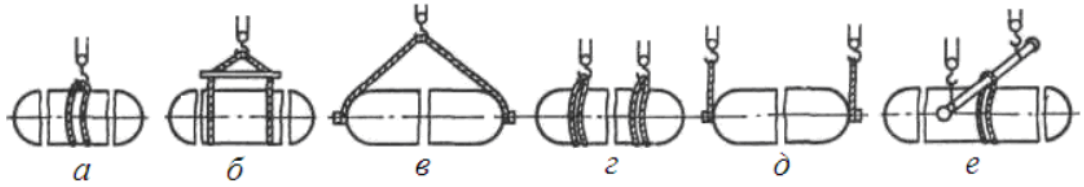


Рисунок 9. Способи стропування горизонтальних апаратів:

а - одним краном з обв'язкою канатом за середню частину апарату «на удав»; б - універсальної траверсою; в - за два монтажних штуцера; г - двома кранами «на удав»; д - спареними кранами за два або чотири штуцера; е - балансна траверса з кріпленням до апарату за середню частину[9].

При обмеженою висоті підйому гака крана місця стропування можна розташувати на днище апарату нижче його горизонтальній осі, але в цьому випадку на кожному днище (по обидва боки його вертикальної осі) слід приварювати два монтажних штуцера.

На фундаменті

Установка устаткування на фундаменті з точним вивірянням в плані, по висоті і по горизонталі необхідна для забезпечення працездатності обладнання, можливості з'єднання один з одним окремих одиниць обладнання та підвищення жорсткості корпусних деталей. Жорсткість корпусних деталей (станин) забезпечується їх високою металоємністю. При закріпленні на фундаменті за рахунок приєднання жорсткості фундаменту жорсткість станин істотно підвищується. Спирається обладнання на фундамент здійснюється наступними способами (рис. 8.28): 1) з опертям обладнання безпосередньо на фундамент; 2) із застосуванням пакетів плоских металевих підкладок, клинів, опорних башмаків і т. д. і підливою бетонної суміші після закріплення обладнання; 3) з опертям обладнання на бетонну підливу при «без підкладкової» методах монтажу. Найбільш кращі без підкладкової методи монтажу як більш економічні, однак необхідність компенсувати неточність розмірів

						ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			33

фундаментів змушує використовувати підкладочні методи монтажу. Пакети підкладок є постійним ними несучими опорами і сприймають як монтажні, так і експлуатаційні навантаження, а підлива має допоміжне призначення.

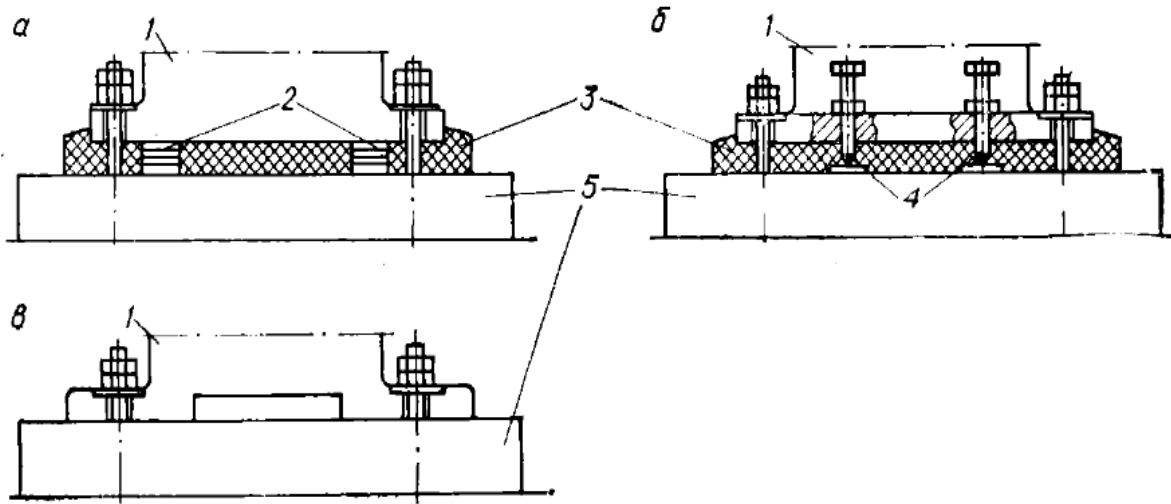


Рисунок 10. - Способи обпирання обладнання на фундамент:

а - з обпиранням на пакети підкладок; б - з обпиранням на бетонну підливу; в - з обпиранням безпосередньо на фундамент; 1 - обладнання; 2 - пакет підкладок; 3 - бетонна підлива; 4 - установочний болт; 5 - фундамент. [9]

Болти

Розрахункові болти сприймають навантаження, які виникають при роботі технологічного обладнання. Залежно від способу установки болти поділяються на такі види: 1) установлені безпосередньо в масив фундаменту (болти глухі); 2) встановлюються в масив фундаменту з ізолюючою трубою (болти глухі і знімні); 3) встановлюються в просвердлені свердловини (болти глухі і знімні); 4) встановлюються в колодках (болти глухі). Основні типи фундаментних болтів представлені на рис. 11. Болти з відгинами є найбільш простими і встановлюються безпосередньо в масив фундаменту або в колодязь, як показано на рис. 11, а. При установці болта в масив фундаменту болт кріпиться на спеціальних кондукторів, строго фіксують і забезпечують проектне положення болта при бетонуванні фундаменту.

Болти з анкерними плитами (рис. 11, б) закладаються в фундаментом так само, як і болти з відгинами, і можуть мати меншу висоту, ніж болти з відгинами. Складові болти з анкерними плитами (рис. 11, в) використовуються при установці устаткування методом повороту або насування. У цих випадках муфта і нижня шпилька з анкерної плитою встановлюються в масив фундаменту під час бетонування, а верхня шпилька ввертається в муфту на всю довжину різьблення після установки устаткування через отвори в опорах обладнання.

Болти з ізолюючою трубою (рис. 11, г) встановлюються в масив фундаменту і можуть бути з анкерної плитою або з амортизуючими елементами. Труба що ізолює дозволяє демонтувати болт, т. е. робить його знімним. Ізолююча труба і анкерна плита закладаються в фундамент під час бетонування, а шпилька встановлюється вільно в трубі після пристрою фундаменту і ввертається в анкерну плиту.

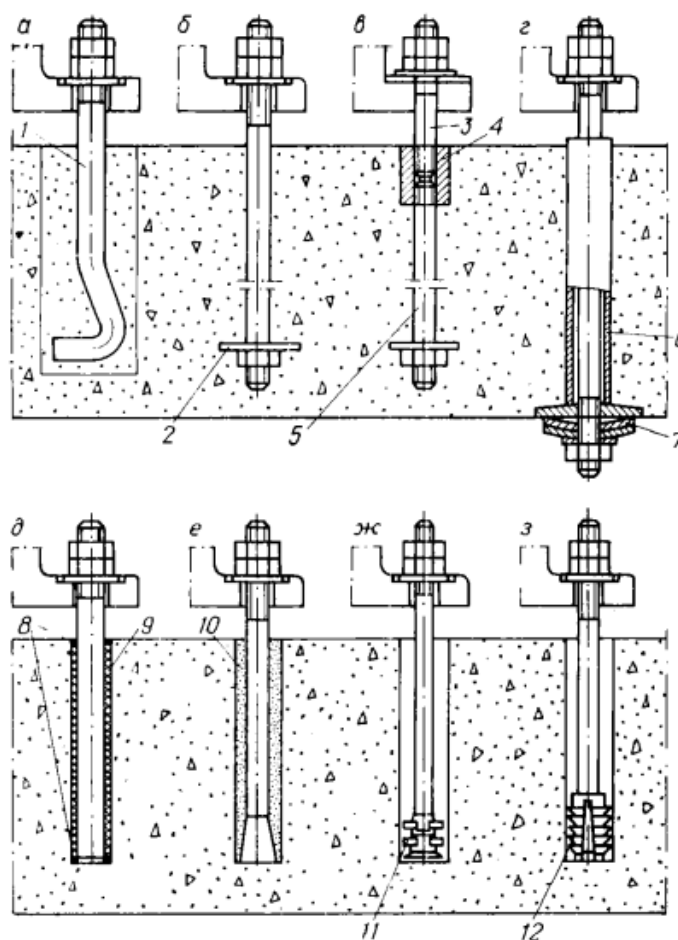


Рисунок 11. Основні типи фундаментних болтів:

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

а - з вигином; б - з анкерною плитою; в – складовою з анкерної плити; г – з ізолюючою трубою; д - прямий на епоксидному клеї; е - конічний зі цементною чеканкою; ж - конічний з розпірною цангою; з - конічний з розпірною втулкою;

1 – болт; 2 анкерна плита; 3 – верхня шпилька; 4 - муфта; 5 – нижня шпилька; 6 – ізолююча труба;

7 - тарілчаста пружина; 8 – центрувальне кільце; 9 - епоксидний клей; 10 – цементна чеканка; 11 - розпірна цанга; 12 – розпірна втулка.

Болти з амортизуючими елементами складаються з шпильки, ізолюючої труби, анкерної плити, шпильки і тарілчастих пружин, що встановлюються в нижній частині болта. Амортизуючі елементи за рахунок пружних деформацій забезпечують міцність з'єднання при меншій глибині загортання болта в бетон, проте вони володіють недоліком, що полягає в необхідності мати доступ до нижньої частини болтів. Болти з тарілчастими пружинами і ізолюючою трубою рекомендуються для установки обладнання, що зазнає при експлуатації динамічні навантаження і удари. Прямі болти, що закріплюються за допомогою епоксидного клею (Рис. 11, д), і конічні болти, що закріплюються за допомогою цементної чеканки, розпірних цанг або розпірних втулок (Рис. 11, е-з), встановлюються в просвердлені свердловини. [9]

4.2 Ремонт апарата

Теплообмінні апарати є дуже поширеним типом апаратури. Наприклад, на нафтопереробних заводах і підприємствах основної хімії частина апаратури складає близько 40%.

У процесі тривалої роботи теплообмінні апарати піддаються забруднення і зносу. Поверхня їх покривається накипом, маслом, відкладенням солей і смол, окислюється і т. п. Зі збільшенням відкладень зростає термічний опір стінки і погіршується теплообмін.

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Знос теплообмінного апарату виражається в наступному:

- 1) зменшення товщини стінки корпусу, днища, трубних решіток;
- 2) вм'ятини на корпусі і днищах; 3) свищі, тріщини, прогари на корпусі, трубках і фланцях; 4) збільшення діаметра отворів для труб в трубній решітці; 5) прогин трубних решіток і деформація трубок; 6) заклинювання плаваючих головок і пошкодження їх струбцин; 7) пошкодження лінзових компенсаторів; 8) пошкодження сальникових пристроїв і пружинних опор; 9) порушення гідро- і теплоізоляції.

Підготовка до ремонту включає виконання наступних заходів:

- 1) знижується надлишковий тиск до атмосферного і апарат звільняється від продукту; 2) відключається арматура і ставляться заглушки на всіх підвідних 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) представляється план і виходить дозвіл на вогневі роботи, якщо вони необхідні в процесі ремонту; 6) складається акт здачі в ремонт. [10]

Далі виконуються наступні роботи: 1) зняття кришок апарату, люків, демонтаж обв'язки і арматури; 2) виявлення дефектів вальцювання і зварювання, а також цільності трубок гідравлічним і пневматичним випробуваннями на робочий тиск; 3) часткова зміна або відключення дефектних трубок, кріплення труб гнуття або зварюванням; 4) ремонт футеровки і антикорозійних деталей з частковою заміною; 5) ремонт або заміна зношеної арматури, трубопроводів, регулювання запобіжних клапанів; 6) зміна ущільнень розбірних з'єднань; 7) витяг трубок, чистка внутрішньої поверхні корпусу апарату і теплообмінних трубок, зачистка отворів в трубній решітці, зачистка решт трубок; 8) заміна частини корпусу, днищ (кришок) і зношених деталей; 9) виготовлення нових трубок; 10)

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

монтаж трубного пучка і вальцювання труб в решітки; 11) ремонт плаваючих головок; 12) монтаж різьбових з'єднань; 13) гідравлічне випробування між трубної і трубної частин апарату пробним тиском; 14) пневматичне випробування апарату.

Основними конструктивними недоліками теплообмінних апаратів є наступні: 1) велика трудомісткість складання-розбирання 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.

Відмови теплообмінників відбуваються в основному через пропуск продукту через вальцювальні з'єднання і через ущільнення кришки плаваючою головки і через корозію труб трубного пучка.

Найбільш трудомісткими операціями при ремонті теплообмінної апаратури є: 1) встановлення та демонтаж різьбових з'єднань, очищення теплообмінної апаратури; 2) витяг трубних пучків, ремонт та виготовлення трубних пучків і їх установка; 3) випробування теплообмінників.

Зниження трудомісткості робіт по монтажу і демонтажу різьбових з'єднань досягається застосуванням пневматичних і гідравлічних гайковертів. Після розкручення знімається кришка апарату. Зменшення трудовитрат на опускання і підйом важкої кришки забезпечується виготовленням Поворотних кронштейнів, які дозволяють після розкручення відвести в сторону кришку і розподільну головку.

Витягувати трубні пучки можна тільки з теплообмінників с плаваючою головою.

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

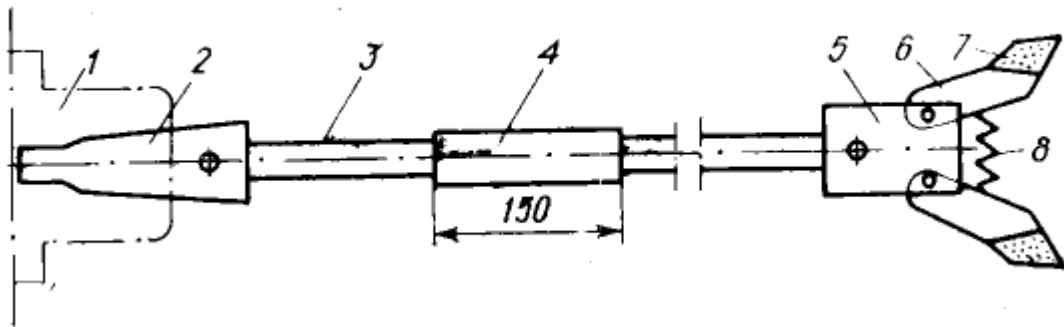


Рисунок 12. Пристосування для чищення труб: 1- пневмодрель; 2 - конус Морзе; 3 - трубка; 4 - трубка-тримач; 5 тримач різців; 6 - різець; 7 - побідитовий наконечник; 8 - пружина.

Пристосування для видалення твердих і крихких відкладень накипу, коксу, солей і внутрішніх поверхонь горизонтальних і вертикальних трубок теплообмінних апаратів, представлено на рис. 6.8. До талі («кішці») бпідвіщується свердлильна машина, що складається з бура 1, полого вала 2, розподільного золотника 3, електро- або пневмоприводу 4 і упору 5. Таль розташовується на кран-балки, що розташована на двох триногах 7. При обертанні і поступальному русі бура 1 відбувається розпушення відкладень на внутрішній поверхні трубки. Вода, що подається через золотниковий пристрій 3, вимиває бруд. Передбачена також подача повітря і водяної пари.

Корпус апарату, який має різні випучини і вм'ятини, виправляється ударами кувалди по мідній підкладці. Усунення невеликих вм'ятин при товщині стінки корпусу або кришки, виконаних з вуглецевої сталі, не більше 3-4 мм здійснюється нагріванням. Якщо неможливо усунути зазначені вище дефекти ударами і нагріванням, то пошкоджені частини або видаляють, або на них ставляться накладки.

Дефектні штуцера і трубні решітки при досягненні максимальних величин зносу і прогину замінюються.

Свищі і тріщини усуваються шляхом заварки або постановкою накладок з попереднім видаленням дефектного ділянки.

За допомогою кольорової дефектоскопії визначають протяжність і положення кінців тріщин, виявлених в корпусі. Ці кінці до заварки засвердлюють свердлами діаметром 3 - 4 мм. Не наскрізні тріщини глибиною не більше 0,4 товщини стінки розділюються під заварку односторонньою вирубкою на максимальну глибину тріщини зі зняттям крайок під кутом 50-60 °. При тріщині понад 100 мм зварювання проводять обернено-ступінчатим методом. Наскрізні і нескрізні тріщини глибиною більше 0,4 товщини стінки обробляють на всю товщину вирубкою зубилом.

При частковій заміні корпусу апарату необхідно винять наступні вимоги: 1) матеріал для виготовлення нових частин корпусу по механічним і хімічним властивостям повинен бути однаковим з матеріалом ремонтується корпусу; 2) товщина листа заміної частини повинна бути не менше проектної; 3) електроди повинні відповідати зварювального матеріалу; 4) замикають обичайки повинні бути шириною не менше 400 мм; 5) поздовжні шви в горизонтальних апаратах не повинні бути в нижній частині апарату; 6) кромки поверхні обичайки і основного металу на ширині 10 мм необхідно зачистити перед зварюванням до чистого металу; 7) поздовжні шви в окремих обичайках циліндричної частини апарату, а також меридіональні або хордові шви днищ, що примикають до обичайок, повинні бути зміщені відносно один одного не менш ніж на 100 мм; 8) відстань між поздовжніми швами в окремих обичайках має бути не менше 200 мм; 9) при зварюванні стиків необхідно передбачити плавний перехід від одного елемента до іншого. [9]

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

5 Охорона праці

Роботодавець (або уповноважена ним особа) зобов'язаний протягом місяця після прийому на роботу організувати навчання безпечним методам і прийомам виконання робіт всіх вступників на роботу осіб, а також осіб, що переводяться на іншу роботу. Навчанню з охорони праці та перевірку знань вимог охорони праці підлягають всі працівники підприємства, у тому числі її керівник.

Навчання з охорони праці проводиться при підготовці працівників робітничих професій, перепідготовки та навчанні їх іншим робітничим професіям.

Роботодавець (або уповноважена ним особа) забезпечує навчання осіб, прийнятих на роботу з шкідливими і (або) небезпечними умовами праці, безпечних методів і прийомів виконання робіт зі стажуванням на робочому місці і здачею іспитів, а в процесі трудової діяльності проведення періодичного навчання та перевірки знань вимог охорони праці.

Працівники робітничих професій, вперше надійшли на зазначені роботи або мають перерву в роботі за професією (виду робіт) більше року, проходять навчання і перевірку знань вимог охорони праці протягом першого місяця після призначення на ці роботи.

Порядок, форма, періодичність і тривалість навчання але охорони купа і перевірки знань вимог охорони праці працівників робітничих професій встановлюються роботодавцем (або уповноваженого ним особою) відповідно до нормативних правових актів, що регулюють безпеку конкретних видів робіт.

Роботодавець (або уповноважена ним особа) організовує проведення періодичного, не рідше 1 разу на рік, навчання працівників робітничих професій надання першої допомоги постраждалим. Знову прийняті на роботу проходять навчання з

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

надання першої допомоги постраждалим в терміни, встановлені роботодавцем (або уповноваженою ним особою), але не пізніше одного місяця після прийому на роботу.

Навчання з охорони праці керівників і фахівців

Керівники і фахівці організацій проходять спеціальне навчання з охорони праці в обсязі посадових обов'язків під час вступу на роботу протягом першого місяця і далі по мірі необхідності, але не рідше 1 разу на 3 роки.

Новопризначені на посаду керівники і фахівці організації повинні бути допущені до самостійної діяльності після їх ознайомлення роботодавцем (або уповноваженою ним особою) з посадовими обов'язками, в тому числі з охорони праці, з діючими в організації локальними нормативними актами, що регламентують порядок організації робіт з охорони праці, умовами праці на ввірених їм об'єктах (структурних підрозділах організації).

Навчання з охорони праці керівників і фахівців проводиться за відповідними програмами з охорони праці безпосередньо самою організацією або освітніми установами професійної освіти, навчальними центрами та іншими установами і організаціями, що здійснюють освітню діяльність, при наявності у них ліцензії на право ведення освітньої діяльності, викладацького складу, що спеціалізується в галузі охорони праці, і відповідної матеріально-технічної бази.

Керівники і фахівці організації можуть проходити навчання з охорони праці і перевірку знань вимог охорони праці в самій організації, що має комісію з перевірки знань вимог охорони праці.

Навчання з охорони праці керівників і фахівців в організації проводиться за програмами навчання з охорони праці, які

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

розробляються на основі зразкових навчальних планів і програм навчання з охорони праці і затверджується роботодавцем.

Інструкція з охорони праці - нормативний акт, що встановлює вимоги з охорони праці при виконанні робіт у виробничих приміщеннях, на території підприємства, на будівельних майданчиках та в інших місцях, де виробляються ці роботи або виконуються службові обов'язки.

Інструкції з охорони праці можуть бути міжгалузеві і галузеві типові і для працівників підприємств, ділянок і конкретного робочого місця.

У інструкцію з охорони праці рекомендується включати наступні розділи:

- 1. Загальні вимоги охорони праці.
- 2. Вимоги охорони праці перед початком роботи.
- 3. Вимоги охорони праці під час роботи.
- 4. Вимоги охорони праці в аварійних ситуаціях.
- 5. Вимоги охорони праці після закінчення роботи.

При необхідності в міжгалузеву або галузеву типову інструкцію з охорони праці можна включати інші розділи.

Перевірку та перегляд інструкцій з охорони праці працівників організовує роботодавець не рідше одного разу на п'ять років.

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Інструкції з охорони праці для працівників можуть достроково переглядатися:

- при перегляді міжгалузевих і галузевих правил і типових інструкцій з охорони праці;
- при зміні умов праці працівників;
- при впровадженні нової техніки і технології;
- за результатами аналізу матеріалів розслідування аварій, нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань;

Якщо протягом терміну дії інструкції з охорони праці для працівника умови його праці не змінилися, то її дія автоматично продовжується на наступний термін.

Інструкції працівникам можуть бути видані на руки під розписку в особистій картці інструктажу для вивчення при первинному інструктажі, або вивішені на робочих місцях або ділянках, або зберігається в іншому місці, доступному для працівників.

У процесі навчання з охорони праці керівників і фахівців проводяться лекції, семінари, співбесіди, індивідуальні або групові консультації, ділові ігри тощо. Можуть використовуватися елементи самостійного вивчення програми з охорони праці, модульні і комп'ютерні програми, а також дистанційне навчання.

Навчання з охорони праці керівників і фахівців організацій здійснюється при підвищенні їх кваліфікації.

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Список літератури:

1. Лащинский А.А. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры: Справочник / А.А. Лащинский, А.Р.Толчинский —Л .: Машиностроение, 1970. — 752 с., ил.
2. 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. Романкова П.Г. — 9-е изд., перераб. и доп. — Л.: Химия, 1981. — 560 с., ил.
3. Доманский И.В. Машины и аппараты химических производств: примеры и задачи. Учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности «Машины и аппараты химических производств» / И.В. Доманский, В.П. Исаков, Г.М. Островский и др.; Под общ. ред. Соколова В.Н. — Л.: Машиностроение, 1982. — 384 с., ил.
4. Борисов Г.С. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию / Г.С. Борисов, В.П. Брыков, Ю.И. Дытнерский и др. Под ред. Дытнерского Ю.И., 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Химия, 1991. — 496 с., ил.
5. Лащинский А.А.. Конструирование сварных химических аппаратов: Справочник / А.А. Лащинский— Л.: Машиностроение, 1981. — 382 с., ил.
6. 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.
7. ДСТУ 3-17-191-2000. Посудини та апарати сталвні зварні. Загальні технічні умови. — На заміну ОСТ 26-291-94; Введ. 16.02.2000. — К.: Державний комітет промислової політики України, 2000. — 301 с., іл.
8. ДНАОП 0.00-1.07-94. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением. Введ. 01.03.1995. — К.: Государственный комитет Украины по надзору за охраной труда, 1994. — 200 с., ил.
9. Ермаков В. И. Технология ремонта химического оборудования / В. И. Ермаков, В. С. Шеин. – Ленинград : Химия, 1977.
10. Яхненко С. М., Литвиненко А. В. Конспект лекций по курсу: “Монтаж, експлуатація та ремонт обладнання хімічних виробництв”/ Яхненко С. М., Литвиненко А. В. - Видавництво СумДУ 2018.

					ПОХНП.Т.00.00.00 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45