

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

Кафедра «Хімічна інженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри
Склабінський В.І.

Кваліфікаційна магістерська робота

**зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
освітня програма «Обладнання хімічних виробництв
і підприємств будівельних матеріалів»**

Тема роботи: "Установка підготовки газу Мачухського газоконденсатного родовища. Розробити та модернізувати сепаратор II ступеня сепарації"

Виконав:
студент групи ХМ.м-01/1
Самойленко В.О.

підпис

Залікова книжка
№ 18510240

Кваліфікаційна робота магістра
захищена на засіданні ЕК
з оцінкою _____

«__» _____ 20__ р.

Керівник:

д.т.н. Ляпоценко О.О.

підпис, дата

Підпис голови
(заступника голови) комісії

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 101 с., 23 рис., 3 табл., 2 додатки, 26 джерела.

Графічні матеріали: технологічна схема установки, складальне креслення апарата, складальне креслення вузла(опора), складальне креслення корпусу апарата, креслення плакату по САПР, креслення деталей(обичайка, днище, зміювик) – усього 6 аркушів формату А1.

Тема кваліфікаційної роботи магістра: ”Установка підготовки газу. Розробити сепаратор II ступеня сепарації”.

Наведені теоретичні основи та особливості процесу сепарації газу у виробництві та очищенні газу від крапель рідини та інших домішок, виконані розрахунки матеріального і теплового балансів процесу, технологічні розрахунки апарата, виконані конструктивні розрахунки апарату, визначені його розміри, гідравлічний опір, обґрунтований вибір матеріалу для виготовлення апарата, розраховане і вибране допоміжне обладнання.

Розрахунками на міцність і герметичність показана надійність роботи спроектованого апарата. В рамках цього розділу були виконані такі розрахунки: товщина стінки обичайки, днища, укріплення отворів, розрахунок фланцевого з'днання, вибір та розрахунок опори.

Також були проведені оптимізаційні розрахунки обладнання за допомогою програмного комплексу ChemCAD.

Всі розрахунки були виконані за допомогою спеціальної літератури.

Ключові слова: АПАРАТ, УСТАНОВКА, СЕПАРАЦІЯ, ГАЗ, КОНДЕНСАТ, РОЗРАХУНОК, ТОВЩИНА СТІНКИ, СЕПАРАТОР, МОНТАЖ, РЕМОНТ.

Зміст

	Перв. примен.		2
		Вступ	2
		1. Технологічна частина	4
		1.1 Опис технологічної схеми виробництва	4
		1.2 Теоретичні основи процесу	6
		1.3 Опис об'єкта розроблення та вибір основних конструктивних матеріалів	10
		2. Технологічні розрахунки процесу і апарата	17
		2.1 Матеріальний та тепловий баланси процесу. Технологічні розрахунки	17
		2.2 Конструктивні розрахунки	25
		2.3 Гідравлічний опір апарату	30
		2.4 Вибір допоміжного обладнання	32
		3. Розрахунки апарата на міцність та герметичність	37
		3.1 Визначення товщини стінки апарата, кришки	37
		3.2 Розрахунок укріплення отворів.	40
		3.3 Розрахунок опори апарата	47
		3.4 Розрахунок фланцевого з'єднання	51
		4. Монтаж та ремонт апарата	52
		4.1 Монтаж розробленого апарата	52
		4.2 Ремонт апарата	55
		5. Охорона праці	60
		Список літератури	63
		Додаток А	
		Додаток Б ОПТИМІЗАЦІЙНІ МОДЕЛЮВАННЯ СЕПАРАТОРІВ ТА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДАННЯ УПГ	65
		Б.1. Загальна методика проведення числових моделювань.	65
		Б.2. Опис установки та налаштування розрахункової моделі.	68
		Б.3. Результати оптимізаційних моделювань та розрахунків.	76
		Специфікації	

Справ. №

Підп. и дата

Інв. № докл.

Взам. інв. №

Інв. № посл.

ПОХНП.С.00.00.000.ПЗ

Ізм.	Лист	№ докum.	Підп.	Дата
Разрад.		Самойленко		
Пров.		Ляпощенко		
Н.контр.				
Утв.				

Сепаратор II ступеня
сепарації

Лит.	Лист	Листов
	1	103

ХМ.М-01/1

Вступ

Природний газ – суміш газів, що утворилася в надрах землі при анаеробному розкладанні органічних речовин та/або при конденсації у пастках еманцій з верхньої мантії. Як правило, це суміш газоподібних вуглеводнів (метану, етану, пропану, бутану тощо), що утворюється в земній корі та широко використовується як високоекономічне паливо на електростанціях, у чорній та кольоровій металургії, цементній та скляній промисловості, у процесі виробництва будматеріалів та для комунально-побутових потреб, а також як сировина для отримання багатьох органічних сполук.

Природний газ є корисною копалиною. Часто є побічним газом при видобутку нафти. Природний газ у пластових умовах (умовах залягання в земних надрах) перебуває в газоподібному стані у вигляді окремих скупчень (газові поклади) або у вигляді газової шапки нафтогазових родовищ – це вільний газ, або в розчиненому стані в нафті або воді (у пластових умовах), а в стандартних умовах (0,101325 МПа і 20 °С) – тільки в газоподібному стані. Також природний газ може перебувати у вигляді газогідратів.

Основним процесом на промислових установках комплексної підготовки газу (УКПГ) перед подачею її на газопереробні заводи (ГПЗ) є попереднє очищення природного газу від крапельної рідини та механічних домішок. Тому задача вдосконалення технологій підготовки газу та розробка ресурсозберігаючого газопромислового обладнання поряд з традиційно застосовуваними низько енергоефективними способами та застарілими конструкціями постає сьогодні однією з актуальних проблем перед фахівцями нафтогазової промисловості. [1]

Одним з основних апаратів УКПГ є сепаратор II ступеня сепарації, який використовується для очищення природного газу від крапельної рідини та механічних домішок, а також подальшого додаткового виділення газу за рахунок підігріву жаровими трубами.

Можна зазначити, що на даний момент часу процес сепарації є актуальним у світі. Цей процес може використовуватися не тільки

Підп. і дата						
Інв. № докл.						
Взам. інв. №						
Підп. і дата						
Інв. № подл.						
Изм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	ПОХНП.С.00.00.000.ПЗ	Лист
						2

в нафтогазовому, нафтохімічному та нафтопереробному виробництві, а і у безлічі різних галузей промисловості.

Інв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № відп.	Подп. и дата	ПОХНП.С.00.00.0000.ПЗ	Лист
						3
Ізм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Копировал	Формат А4

1. Технологічна частина

1.1 Опис технологічної схеми виробництва

Типова схема установки підготовки газу (УПГ) представлена на рис. 1. Сирий газ зі свердловин надходить на першу сходинку сепарації 1, де відділяється рідка фаза (пластова вода з розчиненими інгібіторами та сконденсований вуглеводневий конденсат). Відсепарований газ прямує в рекуперативні теплообмінники 2 і 3 для рекуперації холоду з дросельованих потоків газу і конденсату. Для попередження гідратутворення в потік газу перед теплообмінниками впорскують діетилен – гліколь (ДЕГ). При наявності вільного перепаду тиску (надлишкового тиску промислового газу) охолоджений газ з теплообмінників надходить в розширений пристрій – дросель. Після охолодження в розширювальному пристрої газ надходить в низькотемпературний сепаратор 5, де з потоку газу відокремлюються сконденсовані рідкі вуглеводні і водний розчин інгібітору гідратутворення. Газ з сепаратора 5 через теплообмінник 2 подається в магістральний газопровід. Рідка фаза через дросель 4 надходить в трифазний сепаратор 6, звідки газ вивітрювання ежектором повертається в основний потік. Водний розчин інгібітору, що виводиться знизу сепаратора 6, направляється на регенерацію, а вивітрений конденсат через теплообмінник 3 – на стабілізацію на установку стабілізації конденсату (УСК). [2]

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № докл.	Подп. и дата	Лист
	Подп. и дата				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	4

ПОХНП.С.00.00.000.ПЗ

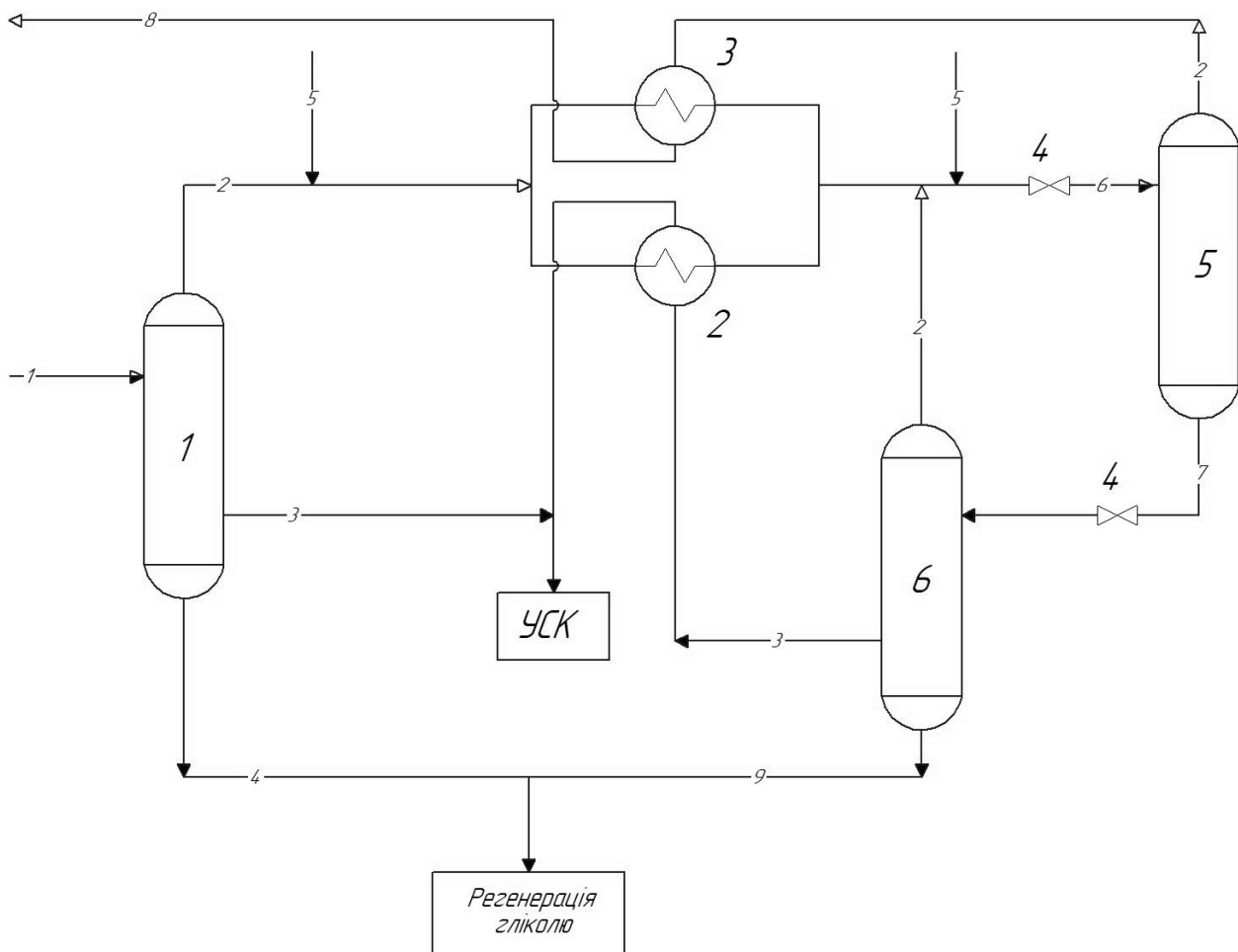


Рис. 1 – Схема установки підготовки газу

Інв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата
ПОХНП.С.00.00.000.ПЗ				
Ізм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
				Лист
				5
Копировал			Формат А4	

1.2 Теоретичні основи процесу.

Сепарація газу – у газо- і нафтовидобуванні – це процес розділення твердої, рідкої і газової (парової) фаз потоку природного газу з подальшим вилученням з нього твердої і рідкої фаз.

Сепарація газу призначена для запобігання потраплянню волози і твердих частинок у промислові газозбірні мережі і технологічного обладнання газових і газоконденсатних родовищ. Недостатній рівень С.з. приводить до низької гідравлічної ефективності пром. газопроводів, суттєвих перевищень витрат енергії, яка витрачається на компримування газу, зростання експлуатаційних витрат, можливості утворення газогідратних пробок у промислових системах збору і транспорту газу, зниження ефективності роботи технологічного обладнання промислів.

Сепарація газу може бути основана на зміні термодинамічної рівноваги газового (газоконденсатного) потоку внаслідок зниження температури та тиску; на способі гравітаційного розділення фаз потоку, що проходить за рахунок різниці густин газу, рідини та твердих механічних домішок; на інерційному розділенні фаз газового (газоконденсатного) потоку за рахунок дії відцентрової сили при тангенціальному введенні потоку в газовий сепаратор або внаслідок зміни напрямку потоку в самому сепараторі при радіальному введенні потоку. У конструкціях сепараторів відокремлення газу від рідких і твердих домішок базується на випаданні частинок при малих швидкостях руху газового (газоконденсатного) потоку внаслідок дії сил тяжіння або інерційних (відцентрових) сил, що виникають при криволінійному русі потоку. Крім того в газових сепараторах передбачена коагуляційна секція (екстрактор туману). [3]

Процес сепарації

При сепарації не відбувається зміни хімічного складу поділюваних речовин. Сепарація можлива якщо присутні відмінності в характеристиках компонентів у суміші: в розмірах або формі твердих частинок, в їх масах, густині, коефіцієнтах тертя, міцності, пружності, змочуваності поверхні, магнітної сприйнятливості,

Підп. і дата										
Інв. № докл.										
Взам. інв. №										
Підп. і дата										
Інв. № подл.										
Ізм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	ПОХНП.С.00.00.000.ПЗ					Лист
										6

електропровідності, радіоактивності та інших. Властивості, що відрізняють продукти сепарації, не обов'язково повинні збігатися з ознаками, за якими розділяють суміш компонентів у виробництві. Наприклад, при сепарації побічної породи та вугілля продукти при однаковій густині можуть мати різну зольність, що визначає якість вугілля. У самому процесі сепарації бере участь дуже велика кількість окремих дрібних частинок, серед яких зустрічаються частинки з проміжними властивостями щодо необхідних ознак. З вихідної суміші після промислових сепарацій не можуть вийти абсолютно чисті фракції розділюваних компонентів, а лише продукти з переважаючим їх змістом.

Також в конструкції нашого апарату ще передбачений процес підігріву суміші за рахунок жарових труб (теплообмін). Теплообмін (теплопередача) – фізичний процес передавання енергії у вигляді певної кількості теплоти від тіла з вищою температурою до тіла з нижчою температурою до настання термодинамічної рівноваги. Не можливо зупинити передачу тепла між сусідніми об'єктами з різними температурами – її можна лише сповільнити.

Одиницею вимірювання теплової енергії в системі СІ є Джоуль (раніше використовувалась калорія).

Є три види теплообміну: теплопровідність, конвекція, випромінювання. Теплопровідність – це явище передачі внутрішньої енергії від однієї частини тіла до іншої або від одного тіла до іншого за їхнього безпосереднього контакту. Зауважимо, що за явища теплопровідності не відбувається перенесення речовини. Різні речовини мають різну теплопровідність. Так, метали краще проводять тепло, ніж дерево, тому ручки сковорідок виготовляють з дерева чи пластмас. Серед металів високу теплопровідність мають срібло і мідь.

Наступний вид теплообміну – конвекція. Під час конвекції енергія переноситься потоками газу чи рідини. У твердих тілах цей спосіб теплообміну неможливий. Конвекція зумовлює виникнення таких явищ природи, як вітер, теплі і холодні течії в океанах тощо. Розрізняють природну конвекцію, приклади якої вже наводилися, і

Попл. и дата						
Инв. № докл.						
Взам. инв. №						
Попл. и дата						
Инв. № попл.						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ПОХНП.С.00.00.000.ПЗ	Лист
						7

вимушену конвекцію, що відбувається, коли, наприклад, нерівномірно нагріту рідину перемішують мішалкою. Конвекція, як і теплопровідність, широко використовується в побуті. Саме завдяки конвекції нагрівається рідина в посудині, яка стоїть на гарячій плиті, обігріваються приміщення.

Випромінення (променевиї теплообмін), подібно до теплопровідності та конвекції, є видом теплообміну.

Випроміненням енергія може передаватися на великі відстані і не потребує наявності речовини між тілами. Яскравий приклад – випромінення Сонця, яке досягає Землі, проходячи відстань 149 000 000 км крізь майже безповітряний простір.

Енергію випромінюють усі тіла – і сильно, і слабо нагріті. Чим вища температура тіла, тим більше енергії воно випромінює. [4]

В даному випадку в апараті, як оброблювана речовина використовуються три фази: газ, вода та вуглеводневий (газовий) конденсат.

Чиста вода – безбарвна прозора рідина, без запаху і смаку. На землі вода існує в трьох агрегатних станах – твердому, рідкому та газоподібному. За нормального атмосферного тиску при 0°C вона замерзає і перетворюється у лід, а при 100°C – кипить, перетворюючись у пару. У газоподібному стані вода існує і за нижчої температури, навіть нижче 0°C. Тому лід і сніг теж поступово випаровуються. [5]

Природний газ не має кольору і запаху. Щоб можна було визначити витік по запаху, до нього перед подачею споживачам додають одорант – речовину з різким специфічним запахом. Як одорант може використовуватись етилмеркаптан – C_2H_5SH або суміш природних меркаптанів – СПМ (C_2H_3P). У магістральних газопроводах транспортується неодоризований газ, оскільки одорант належить до агресивних речовин, що спричиняють корозію стінок труб.

Фізико-хімічні властивості, параметри, які характеризують газ (газоконденсат) за умов пластових тисків і температури: густина, в'язкість, вологовміст, розчинність, зворотна конденсація, критична температура і тиск, об'ємний коефіцієнт, коефіцієнт стисливості та ін.

Попл. и дата	
Инв. № докл.	
Взам. инв. №	
Попл. и дата	
Инв. № попл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

ПОХНП.С.00.00.000.ПЗ

Лист
8

Фізичні властивості

Орієнтовні фізичні характеристики:

Густина: $\rho = 0,7 \text{ кг/м}^3$ (сухий газоподібний) або 400 кг/м^3 рідкий

Температура займання: $t = 650 \text{ }^\circ\text{C}$

Теплота згоряння: $16 - 34 \text{ МДж/м}^3$ (для газоподібного)

Октанове число при використанні у двигунах внутрішнього згоряння: 120 - 130. [1]

Газовий конденсат - суміш рідких вуглеводнів (C_5H_{12} і вищі), що виділяється з природних газів при експлуатації газоконденсатних покладів в результаті зниження температури і пластового тиску (нижче за тиск початку конденсації). Газовий конденсат використовується як паливо, а також для переробки в прямогінний бензин (з октановим числом менше 65), дизельне і пічне паливо. [6]

Ив. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	ПОХНП.С.00.00.000.ПЗ				Лист	
					Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	9

1.3 Опис об'єкта розроблення та вибір основних конструктивних матеріалів.

Даний сепаратор (рис. 2) складається з корпусу 1, еліптичного днища 2, кришки 3. В середині знаходиться пристрій для підігріву та сепараційні елементи (ТОРЧ).

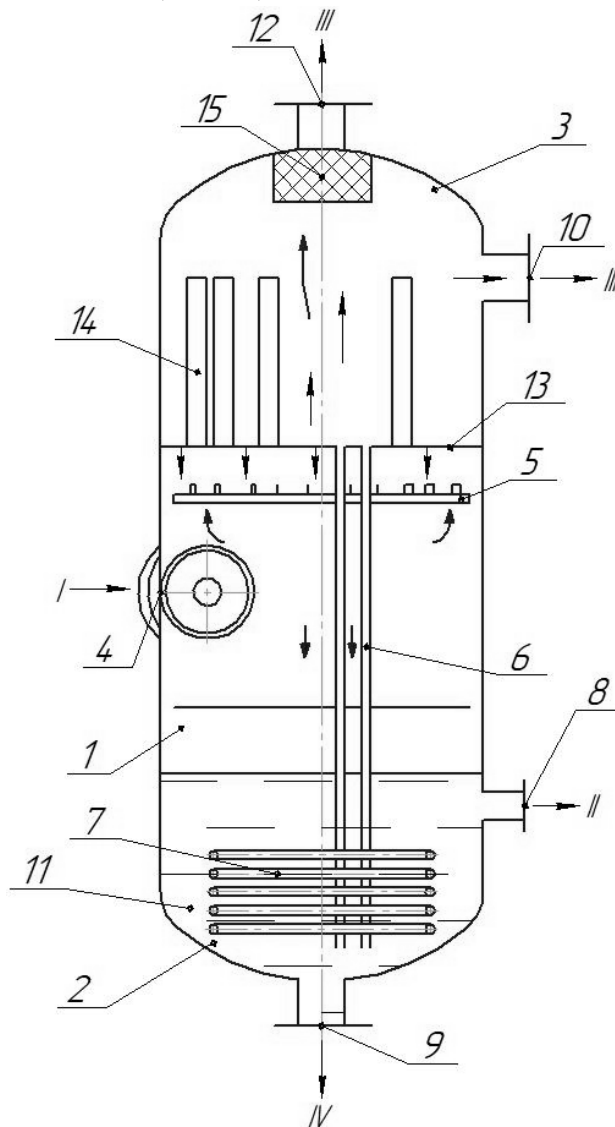


Рис. 2 – Сепаратор II ступеня сепарації

I – вхід газо-рідинної суміші (ШФЛВ); II – вихід конденсату; III – вихід газу; IV – дренаж; 1 – корпус; 2 – еліптичне днище; 3 – кришка; 4 – штуцер введення сировини; 5 – перегородка; 6 – труба для стікання рідини; 7 – жарові труби; 8 – штуцер виведення конденсату; 9 – штуцер виведення води (дренаж); 10 – штуцер виведення газу; 11 – секція збору рідинної суміші; 12 – штуцер виведення газу; 13 – тарілка; 14 – центробіжний

Підп. и дата	
Взам. инв. №	Инв. № дробл.
Підп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

ПОХНП.С.00.00.000.ПЗ

Лист
10

сепараційний елемент; 15 – жалюзійний краплеуловлювач.

Сепаратор працює наступним чином: він являє собою вертикальний циліндричний апарат. Газорідинна суміш (рис. 2) під тиском надходить через штуцер 4 в апарат. Сепарація проходить за рахунок різниці дії відцентрових сил на газову та рідинну фазу в силу їх різної густини, завдяки розміщенню штуцера входу газу в сепаратор вздовж дотичної осі до поперечного перерізу корпусу («тангенціальний вхід газу»). Далі газова суміш надходить вгору, а рідина стікає вниз. Додатковий об'єм рідини відділяється при проходженні потоком тарілки 13 у верхній частині сепаратора через вмонтовані в неї відцентрові сепараційні елементи (ТОРи) 14. Очищений газ пройшовши повз тарілку видаляється з апарату через штуцери 10 та 12, кожен з яких сполучений з окремою камерою у верхній частині сепаратора. Це дає змогу змінювати навантаження на сепараційні елементи, шляхом задіявання різної їх кількості, та підбору оптимального режиму. До виходу газу з апарату через штуцер 12, газ проходить через жалюзійний краплеуловлювач 15, де з нього видаляються додаткові крапельки рідини та стікають донизу апарата через труби 6. Внизу апарата накоплюється рідина 11, та через штуцер 8 конденсат разом з механічними домішками видаляється з апарату. Внизу передбачений дренаж 9 для спуску рідини. Також в апараті присутні жарові труби 7, які використовуються для попереднього підігріву рідини, поглинаючи тепло, та направляючи додатковий потік газу вгору. [7]

Переваги та недоліки різних видів сепараторів.

Вертикальні сепаратори мають ту перевагу, що вони дозволяють достовірно визначити об'єм рідини, що обумовлює застосування більш простих засобів для регулювання його роботи. Процес очищення таких сепараторів простий, тому їх рекомендується використовувати тоді, коли в продукції свердловин міститься пісок.

У горизонтальному сепараторі такого ж обсягу, що і вертикальний, продуктивність по газу більше, оскільки площа його в діаметральному перетині в кілька разів перевищує площу вертикального сепаратора, тому потрібні менше часу для

Попл. и дата	
Инд. № докл.	
Взам. инв. №	
Попл. и дата	
Инд. № попл.	

Изм.	Лист	№ док.ум.	Подп.	Дата
------	------	-----------	-------	------

ПОХНП.С.00.00.000.ПЗ

Лист

11

спливання бульбашок газу в рідині. Горизонтальні сепаратори монтувати і обслуговувати набагато простіше, ніж вертикальні, але вони вимагають більшої площі, що є істотним недоліком, коли родовище розташоване в морі або на болоті.

У сферичних сепараторів початкові капітальні вкладення на одиницю пропускну здатності по газу найменші, що є основним їх перевагою. Однак істотний їхній недолік – труднощі у виготовленні, пов'язана з необхідністю штампування окремих заготовок, а потім їх зварювання.

Вертикальний сепаратор має певні переваги перед сепараторами інших типів, якщо в потоці газу міститься багато механічних домішок, так як він має хороши стік і легко очищається. Такі сепаратори вимагають небагато місця для установки.

Вертикальні сепаратори (їх називають також трапами) мають в порівнянні з горизонтальними меншу продуктивність по газу і рідині. Конструкція їх дозволяє легше видаляти з апарату скупчення піску, який осідає з продукції свердловин. Тому вертикальні сепаратори мають найбільшого поширення на нафтових родовищах, де в продукції свердловин міститься пісок.

Вертикальні сепаратори не функціонують досить ефективно в трифазному середовищі, тому там, де дозволяє місце, слід застосовувати горизонтальні сепаратори. При виборі трифазних сепараторів необхідно забезпечити обсяг і час утримання рідини в сепараторі, достатні для сепарації крапель рідини зазначеного розміру з безперервної рідкої фази.

Вертикальні сепаратори мають ряд переваг в порівнянні з горизонтальними: в них легше здійснюється регулювання рівня рідини, легше проводити очистку від відкладень парафіну і механічних домішок. Вертикальні апарати займають меншу площу, що особливо важливо в умовах морських промислів, де промислове обладнання монтується на платформах або естакадах.

Вертикальні сепаратори займають менше місця, ніж горизонтальні, але незручні в монтажі і обслуговуванні; на практиці більше поширені вертикальні сепаратори.

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инд. № докл.
Подп. и дата	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

ПОХНП.С.00.00.000.ПЗ

Лист
12

Вертикальні сепаратори мають деякі суттєві недоліки:

- 1) менша пропускна здатність в порівнянні з горизонтальними при одному і тому ж діаметрі апарату;*
 - 2) менша стійкість процесу сепарації при надходженні пульсуючих потоків;*
 - 3) менша ефективність сепарації.*
- [23]*

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дѣл.	Подп. и дата	<i>ПОХНП.С.00.00.000.ПЗ</i>	Лист
						13
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Вибір конструкційного матеріалу для виготовлення апарату.
Для виготовлення корпусу, днища, штуцерів та ін. використовуємо сталь марки 09Г2С.

Клас: Сталь конструкційна низьколегована для зварних конструкцій, марка сталі 09Г2С широко застосовується при виробництві труб та іншого металопрокату.

Використання в промисловості: різні деталі і елементи зварних металоконструкцій, які працюють при температурі від -70 до +425 °С під тиском.

Вид поставки: сортовий прокат, в тому числі фасонний: ГОСТ 19281-73, ГОСТ 2590-2006, ГОСТ 2591-2006, ГОСТ 8239-89, ГОСТ 8240-97. Лист товстий ГОСТ 19282-73, ГОСТ 5520-79, ГОСТ 5521-93, ГОСТ 19903-74. Лист тонкий ГОСТ 17066-94, ГОСТ 19904-90. Смуга ГОСТ 103-2006, ГОСТ 82-70. Поковки і ковани заготовки ГОСТ 1133-71.

Розшифровка марки 09Г2С: Позначення 09Г2С означає, що в сталі присутній 0,09% вуглецю, оскільки 09 йде до букв, далі йде буква «Г» яка означає марганець, а цифра 2 – процентний вміст до 2% марганцю. Далі слід буква «С», яка означає кремній, але оскільки після С цифри немає – це означає вміст кремнію менше 1%. Таким чином, розшифровка 09Г2С означає, що перед нами сталь має 0,09% вуглецю, до 2% марганцю, і менше 1% кремнію і оскільки загальна кількість добавок коливається в районі 2,5% то це низьколегована сталь.

Хімічний склад ц% сталі 09Г2С

С	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	N	Fe	As
до 0,12	0,5-0,8	1,3-1,7	до 0,3	до 0,04	до 0,035	до 0,3	до 0,3	до 0,008	~97	до 0,08

Питома вага: 7,85 г / м³

Температура критичних точок: $A_{c1} = 725$, A_{c3} (A_{cm}) = 860, A_{r3} (A_{rsm}) = 780, $A_{r1} = 625$.

Температура кування: початку 1250°C, кінця 850°C.

Зварюваність матеріалу: без обмежень. Способи зварювання: РДС, АДС під флюсом і газозварюванням, ЕШС.

Оброблюваність різанням: в нормалізованому відпущеному стані при

Підп. і дата	Інв. № докл.	Взам. інв. №	Підп. і дата	Інв. № подл.	ПОХНП.С.00.00.000.ПЗ					Лист
					Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	14

$\delta_B = 520 \text{ МПа}$, $K_{U_{тв.стл}} = 1,6$, $K_{U_{\delta.ст}} = 1,0$.

Флокеночутливість: не чутлива

Схильність до відпускнуї крихкості: не схильна

Межа текучості $\sigma_{0,2}$ МПа (по ГОСТ 5520-79) при різних температурах: $250^\circ \text{C} = 225 \text{ МПа}$, $300^\circ \text{C} = 195 \text{ МПа}$, $350^\circ \text{C} = 175 \text{ МПа}$, $400^\circ \text{C} = 155 \text{ МПа}$

Механічні властивості сталі 09Г2С

ГОСТ	Стан поставки, режим термообробки	Перетин, мм	$\sigma_{0,2}$ (МПа)	σ_B (МПа)	δ_5 (%)
ГОСТ 19281-73	Сортовий і фасонний прокат	до 10	345	490	21
ГОСТ 19282-73	Листи і смуги (Зразки поперечні)	від 10 до 20 вкл.	325	470	21
		від 20 до 32 вкл.	305	460	21
		від 32 до 60 вкл.	285	450	21
		від 60 до 80 вкл.	275	440	21
		від 80 до 160 вкл.	265	430	21
ГОСТ 19282-73	Листи після гарту, відпуску (Зразки поперечні)	від 10 до 32 вкл.	365	490	19
		від 32 до 60 вкл.	315	450	21
ГОСТ 17066-80	Листи гарячекатані	2-3,9	-	490	17

Застосування

Прокат із такої сталі застосовується при виробництві будівельних конструкцій різної форми і розміру. При цьому висока механічна міцність марки вможливує створення більш тонких виробів, ніж із інших сталей. Також зі сталі 09Г2С виготовляють парові котли, різноманітні труби для транспортування газів і рідин (нафта, вода, природний газ), нафтогазове обладнання, компоненти сільськогосподарських машин. Висока термостійкість дозволяє використовувати даний тип сталі за широкого спектру температур, від -70°C до $+450^\circ \text{C}$.

Зварювання

Може виконуватися і без підігріву, і з попереднім підігрівом до $100-120^\circ \text{C}$. Так як дана сталь є низьковуглецевою, її зварювання

Підп. и дата	
Инв. № докл.	
Взам. инв. №	
Підп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

ПОХНП.С.00.00.000.ПЗ

Лист
15

здійснюється без обмежень всіма доступними способами – ручним дуговим зварюванням, автоматичним дуговим зварюванням під флюсом та газовим захистом тощо. [8]

Для виготовлення кріпильних виробів: шпильки, болти, гайки, шайби використовуємо сталь марки 45Х.

Клас: Сталь конструкційна легована

Використання в промисловості: вали, шестерні, осі, болти, шатуни і інші деталі, до яких пред'являються вимоги підвищеної твердості, зносостійкості, міцності і працюють при незначних ударних навантаженнях.

Хімічний склад ц% сталі 45Х

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	Fe
0,41-0,49	0,17-0,37	0,5-0,8	до 0,3	до 0,035	до 0,035	0,8-1,1	до 0,3	~97

Термообробка: Нормалізація

Твердість матеріалу: $HV 10^{-1} = 229 \text{ МПа}$

Температура критичних точок: $A_{c1} = 735$, A_{c3} (A_{cm}) = 770, A_{r3} (A_{rcm}) = 690, $A_{r1} = 660$, $M_n = 355$

Зварюваність матеріалу: важкозварювальна

Флокеночутливість: чутлива

Схильність до відпускнуї крихкості: схильна

Механічні властивості сталі 45Х при $T = 20 \text{ }^\circ\text{C}$

Прокат	Розмір	σ_B (МПа)	σ_T (МПа)	δ_5 (%)	ψ %	KCU (кДж/м ²)
Поковки	до 100	570	315	17	38	390

[8]

Підп. і дата	Інв. № докл.	Взам. інв. №	Підп. і дата	Інв. № подл.	ПОХНП.С.00.00.000.ПЗ					Лист
					Ізм.	Лист	№ док.ум.	Підп.	Дата	16

2. Технологічні розрахунки процесу і апарата

2.1 Матеріальний та тепловий баланси процесу.

Вхідні дані для розрахунків:

Масова витрата суміші на вході в апарат $G_1 = 82800 \text{ кг/год}$;

Продуктивність по газу $G_2 = 79200 \text{ кг/год}$;

Масова витрата конденсату на виході з апарату $G_3 = 3600 \text{ кг/год}$;

Тиск в сепараторі $P = 2,5 \text{ МПа}$;

Температура T , від -30°C до 70°C ;

густина природного газу $\rho_{Г} = 0,72 \text{ кг/м}^3$;

густина газового конденсату $\rho_{Г.К} = 0,85 \text{ кг/м}^3$;

Матеріальний баланс.

Розрахунками необхідно визначити відповідність витраті суміші на вході витратам речовин на виході з апарату. Рівняння матеріального балансу має вигляд:

$$G_1 = G_2 + G_3 = 79200 + 3600 = 82800 \text{ кг/год}$$

Умова виконується.

Розрахуємо об'ємну витрату суміші на вході в умовах сепаратору:

$$V_{SM} = \frac{G_2}{\rho_{Г}} + \frac{G_3}{\rho_{Г.К}};$$

де G_2, G_3 – масові витрати газу та конденсату на виході з апарату;

$\rho_{Г}, \rho_{Г.К}$ – густина природного газу та газового конденсату.

$$V_{SM} = \frac{79200}{0,72} + \frac{3600}{0,85} = 114235,3 \text{ м}^3/\text{год}$$

Відповідно значення об'ємної витрати газу та конденсату на виході з апарату дорівнюють $V_{Г} = 110000 \text{ м}^3/\text{год}$ та $V_{Г.К} = 4235,3 \text{ м}^3/\text{год}$.

Для запобігання винесення краплин рідини знаходимо припустиму швидкість $w_{Г}$ газового потоку в сепараторі за формулою Обрядчикова та Хохрякова:

Підп. і дата	
Інв. № докл.	
Взам. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	
ПОХНП.С.00.00.000.ПЗ	Лист
Копировал	17
Формат А4	

$$w_f = 0,0334 \sqrt{\rho_{ж} / \rho_{г}};$$

де $\rho_{ж}$, $\rho_{г}$ – густина фракційного конденсату та газу відповідно, $кг/м^3$.

$$w_f = 0,0334 \sqrt{\frac{840}{0,72}} = 1,14 \text{ м/с.}$$

Швидкість осадження знаходиться за формулою Стокса:

$$W_{ос} = \frac{d^2(\rho - \rho_c)g}{18\mu_c};$$

де d – діаметр частинки, м;

g – прискорення вільного падіння, $м/с^2$;

ρ , ρ_c – густина частинки і середовища відповідно, $кг/м^3$;

μ_c – коефіцієнт динамічної в'язкості середовища, $Па \cdot с$.

Приїємо, що діаметр крапель рідини 100 мкм, підставляючи значення густини і динамічної в'язкості у формулу знаходимо швидкість осадження:

крапель води в газі;

$$W_{ос,в} = \frac{(100 \cdot 10^{-6})^2 \cdot (1000 - 0,72) \cdot 9,81}{18 \cdot 9,6 \cdot 10^{-6}} = 0,567 \text{ м/с.}$$

Розрахунок фазової рівноваги.

Таблиця 1 – склад вхідної газорідинної суміші

Компонент	мольні доли
-C ₁ H ₄ (M=16)	0,9324
-C ₂ H ₆ (M=30)	0,0258
-C ₃ H ₈ (M=44)	0,0054
-iC ₄ H ₁₀ (M=58)	0,0005
-nC ₄ H ₁₀ (M=58)	0,0006
-iC ₅ H ₁₂ (M=72)	0,0002
-nC ₅ H ₁₂ (M=72)	0,0001
-nC ₆ H ₁₄ (M=86)	0,0326
H ₂ O (M=18)	0,0024

Далі ми повинні склад суміші перевести з мольних часток в масові. Зробимо це наступним чином:

Попл. и дата	Инв. № докл.	Взам. инв. №	Попл. и дата	Инв. № попл.	ПОХНП.С.00.00.000.ПЗ					Лист
					Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	18

$$C_i (\text{масова частка } i\text{-го компонента}) = \frac{C_i \cdot M_i}{\sum M_i C_i}$$

де C_i – мольна частка i -го компонента; M_i – молекулярна маса i -компонента; $\sum M_i C_i$ – середня молекулярна маса (M_{CP}).

$$\sum M_i C_i (M_{CP}) = 14,918 + 0,774 + 0,2376 + 0,029 + 0,0348 + 0,0144 + 0,0072 + 2,8 + 0,0432 = 18,86$$

$$C_{H_4} (\text{мас}) = \frac{C_{H_4} (\text{мол}) \cdot C_{H_4} (M)}{M_{CP}} = \frac{0,9324 \cdot 16}{18,86} = 0,791$$

$$C_{C_2H_6} (\text{мас}) = \frac{C_{C_2H_6} (\text{мол}) \cdot C_{C_2H_6} (M)}{M_{CP}} = \frac{0,0258 \cdot 30}{18,86} = 0,041$$

$$C_{C_3H_8} (\text{мас}) = \frac{C_{C_3H_8} (\text{мол}) \cdot C_{C_3H_8} (M)}{M_{CP}} = \frac{0,0054 \cdot 44}{18,86} = 0,0126$$

$$iC_{C_4H_{10}} (\text{мас}) = \frac{C_{C_4H_{10}} (\text{мол}) \cdot C_{C_4H_{10}} (M)}{M_{CP}} = \frac{0,0005 \cdot 58}{18,86} = 0,0015$$

$$nC_{C_4H_{10}} (\text{мас}) = \frac{C_{C_4H_{10}} (\text{мол}) \cdot C_{C_4H_{10}} (M)}{M_{CP}} = \frac{0,0006 \cdot 58}{18,86} = 0,0018$$

$$iC_{C_5H_{12}} (\text{мас}) = \frac{C_{C_5H_{12}} (\text{мол}) \cdot C_{C_5H_{12}} (M)}{M_{CP}} = \frac{0,0002 \cdot 72}{18,86} = 0,0008$$

$$nC_{C_5H_{12}} (\text{мас}) = \frac{C_{C_5H_{12}} (\text{мол}) \cdot C_{C_5H_{12}} (M)}{M_{CP}} = \frac{0,0001 \cdot 72}{18,86} = 0,0004$$

$$nC_{C_6H_{14}} (\text{мас}) = \frac{C_{C_6H_{14}} (\text{мол}) \cdot C_{C_6H_{14}} (M)}{M_{CP}} = \frac{0,0326 \cdot 86}{18,86} = 0,1486$$

$$H_2O (\text{мас}) = \frac{H_2O (\text{мол}) \cdot H_2O (M)}{M_{CP}} = \frac{0,0024 \cdot 18}{18,86} = 0,0023$$

Також ми маємо значення складу речовин на виході (газове середовище та вуглеводневий конденсат). Таблиці з відповідними значеннями наведені нижче:

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инд. № докл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Таблиця 2 – Склад вихідного газу на виході з апарату

Компонент	мольні доли
-C ₁ H ₄ (M=16)	0,9324
-C ₂ H ₆ (M=30)	0,0258
-C ₃ H ₈ (M=44)	0,0054
-iC ₄ H ₁₀ (M=58)	0,00005
-nC ₄ H ₁₀ (M=58)	0,00004
-iC ₅ H ₁₂ (M=72)	0,00001
-nC ₅ H ₁₂ (M=72)	0,000003
-nC ₆ H ₁₄ (M=86)	0,00046
H ₂ O (M=18)	0,0000

Таблиця 3 – Склад вихідного вуглеводневого конденсату

Компонент	мольні доли
-C ₁ H ₄ (M=16)	0,3877
-C ₂ H ₆ (M=30)	0,0291
-C ₃ H ₈ (M=44)	0,0140
-iC ₄ H ₁₀ (M=58)	0,0018
-nC ₄ H ₁₀ (M=58)	0,0027
-iC ₅ H ₁₂ (M=72)	0,0014
-nC ₅ H ₁₂ (M=72)	0,0007
-nC ₆ H ₁₄ (M=86)	0,4972
H ₂ O (M=18)	0,0655

Далі нам необхідно склад вихідних фаз перевести з мольних часток в масові. Зробимо це наступним чином:

Для виходу газу:

$$C_i (\text{масова частка } i\text{-го компонента}) = \frac{C_i \cdot M_i}{\sum M_i C_i}$$

де C_i – мольна частка i -го компонента; M_i – молекулярна маса i -компонента; $\sum M_i C_i$ – середня молекулярна маса ($M_{\text{ср}}$).

$$\sum M_i C_i (M_{\text{ср}}) = 14,918 + 0,774 + 0,2376 + 0,0029 + 0,00232 + 0,00072 + 0,000216 + 0,04 = 15,975.$$

$$C_{\text{H}_4} (\text{мас}) = \frac{C_{\text{H}_4} (\text{мол}) \cdot C_{\text{H}_4} (M)}{M_{\text{ср}}} = \frac{0,9324 \cdot 16}{15,975} = 0,9338.$$

Підп. і дата	
Інв. № докл.	
Взам. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

Ізм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата

ПОХНП.С.00.00.000.ПЗ

Лист

20

$$C_2H_6(\text{мас}) = \frac{C_2H_6(\text{мол}) \cdot C_2H_6(M)}{M_{CP}} = \frac{0,0258 \cdot 30}{15,975} = 0,0484.$$

$$C_3H_8(\text{мас}) = \frac{C_3H_8(\text{мол}) \cdot C_3H_8(M)}{M_{CP}} = \frac{0,0054 \cdot 44}{15,975} = 0,0148.$$

$$iC_4H_{10}(\text{мас}) = \frac{C_4H_{10}(\text{мол}) \cdot C_4H_{10}(M)}{M_{CP}} = \frac{0,00005 \cdot 58}{15,975} = 0,00018.$$

$$nC_4H_{10}(\text{мас}) = \frac{C_4H_{10}(\text{мол}) \cdot C_4H_{10}(M)}{M_{CP}} = \frac{0,00004 \cdot 58}{15,975} = 0,00014.$$

$$iC_5H_{12}(\text{мас}) = \frac{C_5H_{12}(\text{мол}) \cdot C_5H_{12}(M)}{M_{CP}} = \frac{0,00001 \cdot 72}{15,975} = 4,5 \cdot 10^{-5}.$$

$$nC_5H_{12}(\text{мас}) = \frac{C_5H_{12}(\text{мол}) \cdot C_5H_{12}(M)}{M_{CP}} = \frac{0,000003 \cdot 72}{15,975} = 1,35 \cdot 10^{-5}.$$

$$nC_6H_{14}(\text{мас}) = \frac{C_6H_{14}(\text{мол}) \cdot C_6H_{14}(M)}{M_{CP}} = \frac{0,00046 \cdot 86}{15,975} = 0,00247.$$

Для виходу вуглеводневого конденсату:

$$C_i(\text{масова частка } i\text{-го компонента}) = \frac{C_i \cdot M_i}{\sum M_i C_i},$$

де C_i – мольна частка i -го компонента; M_i – молекулярна маса i -компонента; $\sum M_i C_i$ – середня молекулярна маса (M_{CP}).

$$\sum M_i C_i (M_{CP}) = 6,2 + 0,873 + 0,616 + 0,1 + 0,1566 + 0,1 + 0,05 + 42,766 + 1,18 = 52,04.$$

$$C H_4(\text{мас}) = \frac{C H_4(\text{мол}) \cdot C H_4(M)}{M_{CP}} = \frac{0,3877 \cdot 16}{52,04} = 0,1192.$$

$$C_2H_6(\text{мас}) = \frac{C_2H_6(\text{мол}) \cdot C_2H_6(M)}{M_{CP}} = \frac{0,0291 \cdot 30}{52,04} = 0,0167.$$

$$C_3H_8(\text{мас}) = \frac{C_3H_8(\text{мол}) \cdot C_3H_8(M)}{M_{CP}} = \frac{0,014 \cdot 44}{52,04} = 0,0118.$$

$$iC_4H_{10}(\text{мас}) = \frac{C_4H_{10}(\text{мол}) \cdot C_4H_{10}(M)}{M_{CP}} = \frac{0,0018 \cdot 58}{52,04} = 0,002.$$

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инд. № дубл.
Подп. и дата	
Инд. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

ПОХНП.С.00.00.000.ПЗ

Лист
21

$$n_{C_4H_{10}}(\text{мас}) = \frac{C_4H_{10}(\text{мол}) \cdot C_4H_{10}(M)}{M_{CP}} = \frac{0,0027 \cdot 58}{52,04} = 0,003.$$

$$i_{C_5H_{12}}(\text{мас}) = \frac{C_5H_{12}(\text{мол}) \cdot C_5H_{12}(M)}{M_{CP}} = \frac{0,0014 \cdot 72}{52,04} = 0,002.$$

$$n_{C_5H_{12}}(\text{мас}) = \frac{C_5H_{12}(\text{мол}) \cdot C_5H_{12}(M)}{M_{CP}} = \frac{0,0007 \cdot 72}{52,04} = 0,001.$$

$$n_{C_6H_{14}}(\text{мас}) = \frac{C_6H_{14}(\text{мол}) \cdot C_6H_{14}(M)}{M_{CP}} = \frac{0,4972 \cdot 86}{52,04} = 0,8217.$$

$$H_2O(\text{мас}) = \frac{H_2O(\text{мол}) \cdot H_2O(M)}{M_{CP}} = \frac{0,0655 \cdot 18}{52,04} = 0,0227.$$

Основною умовою покомпонентного матеріального балансу є те, щоб сума компонентів на всіх входах і виходах дорівнювала одиниці.

Підрахуємо відповідність цих значень:

Вхідна суміш (мольні та масові компоненти):

$$\sum C_i = 0,9324 + 0,0258 + 0,0054 + 0,0005 + 0,0006 + 0,0002 + 0,0001 + 0,0326 + 0,0024 = 1,0;$$

$$\sum C_i = 0,791 + 0,041 + 0,0126 + 0,0015 + 0,0018 + 0,0008 + 0,0004 + 0,1486 + 0,0023 = 1,0.$$

Вихідний газ:

$$\sum C_i = 0,9324 + 0,0258 + 0,0054 + 0,00005 + 0,00004 + 0,00001 + 0,000003 + 0,00046 + 0,0 = 0,964;$$

$$\sum C_i = 0,9338 + 0,0484 + 0,0148 + 0,00018 + 0,00014 + 4,5 \cdot 10^{-5} + 1,35 \cdot 10^{-5} + 0,00247 + 0,0 = 1,0.$$

Вихідний вуглеводневий конденсат:

$$\sum C_i = 0,3877 + 0,0291 + 0,014 + 0,0018 + 0,0027 + 0,0014 + 0,0007 + 0,4972 + 0,0655 = 1,0;$$

$$\sum C_i = 0,1192 + 0,0167 + 0,0118 + 0,002 + 0,003 + 0,002 + 0,001 + 0,8217 + 0,0227 = 1,0.$$

Умова виконується. Матеріальний баланс компонентів розраховано вірно.

Інв. № подл.	Підп. і дата	Взам. інв. №	Інв. № докл.	Підп. і дата	ПОХНП.С.00.00.0000.ПЗ	Лист
						22
Ізм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата	Копіював	Формат А4

Тепловий баланс.

Тепловий розрахунок необхідний для знаходження кількості теплоти Q , кВт, необхідної для підігріву рідини до робочої температури процесу $T_K = 70^\circ\text{C}$. Кількість теплоти може бути знайдена виходячи з відомих витрат по газу (G_2 кг/с) та конденсату (G_3 кг/с):

$$Q = G_2 \cdot C_2 \cdot (T_K - T_H) + G_3 \cdot C_3 \cdot (T_K - T_H);$$

де C_2, C_3 , - питома теплоємність газу та води(конденсату) при середній температурі відповідно, кДж/(кг·К).

Середня температура дорівнює $T, ^\circ\text{C}$:

$$T = \frac{(T_K - T_H)}{2} = \frac{(70 + 30)}{2} = 50^\circ\text{C};$$

Питома теплоємність води: $C_3 = 4,19$ кДж/(кг·К);

Питома теплоємність газу, під цим значенням беремо метан, так як на вході в апарат він міститься в найбільшій кількості: $C_2 = 2,5$ кДж/(кг·К);

Кількість теплоти дорівнює:

$$Q = \frac{79200}{3600} \cdot 2500 \cdot (70 + 30) + \frac{3600}{3600} \cdot 4190 \cdot (70 + 30) = 5,92 \text{ МВт.}$$

Необхідну витрату паливного газу $G_{ПГ}$, кг/с, визначаємо з рівняння теплового балансу:

$$G_{ПГ} = \frac{Q}{\eta \cdot Q_H};$$

де η - к.к.д. нагрівачого пристрою; $Q_H = 48,6$ МДж/кг - робоча теплота згоряння палива, кДж/кг.

$$\eta = 1 - \frac{Q_{ух}}{Q_H} - \frac{Q_{окр}}{Q_H};$$

де $q_{ух}$ - теплота, втрачена з вихідними димовими газами, з одного кг газу, кДж/кг, $q_{окр}$ - теплота, втрачена до навколишнього середовища з одного кг газу кДж/кг.

Для інженерних розрахунків допускається прийняти:

$$\frac{q_{ух}}{Q_H} \approx 0,24 \frac{q_{окр}}{Q_H} = 0,05;$$

$$\eta = 1 - 0,24 - 0,05 = 0,71$$

при 20%:

Полн. и дата	Инв. № докл.	Взам. инв. №	Полн. и дата	Инв. № подл.	Изм.	Лист	№ доцум.	Подп.	Дата	ПОХНП.С.00.00.0000.ПЗ			Лист
													23
										Копировал	Формат	A4	

$$G_{\text{ПГ}} = \frac{Q}{\eta \cdot Q_{\text{H}}} = \frac{5,92 \cdot 10^6}{0,71 \cdot 48,6 \cdot 10^6} = 0,171 \text{ кг/с} \approx 617,63 \text{ кг/год.}$$

Розрахуємо об'ємну витрату паливного газу:

$$V_{\text{ПГ}} = \frac{G_{\text{ПГ}}}{\rho_{\text{ПГ}}},$$

де $\rho_{\text{ПГ}} = 0,932 \text{ кг/м}^3$ – густина побічного нафтового газу;

$$V_{\text{ПГ}} = \frac{617,6}{0,932} = 662,695 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Більшість розрахунків зроблено на прикладі згідно [9],[10],[11],[12]

Інв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	ПОХНП.С.00.00.000.ПЗ	Лист
						24
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

2.2 Конструктивні розрахунки.

Визначення діаметру корпусу апарату.

Розшарування суміші газу та води у стані спокою починається одразу, але практично повне розділення відбувається через 1-3 хв.

При розрахунку для розділення такої системи зазвичай приймають середню швидкість потоку w_1 в зоні відстою, вважаючи по витраті суміші, рівною 5-8 м/с, а час передування суміші в цій зоні τ_1 складе 1-3 хв.

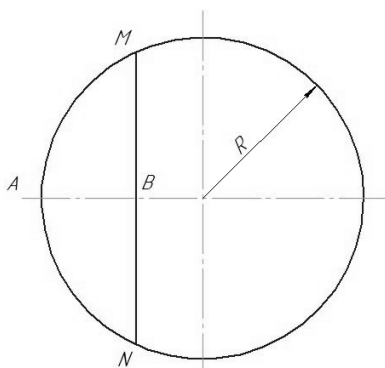


Рис. 3- схема сепаратора

В даному розрахунку прийmemo $w_1 = 8$ м/с та $\tau_1 = 2$ хв = 120 с. Необхідний вільний перетин зони відстою рідинної суміші складе:

$$S_1 = V_{CM} / w_1 = 31,73 / 8 = 3,96 \text{ м}^2$$

З іншого боку вільний перетин зони відстою в найбільш вузькому місці відповідає різниці повного поперечного перерізу корпусу сепаратора $S = \pi R^2$ та площі S_2 сегменту MAN (див рис.3), утвореного горизонтальною перегородкою:

$$S_1 = S - S_2 = \pi R^2 - S_2;$$

де R - радіус корпусу сепаратора, м.

Горизонтальна перегородка забезпечує плавний вхід рідинної суміші в нижню зону. Якщо умовно прийняти $AB = 0,5R$, то площа сегменту $S_2 = 0,61418R^2$.

В цьому випадку рівняння набуде виду:

$$S_1 = S - S_2 = (\pi - 0,61418) R^2$$

Звідки враховуючи, що діаметр корпусу сепаратора $D = 2R$, отримаємо формулу для визначення діаметру сепаратора при розраху-

Підп. і дата	
Інв. № докл.	
Взам. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ПОХНП.С.00.00.000.ПЗ

Лист

25

нку його на процес розділення суміші газу та води:

$$D = \sqrt{\frac{4S_1}{\pi - 0,61418}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 3,96}{3,14 - 0,61418}} = 2,5 \text{ м.}$$

Необхідне значення діаметра корпусу сепаратора при розрахунку по газовому потоку складе:

$$D' = \sqrt{\frac{4V_{Г}}{\pi w_{Г}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 30,55}{3,14 \cdot 1,14}} = 5,84 \text{ м.}$$

Вибираємо менше з двох значень діаметру, і округливши до ближнього по стандарту приймаємо $D = 2,6$ м.

Тоді дійсна швидкість газу:

$$w_{Г} = \frac{G_2}{\rho_{Г} \cdot 0,785 \cdot D^2} ;$$

$$w_{Г} = \frac{22}{0,72 \cdot 0,785 \cdot 2,6^2} = 5,76 \text{ м/с.}$$

Визначення висоти апарату

Спочатку визначимо необхідну висоту зони рідини (конденсату) H_K . Для цього задамося відстанню h_1 від умовної лінії горизонтальної перегородки до рівня чистої води (водяна подушка).

Можна умовно прийняти $h_1 \approx 0,7H_K$.

Повний перетин корпусу при $D = 2,6$ м складає:

$$S = 0,785 \cdot 2,6^2 = 5,3 \text{ м}^2.$$

При цьому вільний перетин S_1 зони розділення:

$$S_1 = S - 0,61418R^2 = 5,3 - 0,61418 \cdot 1,3^2 = 4,262 \text{ м}^2.$$

При розрахунковому часі розділення суміші $\tau_1 = 120$ с буде наступне відношення:

$$7H_K S + 3H_K S_1 = \tau_1 V_{Г.К}$$

звідки

$$H_K = \frac{\tau_1 V_{Г.К}}{7S + 3S_1}$$

тоді

Підп. и дата	
Инд. № відп.	
Взам. инв. №	
Підп. и дата	
Инд. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

ПОХНП.С.00.00.000.ПЗ

Лист

26

$$H_K = \frac{120 \cdot 1,17}{7,5,3+3 \cdot 4,262} = 2,81 \text{ м.}$$

$$h_1 = 0,7H_K = 0,7 \cdot 2,81 = 1,967 \text{ м.}$$

В нашому випадку достатньо мати висоту слою чистої води (водяна подушка) $H_B \approx 0,5-0,6$ м. Але при відсутності автоматичного регулятора висота слою чистої води має бути не менше 1 м. В даному випадку прийємо $H_B = 1$ м.

Для запобігання можливості попадання водяних крапель разом з зрошенням в ректифікаційну колону в сепараторі необхідно мати шар очищеного конденсату $H_{OK} = 0,5$ м. Умовою для вибору H_{OK} може служити вираз:

$$0,5 \leq H_{OK} \geq \frac{G_3 \tau_2}{\rho_B S_1};$$

де H_{OK} – висота шару очищеного конденсату, м; τ_2 – час, с.

Умовно задамося $\tau_2 = 10$ хв і підставимо в даний вираз.

$$0,5 \leq H_{OK} \geq \frac{1 \cdot 10 \cdot 60}{1000 \cdot 4,262} = 0,14 \text{ м.}$$

Тому прийємо $H_{OK} = 0,7$ м.

Висоту h_3 між штуцером, який відводить конденсат та монтажною перегородкою, розрахуємо виходячи, наприклад з десятихвилинної кількості зрошення:

$$h_3 = \frac{G_3 \tau_3}{\rho_{ж} S_1} = \frac{1 \cdot 15 \cdot 60}{840 \cdot 4,262} \approx 0,25 \text{ м.}$$

Висоту шару очищеного конденсату h_4 над штуцером для забезпечення роботи регулятора рівня конденсату в апараті можна прийняти рівною 0,1 м.

В штуцер, який поступає вихідна суміш доцільно встановити трохи вище рівня рідини в апараті. Прийємо $h_5 = 0,3$ м.

Відстань від штуцера входу суміші до перегородки прийємо $h_6 = 0,25$ м.

Висота h_7 вільного простору над перегородкою має бути не менше 0,5 м.

Необхідно дотримати умову:

Підп. и дата	
Інв. № докл.	
Взам. інв. №	
Підп. и дата	
Інв. № докл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ПОХНП.С.00.00.000.ПЗ

Лист

27

$$h_5 + h_6 + h_7 \geq \frac{V_{CM} \tau_4}{S} + 0,5$$

Використовуючи останнє відношення, знайдемо мінімально необхідне значення h_7 :

$$h_7 = \frac{V_{CM} \tau_4}{S} + 0,5 - (h_5 + h_6) = \frac{31,73 \cdot 0,4}{5,3} + 0,5 - (0,3 + 0,25) \approx 2,34 \text{ м.}$$

Висота відділюючої зони буде дорівнювати відстані між тарілкою, та перегородкою, тобто $h_8 \approx 0,2 \text{ м.}$

Висота вільного об'єму циліндричної частини апарату над штуцером виходу газу $h_9 \approx 0,15 \text{ м.}$

Висота h_2 розташування штуцера для відводу води залежить від конструкції нижньої частини сепаратору.

$$h_2 \approx 0,1 \text{ м.}$$

Загальна висота циліндричної частини апарату:

$$H = H_K + H_B + H_{O,K} + \sum_2^9 h_i = 2,81 + 1 + 0,7 + 0,1 + 0,25 + 0,1 + 0,3 + 0,25 + 2,34 + 0,2 + 0,15 = 8,2 \text{ м.}$$

[13]

Діаметри штуцерів знаходяться за формулою v , м:

$$d = \sqrt{\frac{V}{0,785 \cdot w_0}}$$

де w_0 – швидкість потоку у трубопроводі, м/с.
для виходу газу

$$d = \sqrt{\frac{30,55/540}{0,785 \cdot 5}} = 0,12 \text{ м}$$

Приймаємо $d = 150 \text{ мм.}$

для виходу конденсату

$$d = \sqrt{\frac{1,176/640}{0,785 \cdot 0,5}} = 0,068 \text{ м}$$

Приймаємо $d = 80 \text{ мм.}$

для виходу води (дренаж)

$$d = \sqrt{\frac{5,055/1000}{0,785 \cdot 2,5}} = 0,05 \text{ м}$$

Інв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Подп. и дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ПОХНП.С.00.00.000.ПЗ	Лист
												28
											Копировал	Формат А4

Приймаємо $d = 60$ мм.

для входу суміші

$$d = \sqrt{\frac{31,73/840}{0,785 \cdot 1,5}} = 0,178 \text{ м}$$

Приймаємо $d = 200$ мм.

[14]

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дѣл.	Подп. и дата	ПОХНП.С.00.00.000.ПЗ	Лист
						29
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Копировал	Формат А4

2.3 Гідрравлічний опір апарату

Гідрравлічний опір апарату знаходимо як суму місцевих опорів і опір тертя об стінки апарату.

Опір тертя знаходимо за формулою Дарсі-Вейсбаха:

$$\Delta p_{тр} = \lambda \cdot \frac{H}{D} \cdot \frac{\rho w^2}{2};$$

де λ – коефіцієнт опору.

$$\lambda = \frac{32 \mu}{\rho w r};$$

де $r = D/2$

$$\lambda_2 = \frac{32 \cdot 9,6 \cdot 10^{-6}}{0,72 \cdot 5,76 \cdot 1,3} = 5,7 \cdot 10^{-5}$$

$$\lambda_p = \frac{32 \cdot (0,6025 \cdot 10^{-3} \cdot 0,12 + 5,48 \cdot 10^{-3} \cdot (1-0,12))}{(1000 \cdot 0,12 + 840 \cdot (1-0,12)) \cdot 8 \cdot 1,3} = 1,746 \cdot 10^{-5}$$

Підставляємо отримані значення у формулу

$$\Delta p_{тр}^2 = 5,7 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{8,2}{2,6} \cdot \frac{0,72}{3} \cdot \frac{0,72 \cdot 5,76^2}{2} = 0,0014 \text{ Па}$$

$$\Delta p_{тр}^p = 1,746 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{8,2}{2,6} \cdot \frac{1}{3} \cdot \frac{(1000 \cdot 0,12 + 840 \cdot (1-0,12)) \cdot 8^2}{2} = 0,5 \text{ Па}$$

Місцеві опори знаходяться за формулою:

$$\Delta p_{мо} = \zeta \cdot \frac{w^2 \cdot \rho}{2}$$

де ζ – коефіцієнт місцевого опору

Вхід суміші

$$\Delta p_{мо,1} = 1 \cdot \frac{2,3^2 \cdot 840 \cdot (1-0,27) + 0,72 \cdot 0,27}{2} = 1622,01 \text{ Па}$$

Вихід газу

$$\Delta p_{мо,2} = 0,5 \cdot \frac{5,76^2 \cdot 0,72}{2} = 5,97 \text{ Па}$$

Вихід очищеного конденсату

Подп. и дата		Инв. № докл.		Взам. инв. №		Подп. и дата		Инв. № подл.		ПОХНП.С.00.00.0000.ПЗ	Лист
											30

$$\Delta p_{mo,3} = 0,5 \cdot \frac{0,008^2 \cdot 840}{2} = 0,01344 \text{ Па}$$

Вихід води

$$\Delta p_{mo,4} = 0,5 \cdot \frac{0,008^2 \cdot 1000}{2} = 0,016 \text{ Па}$$

Знаходимо загальний опір апарату

$$\Delta p = \Delta p_{тр}^z + \Delta p_{тр}^p + \Delta p_{mo,1} + \Delta p_{mo,2} + \Delta p_{mo,3} + \Delta p_{mo,4}$$

$$\Delta p = 0,0014 + 0,5 + 1622,01 + 5,97 + 0,01344 + 0,016 = 1628,51 \text{ Па}$$

[14], [15]

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дѣл.	Подп. и дата	ПОХНП.С.00.00.0000.ПЗ	Лист
						31
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Копировал	Формат А4

2.4 Вибір допоміжного обладнання

У якості додаткового обладнання використовується вихровий сепаратор, розрахуємо його основні габаритні розміри виходячи с продуктивності по газовій фазі підігрівача, отже вихідні дані наступні:

- 1) Густина газу $\rho_{г0} = 0,932 \text{ кг/нм}^3$;
- 2) Тиск (робочий) $P = 2,5 \text{ МПа}$;
- 3) Температура $T = 50 \text{ }^\circ\text{C}$;
- 4) Витрата $V_{г0} = 662,695 \text{ нм}^3/\text{год}$
- 5) або $V_{г0} = 0,184 \text{ нм}^3/\text{с}$.

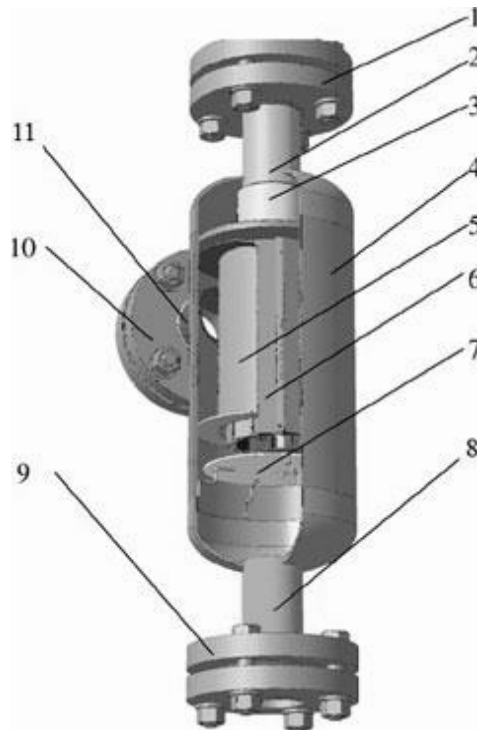


Рис. 4 – Конструкція вихрового сепаратора:

1, 9, 11 – фланці; 2 – вихідний патрубок; 3 – конфузор; 4 – корпус; 5 – дефлектор; 6 – сепараційний пакет; 7 – днище; 8 – зливний патрубок для рідини; 10 – вхідний газовий патрубок.

Розрахуємо об'ємну витрату газу в робочих умовах $V_{гг}$, $\text{м}^3/\text{с}$ за наступним рівнянням:

$$V_{гг} = V_{г0} \cdot \frac{P_0 T}{P T_0} = 0,184 \cdot \frac{0,1(273+50)}{(0,1+2,5) \cdot 273} = 0,00837 \text{ м}^3/\text{с}$$

Підп. и дата	Инд. № відп.	Взам. инв. №	Підп. и дата	Инд. № подл.	ПОХНП.С.00.00.000.ПЗ	Лист
						32
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Копировал	Формат А4

де P і T – температура і тиск при робочих умовах в апараті відповідно, МПа і $^{\circ}\text{C}$.

Умовна швидкість газу w_{Γ} , м/с, у сепараторі, розраховується за залежністю:

$$w_{\Gamma} = k \cdot \left(\frac{\sigma_H (\rho_{\Gamma, \text{К}} - \rho_{\Gamma})}{(\rho_{\Gamma})^2} \right)^{0,25}$$

де $k=0,5$ – коефіцієнт, що враховує пропускну здатність в сепараторах з віддійними насадками та залежить від ступені сепарації газу, м/с. $\sigma_H=26$ – поверхневий натяг на границі конденсат-газ, дин/см; ρ_{Γ} – густина газу в робочих умовах, $\text{кг}/\text{м}^3$. $\rho_{\Gamma, \text{К}}=840$ – густина газового конденсату в робочих умовах, $\text{кг}/\text{м}^3$.

$$\rho_{\Gamma} = \rho_{\Gamma 0} \cdot \frac{T_0 P}{T P_0} = 0,932 \cdot \frac{273 \cdot (0,1+2,5)}{(273+50) \cdot 0,1} = 20,48 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$w_{\Gamma} = 0,5 \cdot \left(\frac{26(840-20,48)}{(20,48)^2} \right)^{0,25} = 1,335 \text{ м/с}$$

розраховане значення швидкості газу знаходиться в рекомендованому діапазоні оптимальних значень умовних швидкостей для даних сепараторів.

Необхідна розрахункова площа перетину сепаратора F_{Γ} , м^2 :

$$F_{\Gamma} = V_{\Gamma} / w_{\Gamma} = 0,00837 / 1,335 = 0,00627 \text{ м}^2$$

Діаметр сепаратора D , м:

$$D = \sqrt{\frac{4F_{\Gamma}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,00627}{3,14}} = 0,09 \text{ м}$$

Даний сепаратор має наступні технічні характеристики: максимальна продуктивність по газу $4,0 \text{ м}^3/\text{хв}$; робочий тиск до $3,0 \text{ МПа}$, ступінь сепарації $99,9\%$; гідравлічний опір до $1,0 \text{ кПа}$. Конструкція даного сепаратора може мати ємність для збору рідини як у нижній частині корпусу (найбільш ефективно при значних значеннях діаметру корпусу сепаратора), так і окремо від корпусу.

[13], [16]

Підп. і дата	
Інв. № дієл.	
Взам. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

ПОХНП.С.00.00.000.ПЗ

Лист

33

Також в даному пункті ми проведемо розрахунок насосу для подачі теплоносія до апарату.

Визначаємо швидкість руху рідини в трубопроводі w , м/с:

$$w = \frac{L}{0,785 \cdot d_1^2}$$

де L – витрати паливного газу у якості теплоносія, м³/с;

d – діаметр труди, мм.

$$w = \frac{0,184}{0,785 \cdot 0,75^2} = 0,418 \text{ м/с.}$$

Приїmemo, що трубоповід сталевий, коррозія незначна $0,2 \cdot 10^{-2}$ м.

Визначаємо критерію Рейнольдса Re :

$$Re_{zp} = \frac{w \cdot d \cdot \rho}{\mu}$$

де ρ – щільність газового конденсату, кг/м³;

μ – динамічний коефіцієнт вязкості, Па*с.

$$Re = \frac{0,418 \cdot 0,75 \cdot 640}{0,00726} = 27636,36$$

$$L = \frac{\Delta}{d_1} = \frac{0,2 \cdot 10^{-2}}{0,75} = 0,0026,$$

$$\frac{1}{L} = 500, \quad 10 \frac{1}{L} = 5000, \quad 560 \frac{1}{L} = 280000, \quad 5000 < Re < 280000.$$

У трубопроводі має місце змішане тертя і коефіцієнт тертя розглядають за формулою λ :

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(L + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}$$

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(0,184 + \frac{68}{27636,36} \right)^{0,25} = 0,072$$

Визначаємо суму коефіцієнтів місцевих опорів для лінії:

а) вхід у труду $\zeta = 0,5$;

б) прямоочні вентилі $\zeta = 5,5$

в) вихід із труди $\zeta = 1$

г) нормальні вентелі $\zeta = 2,9$

Ив. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Ив. № подл.	ПОХНП.С.00.00.000.ПЗ				Лист
						Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

д) коліно $\zeta = 1,33$

$$\Sigma \zeta = 1,33 + 2,9 + 1 + 5,5 + 0,5 = 11,23$$

Втрати напору визначимо за формулою Δh_n , м:

$$\Delta h_n = (\lambda \frac{1}{d_1} + \Sigma \zeta) \cdot \frac{w^2}{2g}$$

$$\Delta h_n = (0,072 \cdot \frac{1}{0,75} + 11,23) \cdot \frac{0,418^2}{2 \cdot 9,81} = 1 \text{ м.}$$

Напір насоса визначимо за формулою Δh_n , м:

$$H = \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + H_p + \Delta h_n$$

де P – перепад тисків в апараті і трубопроводі;

H – висота піднімання рідини;

Δh_n – втрати напору в лінії.

$$H = \frac{421}{640 \cdot 9,81} + 25 + 1 = 26,6 \text{ м.}$$

Потужність N , використовування двигуном насоса N , Вт:

$$N = \frac{Q \cdot \rho \cdot g \cdot H}{1000 \cdot \eta}$$

$$N = \frac{0,592 \cdot 640 \cdot 9,81 \cdot 26,6}{1000 \cdot 0,6} = 16,47 \text{ кВт.}$$

Дані характеристики задовольняє насос 1Д630–90, характеристика: $Q=250$ м³/год. $H=50$ м; $n=1180$, об/хв – частота обертання вала; $\eta=0,60$.

[14]

Визначення розмірів зміювика. Необхідна розрахункова площа поверхні теплообміну зміювика F , м²:

$$F = Q_{1-1} / q = (5,92 \cdot 10^3) / 180 = 32,88 \text{ м}^2.$$

де q – середня теплонпруженість труб нагріваючого пристрою, прийнята для забезпечення необхідних габаритних розмірів зміювика 180 кВт/м². [9], [12]

Внутрішній діаметр d_T , м, зміювика рекомендовано приймати з співвідношення $d_T = 0,6 - 0,8$ м. Згідно до сортаменту для

Підп. і дата	
Інв. № докл.	
Взам. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ПОХНП.С.00.00.0000.ПЗ

Лист
35

виготовлення зміювиків приймаємо значення $\phi 720$ мм, матеріал – сталь 12Х18Н10Т.

Довжина прямолінійної частини зміювика l_T , м:

$$l_T = \frac{F}{\pi d_T} = \frac{32,88}{3,14 \cdot 0,72} = 14,54 \text{ м.}$$

приймаємо довжину прямолінійних ділянок зміювика $l_T = 2,2$ м.

Отже, приймаємо для встановлення у проєктований газоводорозділювач зміювик діаметром $\phi 720$ мм з довжиною прямолінійних ділянок 2,2 м та сегментним коліном на 30 градусів.

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дѣл.	Подп. и дата	<p style="text-align: center;">ПОХНП.С.00.00.000.ПЗ</p>	Лист
						36
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

3. Розрахунки апарата на міцність та герметичність

3.1 Визначення товщини стінки апарата, кришки (днища).

Вхідні дані: Середовище в апараті – газ, вода і вуглеводневий конденсат; t °С – 70 °С; Тиск середовища P_c – 2,5 МПа; $D_{\text{внутр}}$ – 2600 мм; Висота корпусу апарату H – 8200 мм; Швидкість корозії Π = 0,02 мм/рік; Термін експлуатації T_B = 10 років; Марка сталі – 09Г2С.

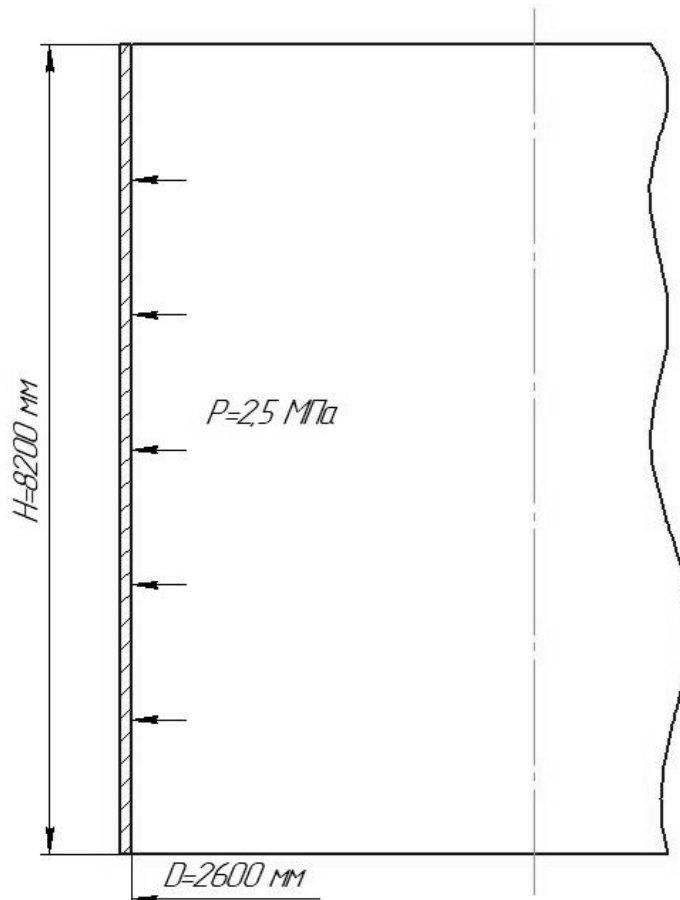


Рис. 5 – Розрахункова схема обчислювання

Обчислюємо допустиме напруження при температурі 70°С методом інтерполяції, згідно [17]:

$$[\sigma_{20^\circ}] = 196 \text{ МПа} \quad [\sigma_{70^\circ}] = 196 - \frac{196-177}{80} \cdot 50 = 184,125 \text{ МПа}$$

$$[\sigma_{100^\circ}] = 177 \text{ МПа}$$

Знаходимо значення гідравлічного тиску:

$P_r = \rho g h = 1000 \cdot 9,81 \cdot 8,200 \cdot 10^{-6} = 0,08 \text{ МПа}$, що складає менше ніж 5% (=0,125) від значення робочого тиску, тому гідравлічним тиском можна знехтувати.

Підп. і дата	
Інв. № діляк	
Взам. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ПОХНП.С.00.00.000.ПЗ

Лист

37

Знаходимо значення розрахункового тиску:

$$P_R = P = 2,5 \text{ МПа}$$

Товщина стінки в робочому режимі.

$$S = \frac{P_R \cdot D}{2[\sigma]_{\text{пр}} \cdot \varphi - P_R} = \frac{2,5 \cdot 2600}{2 \cdot 184,125 \cdot 1 - 2,5} = 17,77 \text{ мм.}$$

Товщина стінки в режимі випробування.

$$S_R = \frac{P_{\text{пр}} \cdot D}{2[\sigma]_{\text{пр}} \cdot \varphi - P_{\text{пр}}} = \frac{3,326 \cdot 2600}{2 \cdot 272,72 \cdot 1 - 3,326} = 15,95 \text{ мм.}$$

Допустиме напруження при температурі 20°C:

$$[\sigma_T]_{\text{пр}20^\circ} = \frac{\sigma_T}{n_T} = \frac{300}{1,1} = 272,72 \text{ МПа}$$

Пробний тиск

$$P_{\text{пр}} = 1,25 \cdot P_R \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} = 1,25 \cdot 2,5 \cdot \frac{196}{184,125} = 3,326 \text{ МПа}$$

Виконавча товщина стінки обичайки:

$$S = S_R + c = 15,95 + 0,2 + 0,8 \approx 16,95 \text{ мм.}$$

Приймаємо $S = 20 \text{ мм.}$

Визначаємо допустимий тиск в робочому режимі та в режимі випробування.

$$[P] = \frac{2[\sigma]\varphi(S-c)}{D+(S-c)} = \frac{2 \cdot 184,125 \cdot 1 \cdot (20-1)}{2600+(20-1)} = 2,67 \text{ МПа} > 2,5 \text{ МПа} - \text{ в ро}$$

бочому режимі умова міцності виконується.

$$[P]_{\text{пр}} = \frac{2 \cdot 272,72 \cdot 1 \cdot (20-1)}{2600+(20-1)} = 3,95 \text{ МПа} > 3,326 \text{ МПа} - \text{ умова міцності}$$

в режимі випробування виконується.

[17], [18]

Підп. і дата	
Інв. № дідл.	
Взам. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

Ізм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата
------	------	----------	-------	------

ПОХНП.С.00.00.000.ПЗ

Лист

38

Розрахунок верхньої кришки (днища).

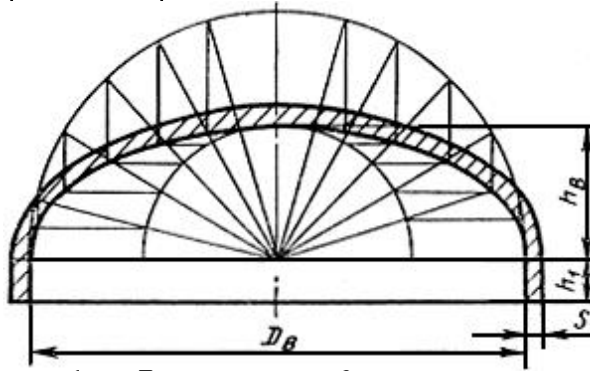


Рис. 6 – Розрахункова схема кришки

Радіус кривизни у вершині днища

$$R = \frac{D^2}{4H}; \text{ де } R=D \text{ для еліптичних днищ с } H=0,25D.$$

$$R = 2600 \text{ мм. } H = 0,25 \cdot 2600 = 650 \text{ мм.}$$

Товщина стінки

$$S_1 = S_{пр} + C.$$

$$\text{де } S_{пр} = \frac{PR}{2\varphi[\sigma] - 0,5P} = \frac{2,5 \cdot 2600}{2 \cdot 184,125 - 0,5 \cdot 2,5} = 17,71 \text{ мм.}$$

$$S_1 = 17,71 + 0,2 + 0,8 + 1,7 = 20,41 \approx 22 \text{ мм.}$$

Допустимий тиск в робочому режимі із умови міцності:

$$[P] = \frac{2(S_1 - C)\varphi[\sigma]}{R + 0,5(S_1 - C)} = \frac{2 \cdot (22 - 2,7) \cdot 184,125}{2600 + 0,5(22 - 2,7)} = 2,72 \text{ МПа}$$

2,72 МПа > 2,5 МПа – в робочому режимі умова міцності виконується.

Пробний тиск

$$P_{пр} = 1,25 \cdot P_R \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} = 1,25 \cdot 2,5 \cdot \frac{196}{184,125} = 3,326 \text{ МПа}$$

Допустимий тиск в режимі випробування із умови міцності:

$$[P]_{пр} = \frac{2(S_1 - C)\varphi[\sigma]_{пр}}{R + 0,5(S_1 - C)} = \frac{2(22 - 2,7) \cdot 1 \cdot 272,72}{2600 + 0,5(22 - 2,7)} = 4,03 \text{ МПа}$$

4,03 МПа > 3,326 МПа – в режимі випробування умова міцності виконується.

Згідно даних ГОСТ 6533-78

$$\text{Так як } D_B = 2600 \text{ мм, то } h_1 = 60 \text{ мм; } h_B = 650 \text{ мм; } S = 22 \text{ мм; Маса днища} = 1377,3 \text{ кг; } F = 7,82 \text{ м}^2; V = 2608,7 \text{ дм}^3. \quad [17], [19]$$

Подп. и дата										
Инв. № докл.										
Взам. инв. №										
Подп. и дата										
Инв. № подл.										
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ПОХНП.С.00.00.000.ПЗ					Лист
										39

3.2 Розрахунок укріплення отворів.

Перш за все ми розрахуємо максимальний допустимий діаметр отвору в обичайці та днищі, який не потребує укріплення, щоб зрозуміти доцільність розрахунку на укріплення отвору.

Розрахунковий діаметр одиночного отвору, який не потребує додаткового укріплення, при наявності надлишкової товщини стінки сосуду для обичайки (штуцер В1, $d_y=200$ мм):

$$d_o = 2 \left(\frac{S-C}{S_R} - 0,8 \right) \cdot \sqrt{D_R(S-C)},$$

Розрахункові діаметри укріплювальних елементів:

$$D_R = D = 2600 \text{ мм.}$$

$$d_R = d + 2C_S = 200 + 2 \cdot 0,2 = 200,4 \text{ мм.}$$

$$d_o = 2 \left(\frac{20-1}{15,95} - 0,8 \right) \cdot \sqrt{2600(20-1)} = 173,9 \text{ мм.}$$

$d_R \leq d_o$, умова не виконується, тому необхідно виконувати розрахунок на укріплення даного отвору.

Розрахунковий діаметр одиночного отвору, який не потребує додаткового укріплення, при наявності надлишкової товщини стінки сосуду для еліптичного днища (штуцер Р1, $d_y=150$ мм):

$$d_o = 2 \left(\frac{S-C}{S_R} - 0,8 \right) \cdot \sqrt{D_R(S-C)},$$

Розрахункові діаметри укріплювальних елементів:

$$D_R = 2D \sqrt{1 - 3 \left(\frac{X}{D} \right)^2} = 2 \cdot 2600 \sqrt{1 - 3 \left(\frac{0}{2600} \right)^2} = 5200 \text{ мм}$$

$$d_R = d + 2C_S = 150 + 2 \cdot 0,2 = 150,4 \text{ мм.}$$

$$d_o = 2 \left(\frac{22-2,7}{17,71} - 0,8 \right) \cdot \sqrt{5200(22-2,7)} = 183,583 \text{ мм.}$$

$d_R \leq d_o$, умова виконується, тому немає необхідності виконувати розрахунок на укріплення даного отвору. А ось інші отвори, які знаходяться на еліптичному днищі потребують виконання розрахунку на укріплення отвору Ж1 та Д1 (на еліптичному днищі).

1. Штуцер Ж1 $d_y=200$ мм.

Вхідні дані: температура середовища $t_c = 70^\circ\text{C}$; $P = 2,5$ МПа; $D_B = 2600$ мм; $H = 650$ мм; діаметр штуцера $d_y = 200$ мм; швидкість

Підп. и дата	
Инв. № докл.	
Взам. инв. №	
Підп. и дата	
Инв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ПОХНП.С.00.00.000.ПЗ

Лист
40

корозії= 0,02 мм/рік; термін експлуатації апарату- 10 років.

$P_{розр} = 2,5 \text{ МПа}; P_{ГР} = 3,326 \text{ МПа}$

Розрахункова товщина стінки штуцера, який навантажений внутрішнім тиском:

$$S_{1P} = \frac{P \cdot (d + 2C_S)}{2\varphi_1[\sigma]_1 - P} = \frac{2,5 \cdot (200 + 2 \cdot 0,2)}{2 \cdot 184,125 - 2,5} = 1,37 \text{ мм}$$

Товщина стінки

$$S_1 = S_{1P} + C$$

$$S_1 = 1,37 + C(0,2 + 0,8 + 1,7) = 4,07 \approx 4,2 \text{ мм}$$

Розрахункові діаметри укріплювальних елементів

$$D_R = 2D \sqrt{1 - 3\left(\frac{x}{D}\right)^2} = 2 \cdot 2600 \sqrt{1 - 3\left(\frac{350}{2600}\right)^2} = 5056,69 \text{ мм}$$

$$d_R = \frac{d + 2C_S}{\sqrt{1 - \left(\frac{2x}{D_R}\right)^2}} = \frac{200 + 2 \cdot 0,2}{\sqrt{1 - \left(\frac{2 \cdot 350}{5056,69}\right)^2}} = 202,42 \text{ мм}$$

Розрахункова товщина стінки зміцнюючих елементів

$$S_R = \frac{P_R \cdot D_R}{2\varphi \cdot [\sigma] - P} = \frac{2,5 \cdot 5056,69}{2 \cdot 184,125 - 2,5} = 34,564 \text{ мм}$$

$$S = 38 \text{ мм}$$

Розрахункові довжини зовнішньої і внутрішньої частин штуцера, які беруть участь в зміцненні отвору

$$l_{1R} = \min \{l_1; 1,25 \sqrt{(d + 2C_S)(S_1 - C_S)}\};$$

$$l_{1R} = 1,25 \sqrt{(200 + 2 \cdot 0,2)(4,2 - 0,2)} = 35,39 \text{ мм}$$

$$l_{3R} = \min \{l_3; 0,5 \sqrt{(d + 2C_S)(S_3 + 2C_S)}\};$$

$$l_{3R} = 0,5 \sqrt{(200 + 2 \cdot 0,2)(4,2 - 2 \cdot 0,2)} = 13,79 \text{ мм}$$

Ширина зони зміцнення в обичайках, переходах і днищах

$$L_0 = \sqrt{D_R(S - C)} = \sqrt{5056,69(38 - 2,7)} = 422,49 \text{ мм}$$

Розрахункова ширина зони укріплення в стінці обичайки, переходу або днища в околиці штуцера:

$$l_R = L_0 = 422,49 \text{ мм}$$

Умова зміцнення

$$l_{1R} \cdot (S_1 - S_{1R} - C_S) + l_{2R} \cdot S_2 + l_{3R} \cdot (S_3 - 2C_S) + l_R \cdot (S - S_R - C) \geq 0,5(d_R - d_{OR})S_R.$$

Розрахунковий діаметр отвору

Подп. и дата					
Инв. № докл.					
Взам. инв. №					
Подп. и дата					
Инв. № подл.					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
ПОХНП.С.00.00.0000.ПЗ					Лист
					41

$$d_{0R} = 0,4 \sqrt{D_R(S-C)} = 0,4 \sqrt{5056,69(38-2,7)} = 169 \text{ мм}$$

Розрахункова ширина накладного кільця

$$l_{2R} = \min\{l_2; \sqrt{D_R(S_2+S-C)}\};$$

$$l_{2R} = \sqrt{5056,69(20+38-2,7)} = 528,8 \text{ мм}$$

$$35,39(4,2-1,37-0,2)+528,8 \cdot 20+13,79(4,2-2 \cdot 0,2)+422,49(38-34,564-2,7)$$

$$\geq 0,5(202,42-169) \cdot 34,564.$$

$$11032,43 \geq 577,564$$

Умова зміцнення отвору виконується.

2. Штуцер Д1 (на еліптичному днищі) $d_y=400$ мм (люк).

Вхідні дані: температура середовища $t_c=70^\circ\text{C}$; $P=2,5$ МПа; $D_B=2600$ мм; $H=650$ мм; діаметр штуцера $d_y=400$ мм; швидкість корозії=0,02 мм/рік; термін експлуатації апарату-10 років.

$$P_{\text{розр}}=2,5 \text{ МПа}; P_{\text{ГР}}=3,326 \text{ МПа}$$

Розрахункова товщина стінки штуцера, який навантажений внутрішнім тиском:

$$S_{1P} = \frac{P \cdot (d+2C_S)}{2\phi_1[\sigma]_1 - P} = \frac{2,5 \cdot (400+2 \cdot 0,2)}{2 \cdot 184,125 - 2,5} = 2,737 \text{ мм}$$

Товщина стінки

$$S_1 = S_{1P} + C$$

$$S_1 = 2,737 + C(0,2+0,8+1,7) = 5,437 \approx 6 \text{ мм}$$

Розрахункові діаметри укріплювальних елементів

$$D_R = 2D \sqrt{1-3\left(\frac{X}{D}\right)^2} = 2 \cdot 2600 \sqrt{1-3\left(\frac{500}{2600}\right)^2} = 4905,67 \text{ мм}$$

$$d_R = d+2C_S = 400+2 \cdot 0,2 = 400,4 \text{ мм}$$

Розрахункова товщина стінки зміцнюючих елементів

$$S_R = \frac{P_R \cdot D_R}{2\phi \cdot [\sigma] - P} = \frac{2,5 \cdot 4905,67}{2 \cdot 184,125 - 2,5} = 33,53 \text{ мм}$$

$$S = 38 \text{ мм}$$

Розрахункові довжини зовнішньої і внутрішньої частин штуцера, які беруть участь в зміцненні отвору

$$l_{1R} = \min\{l_1; 1,25 \sqrt{(d+2C_S)(S_1-C_S)}\};$$

$$l_{1R} = 1,25 \sqrt{(400+2 \cdot 0,2)(6-0,2)} = 60,238 \text{ мм}$$

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инд. № докл.
Инд. № подл.	Подп. и дата
Изм.	Лист

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

ПОХНП.С.00.00.000.ПЗ

Лист

42

$$l_{3R} = \min \{ l_3; 0,5 \sqrt{(d+2C_S)(S_3+2C_S)} \};$$

$$l_{3R} = 0,5 \sqrt{(400+2 \cdot 0,2)(6-2 \cdot 0,2)} = 23,676 \text{ мм}$$

Ширина зони зміцнення в обичайках, переходах і днищах

$$L_0 = \sqrt{D_R(S-C)} = \sqrt{4905,67(38-2,7)} = 416,137 \text{ мм}$$

Розрахункова ширина зони укріплення в стінці обичайки, переходу або днища в околиці штуцера:

$$l_R = L_0 = 416,137 \text{ мм}$$

Умова зміцнення

$$l_{1R} \cdot (S_1 - S_{1R} - C_S) + l_{2R} S_2 + l_{3R} (S_3 - 2C_S) + l_R \cdot (S - S_R - C) \geq 0,5(d_R - d_{0R})S_R.$$

Розрахунковий діаметр отвору

$$d_{0R} = 0,4 \sqrt{D_R(S-C)} = 0,4 \sqrt{4905,67(38-2,7)} = 166,45 \text{ мм}$$

Розрахункова ширина накладного кільця

$$l_{2R} = \min \{ l_2; \sqrt{D_R(S_2 + S - C)} \};$$

$$l_{2R} = \sqrt{4905,67(20+38-2,7)} = 520,85 \text{ мм}$$

$$60,238 \cdot (6-2,737-0,2) + 520,85 \cdot 20 + 23,676(6-2 \cdot 0,2) + 416,137 \cdot$$

$$(38-33,53-2,7) \geq 0,5(400,4-166,45) \cdot 33,53.$$

$$11470,657 \geq 3922,17$$

Умова зміцнення отвору виконується.

3. Штуцер D_1 (на обичайці) $d_y = 400$ мм (люк).

Вхідні дані: температура середовища $t_c = 70^\circ\text{C}$; $P = 2,5$ МПа; $D_B = 2600$ мм; $H = 8200$ мм; діаметр штуцера $d_y = 400$ мм; швидкість корозії = $0,02$ мм/рік; термін експлуатації апарату – 10 років.

$$P_{\text{розр}} = 2,5 \text{ МПа}; P_{\text{гр}} = 3,326 \text{ МПа}$$

Розрахункова товщина стінки штуцера, який навантажений внутрішнім тиском:

$$S_{1P} = \frac{P \cdot (d+2C_S)}{2\varphi_1[\sigma]_1 - P} = \frac{2,5 \cdot (400+2 \cdot 0,2)}{2 \cdot 184,125 - 2,5} = 2,737 \text{ мм}$$

Товщина стінки

$$S_1 = S_{1P} + C$$

$$S_1 = 2,737 + C(0,2+0,8) = 3,737 \approx 4 \text{ мм}$$

Розрахункові діаметри укріплювальних елементів

$$D_R = D = 2600 \text{ мм}$$

Подп. и дата										
Инв. № докл.										
Взам. инв. №										
Подп. и дата										
Инв. № подл.										
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ПОХНП.С.00.00.000.ПЗ					Лист
										43

$$d_R = d + 2C_S = 400 + 2 \cdot 0,2 = 400,4 \text{ мм.}$$

Розрахункова товщина стінки зміцнюючих елементів

$$S_R = \frac{P_R \cdot D_R}{2\sigma \cdot [\sigma] - P} = \frac{2,5 \cdot 2600}{2 \cdot 184,125 - 2,5} = 17,77 \text{ мм}$$

$$S = 20 \text{ мм}$$

Розрахункові довжини зовнішньої і внутрішньої частин штуцера, які беруть участь в зміцненні отвору

$$l_{1R} = \min \{l_1; 1,25 \sqrt{(d + 2C_S)(S_1 - C_S)}\};$$

$$l_{1R} = 1,25 \sqrt{(400 + 2 \cdot 0,2)(4 - 0,2)} = 48,76 \text{ мм}$$

$$l_{3R} = \min \{l_3; 0,5 \sqrt{(d + 2C_S)(S_3 + 2C_S)}\};$$

$$l_{3R} = 0,5 \sqrt{(400 + 2 \cdot 0,2)(4 - 2 \cdot 0,2)} = 18,98 \text{ мм}$$

Ширина зони зміцнення в обичайках, переходах і днищах

$$L_0 = \sqrt{D_R(S - C)} = \sqrt{2600(20 - 1)} = 222,26 \text{ мм}$$

Розрахункова ширина зони укріплення в стінці обичайки, переходу або днища в околиці штуцера:

$$l_R = L_0 = 222,26 \text{ мм}$$

Умова зміцнення

$$l_{1R} \cdot (S_1 - S_{1R} - C_S) + l_{2R} \cdot S_2 + l_{3R} \cdot (S_3 - 2C_S) + l_R \cdot (S - S_R - C) \geq 0,5(d_R - d_{OR})S_R.$$

Розрахунковий діаметр отвору

$$d_{OR} = 0,4 \sqrt{D_R(S - C)} = 0,4 \sqrt{2600(20 - 1)} = 88,9 \text{ мм}$$

Розрахункова ширина накладного кільця

$$l_{2R} = \min \{l_2; \sqrt{D_R(S_2 + S - C)}\};$$

$$l_{2R} = \sqrt{2600(10 + 20 - 1)} = 274,59 \text{ мм}$$

$$48,76 \cdot (4 - 2,737 - 0,2) + 274,59 \cdot 10 + 18,98(4 - 2 \cdot 0,2) + 222,26(20 - 17,77 - 1) \geq$$

$$0,5(400,4 - 88,9) \cdot 17,77.$$

$$3139,44 \geq 2767,67.$$

Умова зміцнення отвору виконується.

4. Штуцер А1(на обичайці) $d_y = 200 \text{ мм.}$

Вхідні дані: температура середовища $t_c = 70^\circ \text{C}$; $P = 2,5 \text{ МПа}$; $D_B = 2600 \text{ мм}$; $H = 8200 \text{ мм}$; діаметр штуцера $d_y = 200 \text{ мм}$; швидкість корозії $= 0,02 \text{ мм/рік}$; термін експлуатації апарату $- 10 \text{ років}$.

$$P_{\text{розр}} = 2,5 \text{ МПа}; P_{\text{пр}} = 3,326 \text{ МПа}$$

Инд. № подл.	Взам. инв. №	Инд. № докл.	Подп. и дата	ПОХНП.С.00.00.0000.ПЗ					Лист
				Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	44

Розрахункова товщина стінки штуцера, який навантажений внутрішнім тиском:

$$S_{1P} = \frac{P \cdot (d + 2C_S)}{2\varphi_1[\sigma]_1 - P} = \frac{2,5 \cdot (200 + 2 \cdot 0,2)}{2 \cdot 184,125 - 2,5} = 1,37 \text{ мм}$$

Товщина стінки

$$S_1 = S_{1P} + C$$

$$S_1 = 1,37 + C(0,2 + 0,8) = 2,37 \approx 3 \text{ мм}$$

Розрахункові діаметри укріплювальних елементів

$$D_R = D = 2600 \text{ мм}$$

$$d_R = d + 2C_S = 200 + 2 \cdot 0,2 = 200,4 \text{ мм}$$

Розрахункова товщина стінки зміцнюючих елементів

$$S_R = \frac{P_R \cdot D_R}{2\varphi \cdot [\sigma] - P} = \frac{2,5 \cdot 2600}{2 \cdot 184,125 - 2,5} = 17,77 \text{ мм}$$

$$S = 20 \text{ мм}$$

Розрахункові довжини зовнішньої і внутрішньої частин штуцера, які беруть участь в зміцненні отвору

$$l_{1R} = \min \{ l_1; 1,25 \sqrt{(d + 2C_S)(S_1 - C_S)} \};$$

$$l_{1R} = 1,25 \sqrt{(200 + 2 \cdot 0,2)(3 - 0,2)} = 29,6 \text{ мм}$$

$$l_{3R} = \min \{ l_3; 0,5 \sqrt{(d + 2C_S)(S_3 + 2C_S)} \};$$

$$l_{3R} = 0,5 \sqrt{(200 + 2 \cdot 0,2)(3 - 2 \cdot 0,2)} = 11,413 \text{ мм}$$

Ширина зони зміцнення в обичайках, переходах і днищах

$$L_0 = \sqrt{D_R(S - C)} = \sqrt{2600(20 - 1)} = 222,26 \text{ мм}$$

Розрахункова ширина зони укріплення в стінці обичайки, переходу або днища в околиці штуцера:

$$l_R = L_0 = 222,26 \text{ мм}$$

Умова зміцнення

$$l_{1R} \cdot (S_1 - S_{1R} - C_S) + l_{2R} \cdot S_2 + l_{3R} \cdot (S_3 - 2C_S) + l_R \cdot (S - S_R - C) \geq 0,5(d_R - d_{OR})S_R$$

Розрахунковий діаметр отвору

$$d_{OR} = 0,4 \sqrt{D_R(S - C)} = 0,4 \sqrt{2600(20 - 1)} = 88,9 \text{ мм}$$

Розрахункова ширина накладного кільця

$$l_{2R} = \min \{ l_2; \sqrt{D_R(S_2 + S - C)} \};$$

$$l_{2R} = \sqrt{2600(10 + 20 - 1)} = 274,59 \text{ мм}$$

$$29,6 \cdot (3 - 1,37 - 0,2) + 274,59 \cdot 10 + 11,413(3 - 2 \cdot 0,2) + 222,26(20 - 17,77 - 1) \geq$$

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инд. № докл.
Инд. № подл.	Подп. и дата
Изм.	Лист

ПОХНП.С.00.00.000.ПЗ

Лист

45

0,5 (200,4-88,9) 17,77.

3106,84 ≥ 990,67.

Умова зміцнення отвору виконується.

[17], [20]

Інв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дѣл.	Подп. и дата	ПОХНП.С.00.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		46

3.3 Розрахунок опори апарата

Розрахунок ваги апарату.

Максимальна вага апарату при гідровипробуваннях:

$$G_{\text{апар}} = G_m + G_{\text{сер}},$$

де G_m – маса металевої частини апарату;

$G_{\text{сер}}$ – маса середовища в апараті

$$G_m = (G_{\text{од}} + 2G_{\text{дн}}) \cdot 1,1$$

де $G_{\text{од}}$ – маса об'ємної частини апарату;

$$G_{\text{од}} = \pi \cdot (D + s) \cdot H \cdot s \cdot \rho \cdot g$$

де D_B – внутрішній діаметр апарату, $D_B = 2,6$ м;

s – товщина стінки, $s = 20$ мм;

$H_{\text{од}}$ – висота об'ємної частини, $H_{\text{од}} = 8200$ м;

ρ – щільність сталі, $\rho = 7850$ кг/м³.

$$G_{\text{од}} = 3,14 \cdot (2,6 + 0,02) \cdot 8,200 \cdot 0,02 \cdot 7850 \cdot 9,81 = 103899,5 \text{ кг} = 1038 \text{ кН.}$$

$G_{\text{дн}}$ – маса днища, дорівнює 1377,3 кг (згідно ГОСТ 6533–78).

Маса середовища в апараті:

$$G_{\text{сер}} = (V_{\text{од}} + 2V_{\text{дн}}) \cdot \rho \cdot g = (0,785 \cdot D^2 \cdot H + 2 \cdot 3,801) \cdot 1000$$

де $V_{\text{од}}$ – об'єм об'ємної частини, м³;

$V_{\text{дн}}$ – об'єм днища, м³;

ρ – густина води, кг/м³;

$$G_{\text{сер}} = (0,785 \cdot 2,6^2 \cdot 8,200 + 2 \cdot 2,6087) \cdot 1000 \cdot 9,81 = 478056,211 \text{ кг}$$

$$G_m = (103899,5 + 2 \cdot 1377,3) \cdot 1,1 = 117319,51 \text{ кг}$$

$$G_{\text{апар}} = 1173,2 + 4780,56 = 5953,76 \text{ кН} = 595376 \text{ кг.}$$

Розрахунок опори.

Приймаємо тип опори – юбочна (опора конічна з кільцевим опорним поясом) згідно [17].

Формули для знаходження приведених навантажень.

$Q_{\text{тах}}$ – максимальне приведені навантаження в МН (кгс),
приймається рівним більшому з двох значень:

Підп. і дата	
Інв. № докл.	
Взам. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

Ізм.	Лист	№ докум.	Підп.	Дата
------	------	----------	-------	------

ПОХНП.С.00.00.000.ПЗ

Лист

47

$$Q_{\max} = \frac{4M_1}{D} + P_1 \quad \text{або} \quad Q_{\max} = \frac{4M_2}{D} + P_2$$

де M_1 і P_1 – розрахунковий згинальний момент в $\text{МН} \cdot \text{м}$ ($\text{кгс} \cdot \text{см}$) і розрахункове осьове стискальне зусилля в МН (кгс), що діють на апарат в місці приєднання опорного кільця в робочих умовах;

M_2 і P_2 – те ж саме в умовах випробування;

Величини M_1 , M_2 , P_1 , P_2 визначаються по [17], [21]

Q_{\min} – мінімальне приведенне навантаження в МН (кгс) визначається за формулою:

$$Q_{\min} = \frac{4M_3}{D} - P_3,$$

де M_3 і P_3 – розрахунковий згинальний момент в $\text{МН} \cdot \text{м}$ ($\text{кгс} \cdot \text{см}$) і розрахункове осьове стискальне зусилля в МН (кгс), що діють на апарат в місці приєднання опорного кільця в умовах монтажу, визначаються по [17], [21]

Розрахунок проводиться для робочих умов та для умов гідравлічного випробування колони. Використовуються розрахункові навантаження в трьох перетинах опори: $x-x$ – в підставі опори; $y-y$ – в місці зварного з'єднання опори з корпусом апарату; $z-z$ – по центрам отворів в опорі.

На опорі діють: $P=G$ – осьове стискальне зусилля від сили тяжіння апарату та середовища, допоміжних пристроїв, встановлених на колоні, ізоляції; M – сумарний згинаючий момент від вітрового та сейсмічного навантаження та від ексцентрично прикладених до осі апарату сил тяжіння в окремих внутрішніх та зовнішніх пристроях.

Опора висотою $h = 1780$ мм для колонного апарату с $D = 2600$ мм, $H = 11600$ мм.

Вага апарату:

- в робочих умовах $G_1 = 1,17$ МН
- в умовах випробування $G_2 = 5,95$ МН
- в умовах монтажу (мінімальний) $G_3 = 0,25$ МН

Згинальний момент у перетині $Y-Y$ від дії вітрових навантажень:

- в робочих умовах $M_{V1} = 0,3$ МН · м
- в умовах випробування $M_{V2} = 0,35$ МН · м

Підп. і дата	
Інв. № докл.	
Взам. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

ПОХНП.С.00.00.000.ПЗ

Лист
48

- в умовах монтажу (без ізоляції) $M_{V3}=0,325 \text{ МН} \cdot \text{м}$
Згинальний момент у перетині YY від дії ексцентричних вагових навантажень:

- в робочих умовах $M_{G1}=0,06 \text{ МН} \cdot \text{м}$

- в умовах випробування $M_{G2}=0,07 \text{ МН} \cdot \text{м}$

- в умовах монтажу (без ізоляції) $M_{G3}=0,05 \text{ МН} \cdot \text{м}$

Апарат встановлений в зоні з сейсмічністю не більше 6 балів.

Згідно [34]: $P_1=G_1$; $P_2=G_2$. $P_1=1,17 \text{ МН}$; $P_2=5,95 \text{ МН}$.

Визначення Q_{\max} та Q_{\min} та вибір опори.

Відповідно до таблиці в [34] визначаємо розрахункові згинальні моменти M_1 , M_2 , M_3 і осьові стискаючі сили P_1 , P_2 , P_3 , що діють на апарат в перерізі YY:

$$M_1 = M_{G1} + M_{V1} = 0,06 + 0,3 = 0,36 \text{ МН} \cdot \text{м};$$

$$M_2 = M_{G2} + 0,6 \cdot M_{V2} = 0,07 + 0,6 \cdot 0,35 = 0,28 \text{ МН} \cdot \text{м};$$

$$M_3 = M_{G3} + M_{V3} = 0,05 + 0,325 = 0,375 \text{ МН} \cdot \text{м};$$

$$P_3 = G_3 = 0,25 \text{ МН} - \text{в умовах монтажу (мінімальний)}.$$

Розраховуємо значення максимально приведенного навантаження:

$$Q_{\max} = \frac{4M_1}{D} + P_1 = \frac{4 \cdot 0,36}{2,6} + 1,17 = 1,72 \text{ МН}.$$

$$Q_{\max} = \frac{4M_2}{D} + P_2 = \frac{4 \cdot 0,28}{2,6} + 5,95 = 6,38 \text{ МН}.$$

Вибираємо більше з двох значень $Q_{\max} = 6,38 \text{ МН}$.

Розраховуємо значення мінімального приведенного навантаження:

$$Q_{\min} = \frac{4M_3}{D} - P_3 = \frac{4 \cdot 0,375}{2,6} - 0,25 = 0,327 \text{ МН}.$$

За [23] табл. 14.12 для $Q_{\min} = 0,327 \text{ МН}$ і $D = 2600 \text{ мм}$ приймаємо опору типу 4.

Для найближчих табличних значень $Q_{\max} < 6,3 \text{ МН}$ (розбіжність < 10%), $Q_{\min} < 3,2 \text{ МН}$, $D = 2600 \text{ мм}$ приймаємо опору

Опора 4-2600-630-320-1780.

З параметрами: $S_1=20 \text{ мм}$; $S_2=36 \text{ мм}$; $S_3=30 \text{ мм}$; $d_2=48 \text{ мм}$; кількість фундаментних болтів М42 - 24 шт.

[17], [22]

Інв. № подл.	Подп. и дата	Інв. № докл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист
ПОХНП.С.00.00.000.ПЗ										49
Копировал										Формат А4

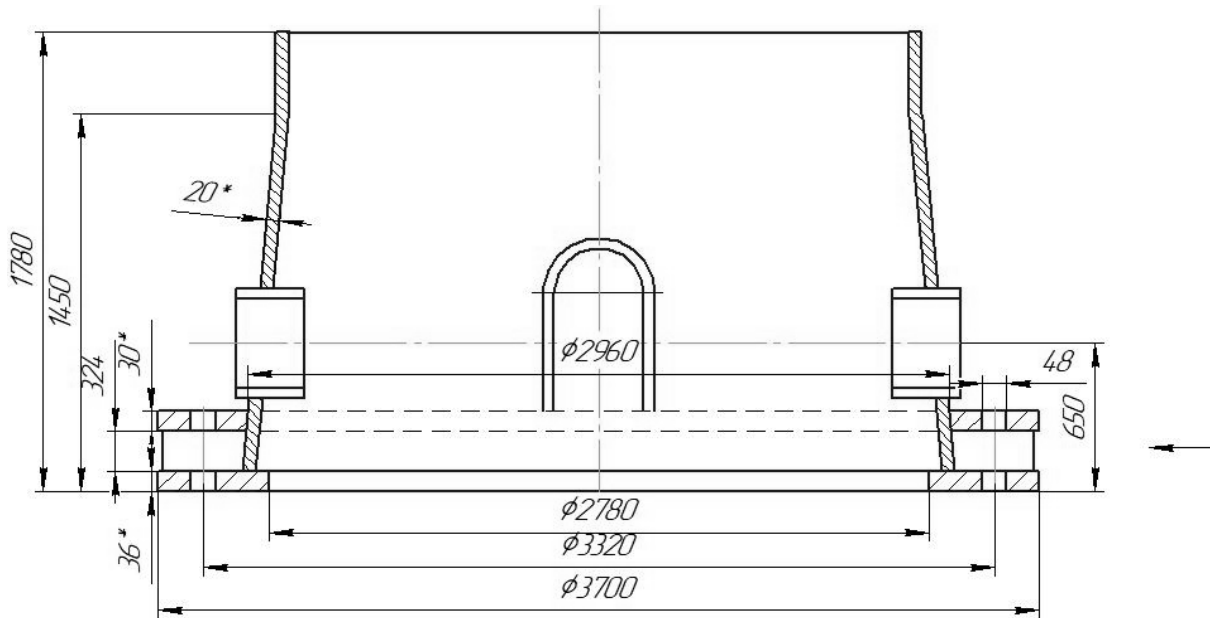


Рис. 7 - Опора

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дѣл.	Подп. и дата
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
ПОХНП.С.00.00.000.ПЗ				Лист
				50
Копировал			Формат А4	

3.4 Розрахунок фланцевого з'єднання.

Оскільки апарат цільнозварний, то розраховуємо з'єднання арматурного фланця найбільшого діаметру, кришка люка $D_y=400$ мм.

Для розрахунку фланцевого з'єднання використовувався програмний комплекс "Пассат". Результати розрахунку наведені в додатку А.

Інв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	ПОХНП.С.00.00.000.ПЗ				Лист
Ізм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					51

4. Монтаж та ремонт апарата

4.1 Монтаж розробленого апарата

В даному пункті ми детально опишемо дані та відомості щодо монтажу сепаратору II ступеня сепарації, вимоги та особливості щодо цього.

Установка, експлуатація та технічне обслуговування сепаратору.

Всі роботи по монтажу та обслуговуванню повинні проводитися під наглядом персоналу, що має спеціальний допуск. Монтаж сепаратора на об'єкті повинен проводитися з урахуванням габаритних і приєднувальних розмірів, вимог технічної документації та справжньої інструкції з експлуатації. При установці сепаратора працівники повинні бути забезпечені передбаченими для такого виду робіт засобами захисту. При монтажі і установці сепаратора слід дотримуватися норм і вимог безпеки, що діють для котельної установки. Сепаратор встановлюється строго по вертикалі на заздалегідь підготовлений бетонований фундамент або на металевий майданчик. Опори закріплюються за допомогою анкерів до закладних фундаменту. Установка сепаратора на опорній конструкції повинна виключати зависання його на підвідних і відвідних трубопроводах. Після установки сепаратора на опори необхідно зняти транспортну упаковку, встановити контрольно-вимірні прилади, запобіжні пристрої і зробити обв'язку трубопроводами. При установці необхідно передбачити вільний, зручний і безпечний доступ до сепаратора для обслуговування і ремонту.

Після установки і кріплення сепаратора, обв'язки і оснащення його арматурою необхідно виконати гідравлічне випробування. Після гідравлічного випробування проводяться промивка сепаратора і трубопроводів, перевірка працездатності арматури, регулятора рівня, запобіжного клапана, після чого сепаратор включають в роботу. При монтажі сепаратор необхідно ізолювати мінеральною ватою товщиною 100 мм.

Експлуатація сепаратора повинна здійснюватися відповідно до

Підп. и дата	
Інв. № докл.	
Взам. інв. №	
Підп. и дата	
Інв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ПОХНП.С.00.00.000.ПЗ

Лист

52

справжньої ІЕ, інструкції по експлуатації та технічного обслуговування котельні (котла), а також з урахуванням вимог нормативної технічної документації та вимог безпеки.

До обслуговування сепаратора допускаються особи, які досягли 18-річного віку, які пройшли виробниче навчання та інструктаж з техніки безпеки.

Обслуговуючий персонал один раз в три дні при обслуговуванні сепаратора, повинен:

1. перевірити герметичність фланцевих з'єднань і технологічного обладнання на пропуск газу (нафти), при пропуску у фланцевому з'єднанні підтягнути болти, при прориві прокладки замінити її;

2. перевірити справність манометра за допомогою триходового крана шляхом встановлення стрілки манометра на нуль, в разі, якщо стрілка не повертається до нульового положення шкали на величину, що перевищує половину допустимої похибки, його слід замінити;

3. переконатися в наявності пломби, справності скла і корпусу манометра. Крім зазначеної перевірки, не рідше одного разу в 6 місяців проводити перевірку робочих манометрів контрольним, який має однакову з перевіряльним манометром шкалу і клас точності, із записом в журналі контрольних перевірок;

4. перевірити справність запобіжного клапана примусовим короткочасним – підривом, заїдань клапана не повинно бути;

5. перевірити справність запірної арматури, в разі виявлення протікання в сальникове ущільнення його необхідно рівномірно підтягнути, а при необхідності і додати надивання. Арматуру, забезпечену маслянками, необхідно один раз в 3 місяці змащувати і перевіряти на плавність ходу;

6. перевірити наявність на сепараторі табличок із зазначенням термінів технічного огляду і правильність їх оформлення;

7. слідкувати за тим, щоб термін огляду не був прострочений. Своєчасно сповіщати відповідальних осіб про підготовку сепаратора, для його технічного огляду;

8. перевірити наявність табличок на запобіжних пристроях.

Сепаратор повинен бути негайно зупинений в наступних

Підп. і дата	
Інв. № докл.	
Взам. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

ПОХНП.С.00.00.000.ПЗ

Лист

53

випадках:

- при підвищенні тиску або температури вище дозволених технічною характеристикою;*
- при несправності запобіжних клапанів;*
- при виявленні в основних елементах судин тріщин, випучин, зменшення стінки на величину нижче розрахункової, пропусків і потіння в зварювальних швах, течі у фланцевих з'єднаннях;*
- при несправності або відсутності контрольних-вимірних приладів і засобів автоматизації;*
- при виході з ладу датчика рівня нафти;*
- при порушенні технологічного режиму;*
- при виникненні пожежі, котра безпосередньо загрожує сепаратору;*
- в аварійних ситуаціях (при відключенні електроенергії, припинення подачі продукції свердловин і т.д.).*

У даних ситуаціях тиск в судинах має бути стравлено до атмосферного. При виникненні пожежі, яка загрожує сепаратору, діяти згідно з планом ліквідації можливих аварій (П/ЛМА). Причини аварійної зупинки сепаратора повинні бути записані в змінному журналі.

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № докл.	Подп. и дата					
Изм.				Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ПОХНП.С.00.00.000.ПЗ	Лист
									54

4.2 Ремонт апарата

В даному пункті ми висвітлемо основні відомості про ремонт даного апарату. План-графік ремонтних робіт, вимоги до ремонту.

Ремонт і обслуговування сепаратора повинні проводитися своєчасно, у відповідності до розробленого плану-графіка ремонтних робіт (рис. 8).

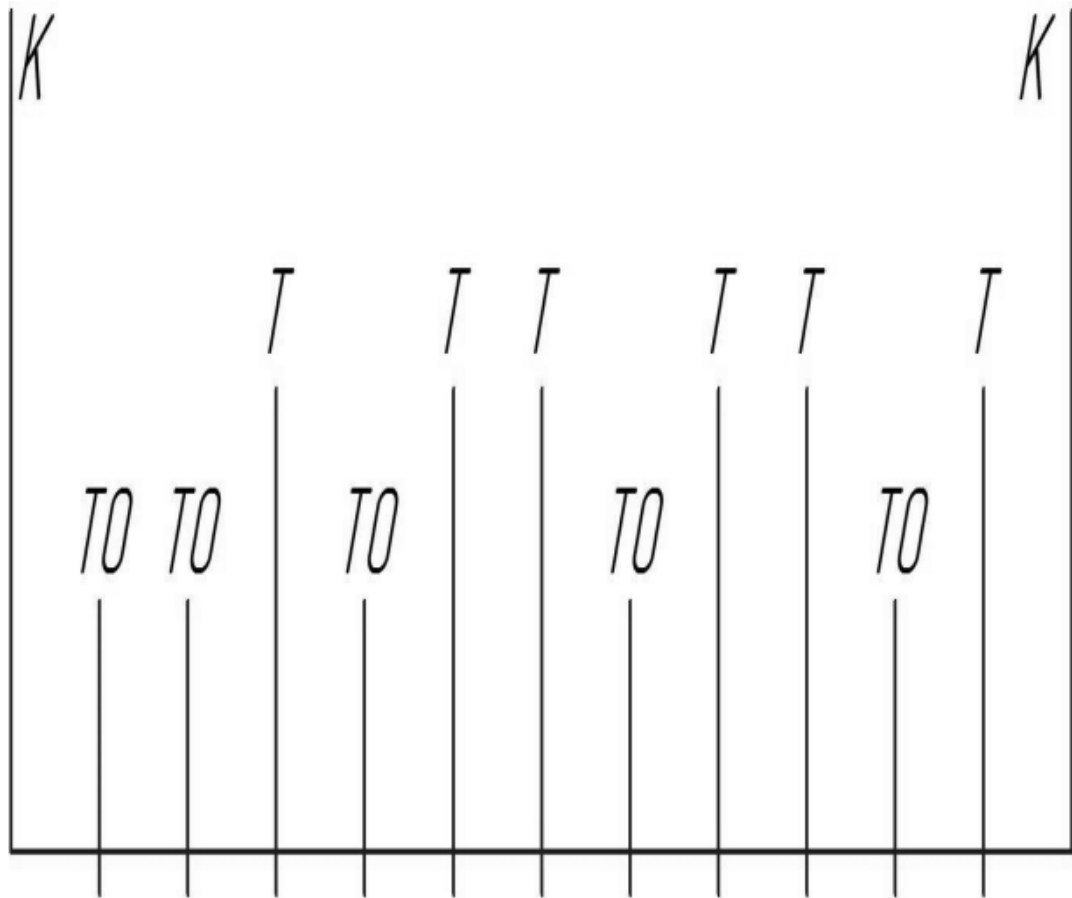


Рис. 8 – Річний план-графік ремонтних робіт

К – капітальний ремонт; ТО – технічне обслуговування; Т – поточний ремонт.

Ремонт сепаратора і його елементів, що знаходяться під тиском, не допускається. При ремонті мають виконуватись вимоги з техніки безпеки, викладені в галузевих правилах та інструкціях. До початку виконання робіт всередині сепаратора, з'єданого з іншими працюючими посудинами спільним трубопроводом, сепаратор повинен бути відділений від них заглушкою або від'єднаний. Від'єднані трубопроводи повинні бути заглушені.

Ив. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Ив. № дубл.
Подп. и дата	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

ПОХНП.С.00.00.000.ПЗ

Лист
55

Застосовувані для відключення сепаратора заглушки, які встановлюються між фланцями, повинні бути відповідної міцності і мати виступаючу частину (хвостовик), за якою визначається наявність заглушки.

При роботі та внутрішньому огляді даного сепаратора, повинні застосовуватися безпечні світильники з напругою не вище 12 В. Перевірка внутрішнього стану проводиться газоаналізатором. При перевірці використовуються індивідуальні засоби захисту. Після перевірки концентрація газової суміші не повинна бути менше 300 мг/м³ ..

Роботи всередині сепаратора необхідно виконувати після оформлення наряду-допуску на проведення даного виду робіт із зазначенням відповідальної особи.

Після ремонту сепаратора відповідальні особи за справний стан і безпечне утримання зобов'язані негайно повідомити про це контролюючим органам для проведення позачергового опосвідчення (проводяться внутрішній огляд та гідравлічне випробування).

Результати мають бути занесені в паспорт сепаратора.

Вимоги до ручного інструменту

Ручні інструменти (молотки, зубила, пробійники тощо) не повинні мати:

1. на робочих поверхнях пошкодження (вибоїни, відколи);
2. на бічних гранях в місцях затискання їх рукою задирок, задирів і гострих ребер;
3. на поверхні ручок інструментів задирок і тріщин, поверхня повинна бути гладкою;
4. перегріту робочу поверхню;
5. довжину зубила менше 150 мм, а довжину крейцмейселя, борідка, керна – більше 150 мм.

Молотки і кувалди повинні бути надійно насаджені на дерев'яні ручки і розклинені заїорженими металевими клинами.

Напилки та стамески повинні мати дерев'яні ручки з металевими кільцями на кінцях.

Забороняється користуватися несправними пристосуваннями і інструментом.

Підп. и дата										
Инд. № докл.										
Взам. инв. №										
Підп. и дата										
Инд. № подл.										
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ПОХНП.С.00.00.000.ПЗ					Лист

У ключів повинні бути паралельні незношені та несточені зубки. Розсувні ключі не повинні бути ослабленими у рухомих частинах. Для перенесення інструментів, якщо це потрібно за умовами роботи, робочому повинна видаватися сумка або легкий переносний ящик, або спеціальний пересувний візок.

Перед початком роботи слід перевірити всі інструменти, несправні замінити.

Електроінструменти повинні зберігатися в інструментальній та видаватися робочому тільки після попередньої перевірки спільно з захисними пристосуваннями: гумові рукавички, килимки, діелектричні калоші і т.д.

Металеві корпуси електроінструментів, які живляться від мереж напругою вище 42 В змінного струму і вище 110 В постійного, в приміщеннях з підвищеною небезпекою, особливо небезпечних і в зовнішніх установках повинні бути заземлені або занулені, за винятком електроінструментів з подвійною ізоляцією або які живляться від розділових трансформаторів.

Електричний інструмент, що працює від мережі з напругою вище 42 В, повинен мати шланговий провід або багатожильні гнучкі проводи типу ПРГ з ізоляцією, розрахованою на напругу не нижче 500 В, і штепсельну вилку з подовженим заземлюючим контактом.

Для забезпечення безперервної роботи сепаратора необхідно не рідше 2 разів в зміну здійснювати контроль:

1. за тиском всередині сепаратора;
2. за працездатністю запобіжного клапана;
3. за наявністю нормального рівня нафти в корпусі.

Технічне обслуговування сепаратора повинно здійснюватися у відповідності до графіка технічного обслуговування.

Технічне обслуговування сепараторів проводиться в міру необхідності, але не менше одного разу на рік і включає в себе огляд і виявлення дефектів вузлів і деталей сепаратора, а саме: зовнішній огляд, перевірку зварних і фланцевих з'єднань, перевірку стану поверхонь нагрівання на наявність слідів інтенсивної корозії, ерозії і відкладення солей.

Видалення нафтопродуктів повинно здійснюватись в наступному порядку:

Підп. и дата	
Инд. № докл.	
Взам. инв. №	
Підп. и дата	
Инд. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

ПОХНП.С.00.00.000.ПЗ

Лист

57

1. зупинити сепаратор і вивести його з експлуатації;
2. знизити тиск;
3. очистити сепаратор від залишків нафти;
4. видалити залишки піногасника і шлам;
5. оглянути;
6. при необхідності очистити внутрішню поверхню промиванням, замінити прокладки;
7. провести ревізію встановленої арматури;
8. запустити систему в роботу.

Ремонт сепаратора і його елементів під час роботи не допускається. При тривалому ремонті, а також недостатній щільності відключаючої арматури ремонтване обладнання слід відглушити. Товщина заглушок повинна відповідати параметрам робочого середовища. Тривалість міжремонтного циклу сепаратора очищення нафти становить 3 роки.

При капітальному ремонті здійснюється:

1. заміна каплевіддійної насадки;
2. комплексна очистка внутрішньої частини сепаратора;
3. внутрішній огляд корпусу апарату з вимірюванням товщини стінок;
4. ревізія і ремонт, опресовування арматури, датчика рівня нафти, автоматичних клапанів на трубопроводах із заміною прокладок і ревізією ущільнення;
5. зачистка і шліфування поверхонь ущільнювачів на апараті і деталях апарату;
6. фарбування обладнання та трубопроводів;
7. ремонт і заміна ізоляції на обладнанні та трубопроводах.
8. технічний огляд апарату відповідно до правил Держпромнагляду;

При зупинці на капітальному ремонті проводять візуальний і вимірвальний контроль внутрішньої поверхні корпусу сепаратора, зварних швів штуцерів, внутрішніх пристроїв, каплевіддійника, теплоізоляційного шару.

При цьому візуальним оглядом фіксують стан робочих поверхонь, наявність тріщин, слідів корозії і т.п.

Ділянки зі спученої поверхнею плакуючого шару можна виявити за допомогою світлового променя, спрямованого по дотичній до

Інв. № подл.	Попл. и дата	Інв. № докл.	Взам. инв. №	Попл. и дата	Інв. № подл.	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ПОХНП.С.00.00.000.ПЗ	Лист
	58											
											Копировал	Формат А4

поверхні. Потім для контролю застосовують методи кольорової та магнітопорошкової дефектоскопії. Для виявлення розшарувань використовують в основному ультразвукову дефектоскопію і товщинометрію.

Для зменшення обсягу робіт на висоті монтаж обладнання та технологічних конструкцій виконують в зборі або максимально укріпленими блоками, що збираються внизу на стендах. До підйому монтовані конструкції оглядають зовні, перевіряють відповідність геометричних розмірів проекту.

[24]

Інв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дѣл.	Подп. и дата	ПОХНП.С.00.00.000.ПЗ	Лист
						59
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Копировал	Формат А4

5. Охорона праці

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 під час трудової діяльності.

Законодавство про працю містить норми і вимоги з техніки безпеки і виробничої санітарії, норми, що регулюють робочий час і час відпочинку, звільнення та переведення на іншу роботу, норми праці щодо жінок, молоді, гігієнічні норми і правила тощо.

Загальний нагляд за дотриманням норм охорони праці покладено на прокуратуру, спеціальний на професійні спілки. Контроль за безпекою праці здійснюють також, державні й відомчі спеціалізовані інспекції (Держгіртехнагляд, Держенергонагляд тощо).

Вимоги до підприємства

Головні пункти, які має виконати підприємство, для відповідності законодавству України у сфері охорони праці:

1. Створити службу охорони праці.
2. Розробити та затвердити на підприємстві положення, інструкції та інші акти з охорони праці.
3. Організувати проведення інструктажів з питань охорони праці.
4. Забезпечити навчання і перевірку знань з питань охорони праці.
5. Подбати про проведення медичних оглядів.
6. Забезпечити працівників засобами індивідуального захисту, милом, молоком, солоною водою та інше.
7. Провести атестацію робочих місць.
8. Налаштувати облік нещасних випадків.

Далі ми опишемо деякі загальні риси та вимоги з охорони праці на підприємстві.

1. Мікроклімат приміщень – це сукупність фізичних чинників та умов навколишнього середовища, які зумовлюють його тепловий стан і впливають на теплообмін людини.

Підп. и дата	
Інв. № докл.	
Взам. інв. №	
Підп. и дата	
Інв. № подл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

ПОХНП.С.00.00.000.ПЗ

Лист
60

Основними чинниками, які формують мікроклімат приміщень, є: температура, швидкість руху та вологість повітря, а також радіаційна температура, тобто середня температура поверхонь обгороджувальних конструкцій і предметів.

Температура повітря визначається термометрами (ртутними, спиртовими й електричними та термографами в градусах за шкалою Цельсія).

2. Терморегуляція – сукупність фізіологічних процесів, що підтримують температуру тіла організму відмінною від температури навколишнього середовища.

Розрізняють такі види терморегуляції у теплокровних:

Ендотермія – здатність деяких організмів контролювати температуру своїх тіл за допомогою внутрішніх засобів, наприклад, треміння м'язів або внутріклітинних засобів. Протилежність ендотермії – екзотермія.

Гоміотермія – терморегуляція, що дозволяє підтримувати постійну внутрішню температуру тіла попри зовнішній вплив.

Тахіметаболізм – вид терморегуляції, характерний для організмів із високим рівнем основного обміну, тобто швидкості метаболізму у стані спокою.

3. За важкістю та енерговитратами роботи класифікують на такі категорії:

I категорія – легка робота, що виконуються сидячи (I а), стоячи, або пов'язані із ходьбою, але не потребують систематичного напруження або піднімання та перенесення вантажів (I б); енерговитрати за таких робіт відповідно складають 105...140 Дж/с (I а) та 138...174 Дж/с (I б). Це роботи користувачів комп'ютерів, основні процеси точного приладобудування.

II категорія – роботи середньої важкості, що виконуються сидячи, стоячи, або пов'язані із ходьбою, але не потребують перенесення вантажів (II а) та роботи, пов'язані із ходьбою і перенесенням вантажів вагою до 10 кг (II б); енерговитрати відповідно складають 175...232 Дж/с (II а) та 232...290 Дж/с (II б). Це роботи у механоскладальних, механічних цехах.

III категорія – важкі роботи, пов'язані з перенесенням вантажів, вагою понад 10 кг і систематичним напруженням; енерговитрати –

Попл. и дата	
Инд. № докл.	
Взам. инв. №	
Попл. и дата	
Инд. № попл.	

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

ПОХНП.С.00.00.000.ПЗ

Лист
61

більше 290 Дж/с. Це роботи у ковальських цехах з ручною ковкою, немеханізовані роботи у ливарних цехах тощо.

4. Оптимальні мікрокліматичні умови – поєднання параметрів мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливі на людину забезпечують зберігання нормального теплового стану організму без активізації механізмів терморегуляції. Вони забезпечують відчуття теплового комфорту та створюють передумови для високого рівня працездатності.

5. Допустимі мікрокліматичні умови – це поєднання параметрів мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливі на людину можуть викликати зміни теплового стану організму, що швидко минають і нормалізуються та супроводжуються напруженням механізмів терморегуляції в межах фізіологічної адаптації. При цьому не виникає ушкоджень чи порушень стану здоров'я, але можуть спостерігатись дискомфортні тепловідчуття, погіршення самопочуття та зниження працездатності.

6. Вологість повітря – вміст водяної пари в повітрі, характеризується пружністю водяної пари, відносною вологістю, дефіцитом вологи, точкою роси, – є одним з найважливіших параметрів атмосфери, що визначає погоду, а також те, наскільки комфортно почуває себе людина в цей момент часу.

Є два способи кількісної оцінки вологості:

Абсолютна вологість – маса водяної пари, що утримується в одиницях об'єму повітря.

Відносна вологість – відношення абсолютної вологості до її максимального значення при даній температурі. При 100% відносній вологості в повітрі може відбутися конденсація водяних пар з утворенням туману, випаданням води. Температура, при якій це трапляється, називається точкою роси.

Максимальна вологість – пружність (напруга) водяних пар при повному насиченні повітря вологою при даній температурі або кількість водяних пар у грамах, необхідне для повного насичення 1 мг повітря при даній температурі.

Оптимальна для людини вологість 40–60%.

[25], [26]

Інв. № подл.	Подп. и дата					Лист 62
	Инв. № докл.					
	Взам. инв. №					
	Подп. и дата					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	ПОХНП.С.00.00.000.ПЗ	
Копировал						Формат А4

Список літератури

1. https://uk.wikipedia.org/wiki/Природний_газ; Наїдъонов Г. Ф. Про природний газ. – К., 1962.

2. Выпурайко Д.В., Топоров А.А. Комплексная подготовка природного газа к транспортировке.

3. https://uk.wikipedia.org/wiki/Сепарація_газу; Мала гірнича енциклопедія : у 3 т. / за ред. В. С. Білецького. – Д. : Східний видавничий дім, 2004–2013.

4. <https://uk.wikipedia.org/wiki/Теплообмін>; Лабаї В. Й. Тепломасообмін – Л.: Тріада Плюс, 1998. – 260 с.

5. <https://uk.wikipedia.org/wiki/Вода>; Деркач Ф. А. Хімія. – Л. 1968.

6. Бойко В. С., Бойко Р. В. Тлумачно-термінологічний словник-довідник з нафти і газу. Київ: Міжнародна економічна фундація. Тт. 1-2, 2004–2006 рр. 560 + 800 с.

7. Сепараційне обладнання Мачухської УПГ.

8. Марочник сталей и сплавов / В. Г. Сорокин, А. В. Волосникова, С. А. Вяткин и др; Под общ. ред. В. Г. Сорокина. – М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.

9. Кадыров М.М., Гумеров О.А., Сбор, промысловая подготовка продукции скважин. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2003. – 70 с.

10. Складінський В. І. Технологічні основи нафто- та газопереробки / Складінський В. І. Ляпоценко О. О., Артюхов А. Е. – Суми: Сумський державний університет, 2011. – 187 с.

11. Каспарьянц К. С., Кузин В. И., Григорян Л. Г. Процессы и аппараты для объектов промышленной подготовки нефти газа М.: Недра, 1977. – 254 с.

12. Ишмуллин А.А., Храмов Р.А. Процессы и оборудование системы сбора и подготовки нефти, газа и воды. – Уфа: УГНТУ 2003. – 144 с.

13. Эмирджанов Р.Т., Лемберанский Р.А. Основы технологических расчетов в нефтепереработке и нефтехимии.

14. Павлов К. Ф., Романков П. Г., Носков А. А. Примеры и задачи

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № докл.	Подп. и дата	Инд. № подл.	ПОХНП.С.00.00.000.ПЗ				Лист
						Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

по курсу процессов и аппаратов химической технологии.

15. Мильштейн Л.М., Бойко С.И., Запорожец Е.П. Нефтегазопромысловая сепарационная техника – Справочное пособие.

16. Каспарьянц К. С., Кузин В. И., Григорян Л. Г. Процессы и аппараты для объектов промышленной подготовки нефти газа. М.: Недра, 1977. –254 с.

17. Конструирование сварных химических аппаратов. Лащинский А.А. 1981.

18. ГОСТ 14249–89.

19. ГОСТ 6533–78.

20. ГОСТ 24755–89.

21. ГОСТ 24757–81.

22. <http://www.gosthelp.ru/text/АТК2420004900porycilindri.html>.

23. Білецький В. С. Основи нафтогазової справи / В. С. Білецький, В. М. Орловський, В. І. Дмитренко, А. М. Похилко. Полтава: ПолтНТУ, Київ: ФОП Халіков Р. Х., 2017. – 312 с.

24. <https://core.ac.uk/download/pdf/81246303.pdf>;
https://studopedia.ru/3_79758_sistema-planovo-predupreditelnogo-remonta-ppr.html.

25. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці [Текст]: підруч. / В. Ц. Жидецький. – 3-тє вид., перероб. і доп. – Львів : Укр. акад. друкарства, 2006. – 336 с. – ISBN 966–8013–11–5;
https://uk.wikipedia.org/wiki/Охорона_праці.

26. <https://studfile.net/preview/5025758/page:3>.

Підп. і дата	
Інв. № докл.	
Взам. інв. №	
Підп. і дата	
Інв. № подл.	

Ізм.	Лист	№ докum.	Підп.	Дата

ПОХНП.С.00.00.0000.ПЗ

Лист
64