

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ШОСТКИНСЬКИЙ ІНСТИТУТ

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра: Хімічної технології високомолекулярних сполук

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВР**  
зі спеціальності 6.133: Галузеве машинобудування

Тема роботи: Виробництво метилового спирту. Тарілчаста ректифікаційна колона для розділення бінарної суміші метиловий спирт-вода продуктивністю по вихідній суміші 12000 кг/годину.

Виконав студент

Вайнраух А.І.

Залікова книжка:

№ \_\_\_\_\_

Захищений з оцінкою:

\_\_\_\_\_

Керівник проекту

Закусило Р.В.

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ШОСТКИНСЬКИЙ ІНСТИТУТ**  
**СУМСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО УНІВЕРСИТЕТУ**

Спеціальність: Галузеве машинобудування

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**

Зав. Кафедрою

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВР**

Студенту: Вайнраух А.І.

група ХМзт-71ш курс IV

1. **Тема курсової роботи:** «Виробництво метилового спирту. Тарілчаста ректифікаційна колона для розділення бінарної суміші метиловий спирт-вода продуктивністю по вихідній суміші 12000 кг/годину.»
2. **Вихідні дані:** Продуктивність 12000 кг/год, склад продуктів за легкокиплячим компонентом у вихідній суміші 35% (мол.), в дистилляті 93,5% (мол.), в кубовій суміші 5%. Тип тарілок - ситчасті.
3. Перелік обов'язкового графічного матеріалу (листи А1)
  - 3.1 Загальний вигляд 2хА1;
  - 3.2 Технологічна схема 1хА1;
  - 3.3 Складальні креслення 1,5хА1.
4. Література та матеріали, які рекомендуються: Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств: Примеры и задачи: Учеб. пособие для студентов / М.Ф. Михайлев, Н.П. Третьяков, А.И. Мильченко, В.В. Зобнин; Под общ. ред. М.Ф. Михайлева. Л.: Машиностроение, Ленингр. отдние, 1984. - 301 с., ил.
5. Контрольні терміни виконання: травень

Етап і розділи комплексного курсового проекту	Т И Ж Д Е Н Ь					
	1, 2	3, 4, 5,6	7, 8, 9	10, 11, 12, 13	14	15
1 Опис схеми, апарата	х х					
2 Технологічна частина		х х х х				
3 Розрахунки на міцність, герметичність та стійкість			х х х			
4 Розробка креслень				х х х х		
5 Оформлення записки					х	
6 Захист проекту						х

6. Дата видачі завдання Березень 2021 р

7. Термін захисту курсової роботи Червень 2021р.

Керівник комплексної курсової роботи Закусило Р.В.

## Реферат

Пояснювальна записка: 65 с, 14 рисунків, 4 таблиці, 13 літературних джерел. Графічні матеріали: складальне креслення апарата, технологічна схема, креслення складальних одиниць листів 4 формату А1.

Тема: Виробництво метилового спирту. Тарілчаста ректифікаційна колона для розділення бінарної суміші метиловий спирт-вода продуктивністю по вихідній суміші 12000 кг/годину.

Зроблена технологічна схема виробництва. Описані теоретичні основи процесу ректифікації. Описаний принцип дії та конструкція ректифікаційної колони. Вибраний та обґрунтований матеріал апарату.

Проведені технологічні розрахунки апарату це розрахунки матеріального та теплового балансів, конструктивні розрахунки, визначений опір апарату, вибране та розраховане допоміжне обладнання.

Зроблені конструктивні розрахунки товщин стінок апарату, розрахунки які підтверджують надійність апарату.

Описаний монтаж і ремонт апарату та охорона праці.

Ключові слова: АПАРАТ, КОРПУС, РЕКТИФІКАЦІЯ, КОЛОНА, МЕТИЛОВИЙ СПИРТ.

## Зміст

Вступ .....	5
1 Технологічна частина .....	7
1.1 Опис технологічної схеми виробництва .....	7
1.2 Теоретичні основи процесу ректифікації.....	9
1.3 Опис конструкції колони і вибір матеріалів .....	12
2 Технологічні розрахунки процесу і апарату.....	18
2.1 Матеріальний баланс процесу .....	18
2.2 Технологічні розрахунки.....	19
2.3 Конструктивні розрахунки.....	24
2.4 Гідравлічний опір апарата.....	27
2.5 Тепловий баланс установки .....	30
2.6 Вибір допоміжного обладнання .....	32
3 Розрахунок апарату на міцність та герметичність.....	36
3.1 Розрахунок товщини стінки корпусу.....	37
3.2 Розрахунок товщини стінки кришки .....	38
3.3 Розрахунок фланцевого з'єднання .....	40
3.4 Розрахунок опори.....	49
4 Монтаж і ремонт апарату.....	51
4.1 Монтаж колони .....	51
4.2 Проведення ремонтних робіт .....	54
5 Охорона праці.....	56
5.1 Вимоги до обладнання з урахуванням техніки безпеки.....	57
5.2 Характеристики готового продукту.....	58
5.3 Виробнича санітарія .....	58
5.3.1 Мікроклімат .....	58
5.3.2 Освітлення.....	59
5.3.3 Шум та вібрація .....	61
5.3.4 Електробезпека.....	62
5.3.5 Пожежна безпека.....	62
5.3.6 Охорона навколишнього природного середовища .....	63
Висновки .....	64
Література .....	65

					6.133.21.02.00.00.00 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>Пояснювальна записка</b>	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Вайнраух				4	65	
Перевір.		Закусило				<b>ШІ Сум ДУ</b>		
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.								

## Вступ

Метанол (метиловий спирт) є одним з найважливіших за значенням і масштабами виробництва органічним продуктом, що випускається хімічною промисловістю. Випуск метанолу перевищує темпи зростання виробництва багатьох продуктів хімічної промисловості.

До промислового освоєння каталітичного способу метанол отримували в основному сухою перегонкою деревини. «Лісохімічний метиловий спирт» забруднений ацетоном та іншими важковідємними домішками. В даний час цей метод отримання метанолу практично не має промислового значення. З причин технічного і головним чином економічного характеру промислового розвитку отримав метод синтезу метанолу з окису вуглецю і водню на цинк-хромовому каталізаторі при тиску  $250 \div 350$  кгс/см<sup>2</sup>, який був розроблений в 1913 році. Даний спосіб отримання метанолу постійно вдосконалюється і розвивається.

Бурхливе зростання виробництва метанолу обумовлене постійно зростаючим різноманіттям сфер його застосування. Значення метанолу як сировини для виробництва безлічі важливих органічних продуктів велике. Метанол є сировиною для отримання таких продуктів, як формальдегід (Близько 50% від усього виробленого метанолу), синтетичний каучук (11%), а також диметилтерефталат, метілматякрилат, пентаеритрит, уротропін. Його використовують у виробництві фотоплівки, амінів, полівінілхлоридних, карбамідних та іонообмінних смол, барвників і напівфабрикатів, в якості розчинники в лакофарбовій промисловості. У великих кількостях метанол споживають для отримання інших органічних речовин, наприклад хлорофосу, карбофосу, хлористого і бромистого метилу і різних ацеталей.

Незважаючи на досягнуті успіхи, виробництво метанолу продовжує вдосконалюватися. Розробляються більш активні і селективні каталізатори, методи отримання і підготовки вихідного технологічного газу, апаратне оформлення процесу, більш повне використання тепла, виділяється при синтезі. Розробляються технологічні схеми на основі прогресивної техніки. В енергетичному відношенні процес більш автономний, так як для ведення процесу практично не буде потрібно підводити енергію і пар ззовні.

Одночасно зі створенням великих одноагрегатних установок з використанням низькотемпературних каталізаторів у світовій практиці є приклади створення великих агрегатів, що працюють при високому тиску ( $250 \div 350$  кгс / см<sup>2</sup>). Однак у світовій і вітчизняній практиці з огляду на техніко-економічних переваг намічається розвиток схем виробництва метанолу при низькому тиску  $50 \div 150$  кгс / см<sup>2</sup>.

									Арк.
									5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	6.133.21.02.00.00.00 ПЗ				

Підприємства з випуску метанолу розміщені в різних економічних районах країни, тому і види використовуваної сировини різні.

Найбільш дешевий метанол отримують при використанні в якості сировини природного газу. Це і стимулює перехід підприємств метанолу на природний газ.

Все це і багато іншого призводить до збільшення продуктивності метанолу в десятки, а то і сотні разів. Слід зазначити, що зі збільшенням продуктивності та обширним використанням метанолу як сировини, зростає і потреба в ретельній очистці від різних домішок. На практиці метанол очищають багатостадійною ректифікацією.

					<i>6.133.21.02.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						6
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

# 1 Технологічна частина

## 1.1 Опис технологічної схеми виробництва

Ректифікаційна установка призначена для проведення масообмінних процесів в хімічній, нафтохімічній і багатьох інших галузях промисловості.

Найважливішим апаратом в ректифікаційній установці є колона. Колона ректифікації в цанговому (на фланцях) виконанні корпусу витримує тиск до 1,6 Мпа, для роботи під великим тиском (до 4,0 МПа) використовуються колони з суцільнозварним корпусом. Принципова схема ректифікаційної установки представлена на рисунку 1

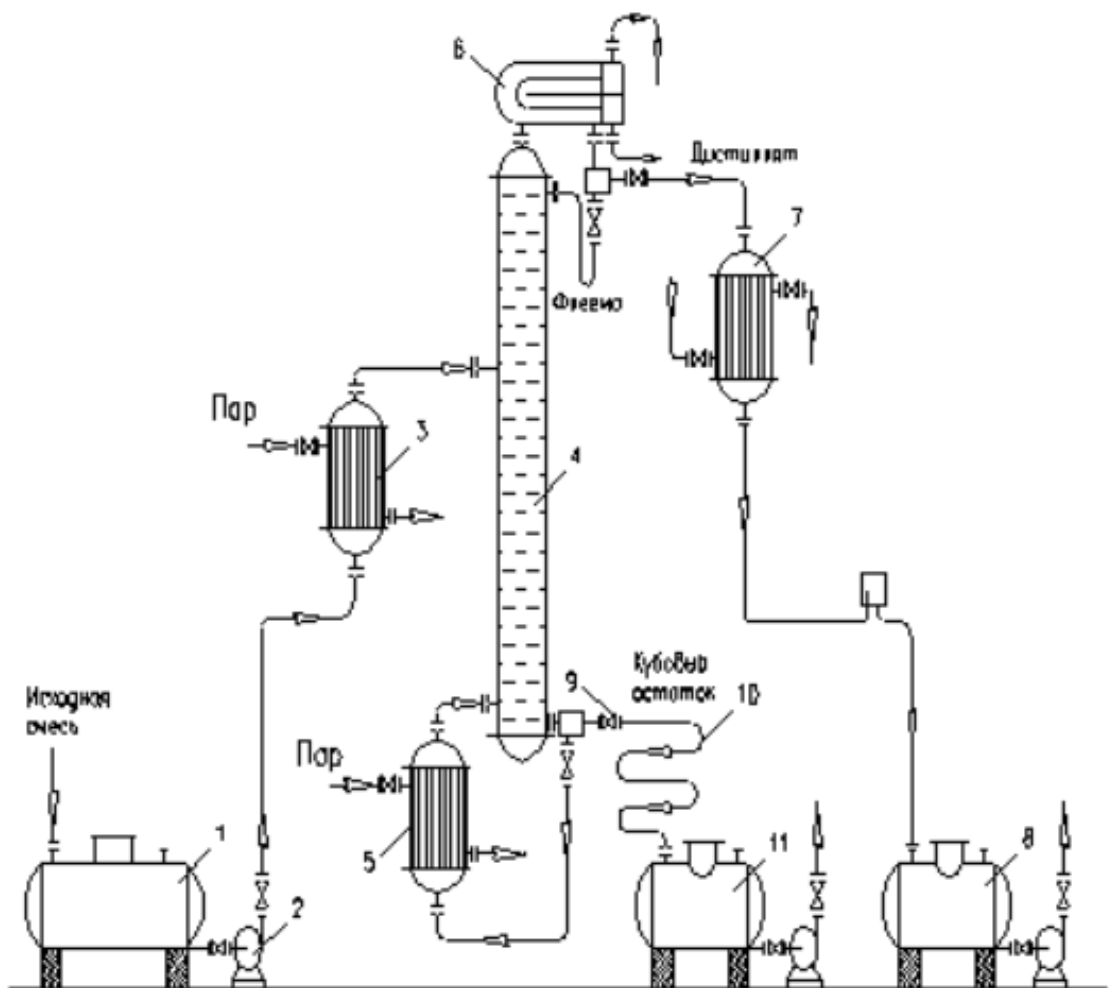


Рисунок 1 - Технологічна схема ректифікаційної установки  
1, 8, 11 - ємності, 2 - відцентровий насос, 3 - теплообмінник,  
4 - колона ректифікації, 5 - куб-випарник, 6 - дефлегматор,  
7 - теплообмінник, 9 - насос, 10 - теплообмінник.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

6.133.21.02.00.00.00 ПЗ

Арк.

7

Процес ректифікації бінарної суміші протікає за наступною схемою. З ємності (1) відцентровим насосом (2) в теплообмінник (3) подається вихідна суміш складу XF. В теплообміннику (3) суміш підігривається до температури кипіння і подається в колону (4) на ту тарілку, на якій кипить суміш того ж складу, тобто на верхню тарілку нижньої вичерпної частини колони. Верхню частину колони ректифікації називають зміцнює по легколетучого компоненту (рисунок 2).

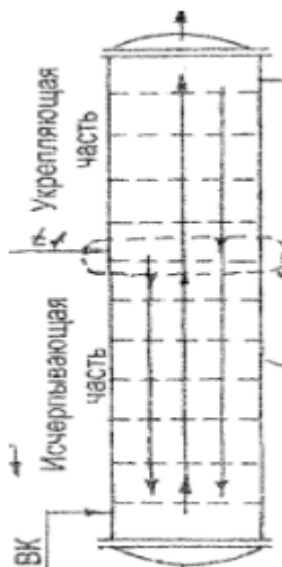


Рисунок 2 - Схема колони з позначенням вичерпної і зміцнює частини в середині колони (4) розташовуються контактні пристрої у вигляді тарілок (в даній роботі розглядається тарілкова колона). Знизу вгору по ректифікаційній колоні рухається надходить з кип'ятильника (5)

(виносного куба-випарника) пар. На кожній тарілці частково пар важколетучем компонента конденсується а легколетучий компонент частково випаровується за рахунок конденсації. Початковий склад пара приблизно дорівнює складу кубового залишку  $x_w$ , тобто пар збіднений легколетучим компонентом. Отже, виходить з куба-випарника (5) пар, представляє собою практично чистий важколетучий компонент, по міру свого руху до верху колони поступово збагачується легколетучим компонентом суміші і залишає колону у вигляді практично чистого пара легколетучего компонента.

Для найбільш повного збагачення верхня частина колони відповідно до заданого флегмового числа зрошується рідиною (флегмою) складу  $x_r$ , отриманої конденсацією виходить з колони (4) пара. Конденсація пара охолоджується в охолоджуваному водою дефлегматоре (6). деяка частина конденсату у вигляді готового продукту поділу (дистилляту) виводиться з дефлегматора і охолоджується в теплообміннику (7), після чого направляється в ємність (8).

						6.133.21.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
							8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			



Флегма під дією сили тяжіння стікає по колоні (4), взаємодіє з парою, в наслідок чого збагачується важколетучем компонентом. Нижній продукт або кубовий залишок, збагачений важколетучем компонентом, з вичерпної частини колони насосом (9) безперервно відводиться в теплообмінник (10), де охолоджується, після чого охолоджений важколетучем компонент прямує в ємність (11). Для отримання найбільш чистих продуктів проводиться багаторазова ректифікація отриманих речовин.

Як вище сказано при ректифікації спирту головним чином застосовують сітчасті тарілки [5].

## 1.2 Теоретичні основи процесу ректифікації [3]

Взаємодію пара та рідини в колоні ректифікаційній, зробимо припущення:

а) теплоти випаровування компонентів однакові, тому кожен кілограм-моль пара при конденсації випаровує відповідно кілограм-моль рідини  $i$ , отже, молярний потік пара, що рухається в апараті від низу до верху, однаковий в різних перетинах апарату;

б) при конденсації пари в конденсуючому пристрої агрегату не відбувається зміни складу пара  $i$ , отже, склад пара, що виходить з ректифікаційної колони, дорівнює складу дистилляту  $y_p = x_p$ ;

в) при випаровуванні рідини в нижній частині випарника не відбувається зміни її складу, отже, склад пари, що утворюється у випарнику, дорівнює складу залишку  $y_w = x_w$ ;

					6.133.21.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

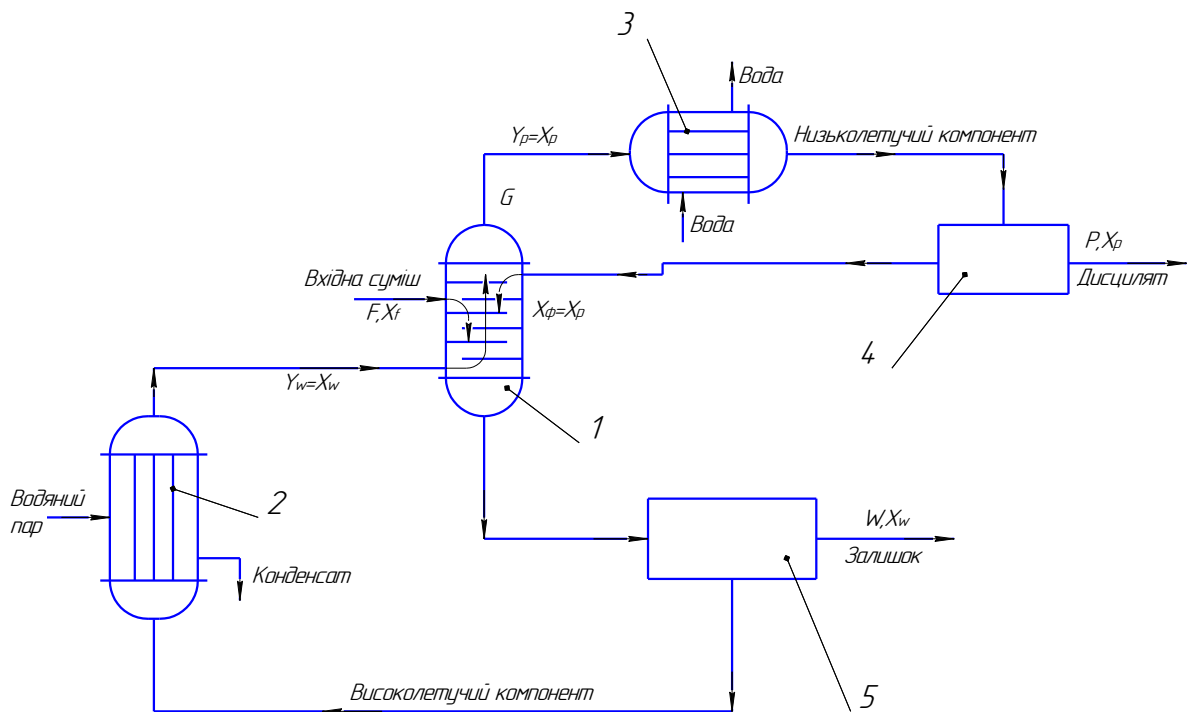


Рис. 3 Схема роботи колони ректифікаційної  
 1 - Ректифікаційна колона, 2 – кип'ятильник, 3 – конденсатор,  
 4 – холодильник дистилляту, 5 – холодильник кубової рідини.

Кількість дистилляту, отриманого в конденсаторі, дорівнює кількості пара, що направляється в цей пристрій. Отриманий в конденсаторі дистиллят ділиться на дві частини - одна частина направляється назад в колону (флегма), інша відбираються продуктом (дистиллят).

Нехай для отримання 1 кмоль дистилляту необхідні випаровування  $D$  кмоль рідини і повернення в апарат шляхом конденсації для взаємодії з паровим потоком  $R$  кмоль. Останню величину назвемо флегмовим числом; вона являє собою відношення кількості повернутого в колону дистилляту (флегми) до кількості відібраного дистилляту у вигляді продукту.

Кількість пара, отриманого в нижній частині колони ректифікаційної, що проходить по колоні і переходить в конденсатор, званий дефлегматором, дорівнює

$$D \cdot G_p = G_p \cdot R + G_p$$

чи

$$D = R + 1$$

де  $G_p$  - кількість дистилляту в паровій фазі;  $R$  – флегмове число.

Отримане рівність доводить, що поділ суміші при ректифікації можливо в результаті взаємодії потоків парів і рідин в ректифікаційній апараті при кратності випару  $(R + 1)$  і кратності конденсації  $R$ .

Для визначення флегмового числа і виведення рівнянь ліній робочих концентрацій необхідно розглянути матеріальний баланс ректифікації.

Рівняння робочої лінії. Матеріальний баланс ректифікації по летких компонентів може бути виражений загальною для всіх масообмінних процесів рівністю

$$G \cdot dy = L \cdot (-dx)$$

де  $G$  – кількість пару що підіймається;  $L$  – кількість рідини.

Нехай кількість взаємодіючих парів складе  $G$  кмоль, а рідини  $L$  кмоль. Тоді, згідно з прийнятим позначенням,  $G = (R + 1) \cdot G_p$ , а  $L = R \cdot G_p$  – для верхньої частини ректифікаційної колони і  $L = (R + F) \cdot G_p$  – для нижньої частини апарату. Таким чином, для верхньої і нижньої частин апарату рівняння матеріального балансу запишуться у вигляді

$$(R + 1)dy = R(-dx);$$

$$(R + 1)dy = (R + F)(-dx).$$

Для довільного перетину верхньої частини апарату, де робочі концентрації  $x$  і  $y$ , і верху, де концентрації  $x_p$  і  $y_p$ , отримаємо

$$(R + 1) \cdot (y_p - y) = (R + 1) \cdot (x_p - y) = R \cdot (x_p - x)$$

чи

$$y = \frac{R}{R + 1} \cdot x + \frac{x_p}{R + 1} = A \cdot x + B.$$

Для довільного перетину нижньої частини апарату, де робочі концентрації  $x$  і  $y$ , і низу, де концентрації рідини і пара  $x_w$  і  $y_w$ , отримаємо

$$(R + 1) \cdot (y - y_w) = (R + 1) \cdot (y - x_w) = (F + R) \cdot (x - x_w)$$

чи

$$y = \frac{R + F}{R + 1} \cdot x - \frac{F - 1}{R + 1} \cdot x_w = A' \cdot x + B',$$

Де  $F$  – кількість вхідної суміші.

Отримані рівняння є рівняннями ліній робочих концентрацій для верхньої і нижньої частини колони ректифікаційної.

Крім того, з рівняння для перетину апарату, відповідного введення вихідної суміші  $(x_f, y_f)$ , і верху колони  $(x_p, y_p)$  маємо

$$(R + 1) \cdot (x_p - y_f) = R \cdot (x_p - x_f),$$

звідси

									Арк.
									11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	6.133.21.02.00.00.00 ПЗ				

$$R = (x_p - y_f) / (y_f - x_f).$$

Де  $x_f, y_f$  - концентрація компонента у вхідній суміші;  $x_p, y_p$  - концентрація компонента у верхній частині колони. [3]

### 1.3 Опис конструкції колони і вибір матеріалів

Ректифікаційна колона це вертикальний циліндричний апарат, конструктивно складається з корпусу, кришки, днища, штуцерів, опори і внутрішнього устрою.

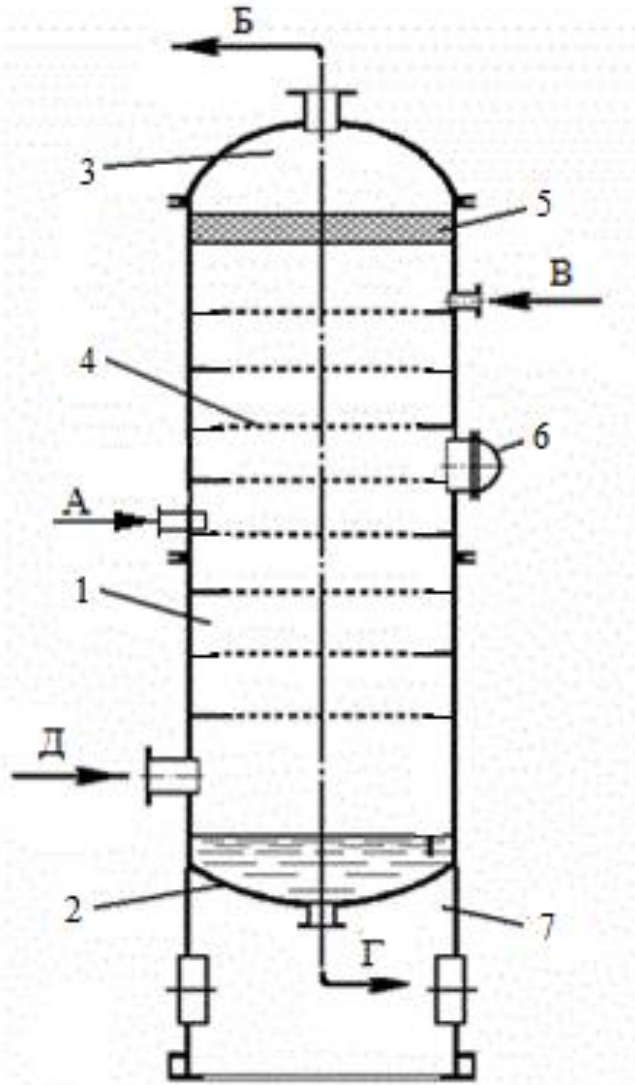


Рис. 4 – Колона ректифікаційна

Потоки: А - подача вихідної суміші; Б - відведення пари; В - подача флегми; Г - відведення кубової рідини; Д - подача пари з випарника; 1 - корпус; 2 - днище; 3 - кришка; 4 - тарілка провальна; 5 - бризковловлювач; 6 - люк - лаз; 7 - опора

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

6.133.21.02.00.00.00 ПЗ

Арк.

12

Корпус може бути суцільний чи зібраний з окремих царг, що з'єднуються між собою фланцями на прокладці. Кришку і днище кріплять таким же чином.

Колону виготовляють за заводськими нормам або відповідно до вимог ОСТ 26-291-71.

Тарілки - внутрішні барботичні пристрої, які забезпечують безпосередній контакт між паровою і рідкою фазами, необхідний для ректифікації і можуть бути: клапанні, ситчасті, ковпачкові (капсульні), решітчасті.

Колона з тарілками типу ТР зі сталевими решітками, які збирають з царг. Решітчасті тарілки відносяться до тарілок без переливних пристроїв, які відрізняються тим, що злив рідини здійснюється через ті самі отвори в основі тарілки, через які також проходять газ або пара. На тарілці одночасно із взаємодією рідини та газу або пари шляхом барботажу здійснюється перетікання рідини на нижче розташовану тарілку – «провальювання». Тому тарілки такого типу називають провальними. Відсутність зливних пристроїв значно спрощує конструкцію тарілки та більш повно використовується площа тарілки. Тарілки не мають гідравлічного ухилу, на них здійснюється принцип протитечії пари та рідини. Проте провальні тарілки характеризуються нестабільністю роботи при більш-менш значних коливаннях витрат пари та рідини.

З усіх відомих типів провальних тарілок лише решітчасті стандартизовані. Їх рекомендується застосовувати в процесах зі стабільними навантаженнями за парою та рідиною при переробленні суспензій, рідин, схильних до виділення осадів, а також рідин, які полімеризуються. Тарілка складається із основи 1 у вигляді відбортованого плоского днища, дистанційних стрижнів 2, опорного кільця 3, скоб 4, натискної втулки 5, сальникової набивки 6, стропових планок 7, спеціальних шпильок М10 8, гайок 9 та шайб 10. Основа решітчастої тарілки царгового колонного апарата наведена на рис. 5.

					<i>6.133.21.02.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

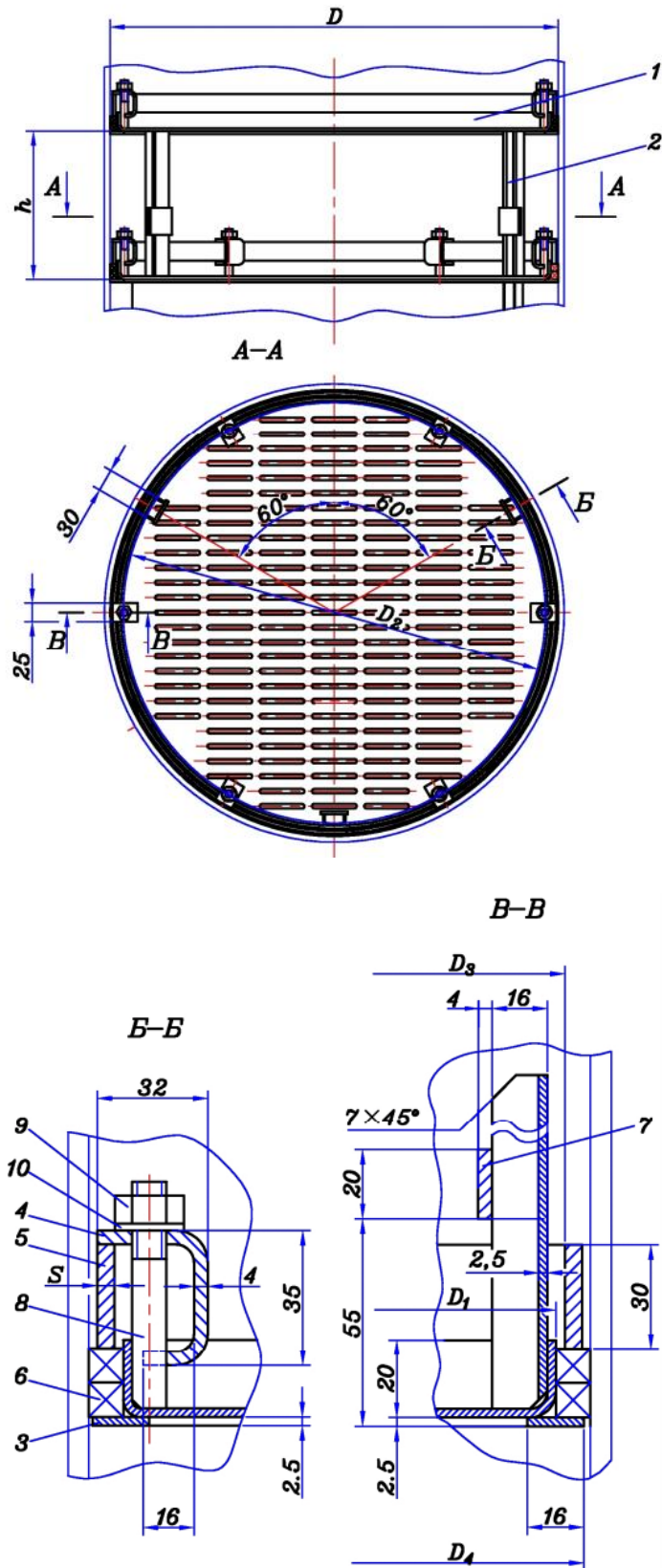


Рисунок 5 – Провальна тарілка

Розташування та кріплення тарілок в царзі наведено на рис. 6. Царга складається з циліндричної обичайки 1, фланців 2, стандартних масообмінних тарілок 4, тарілки 5 (без опорних стійок). Нижня тарілка

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

6.133.21.02.00.00.00 ПЗ

Арк.

14

спирається на кронштейни 3, що приварюються до внутрішньої поверхні царги. Кріплення тарілок в царзі здійснюються за допомогою розкріплювального кільця 6, яке фіксується в царзі за допомогою болтів 7 та контргайок 8. До розкріплювального кільця 6 приварюються упори 9.

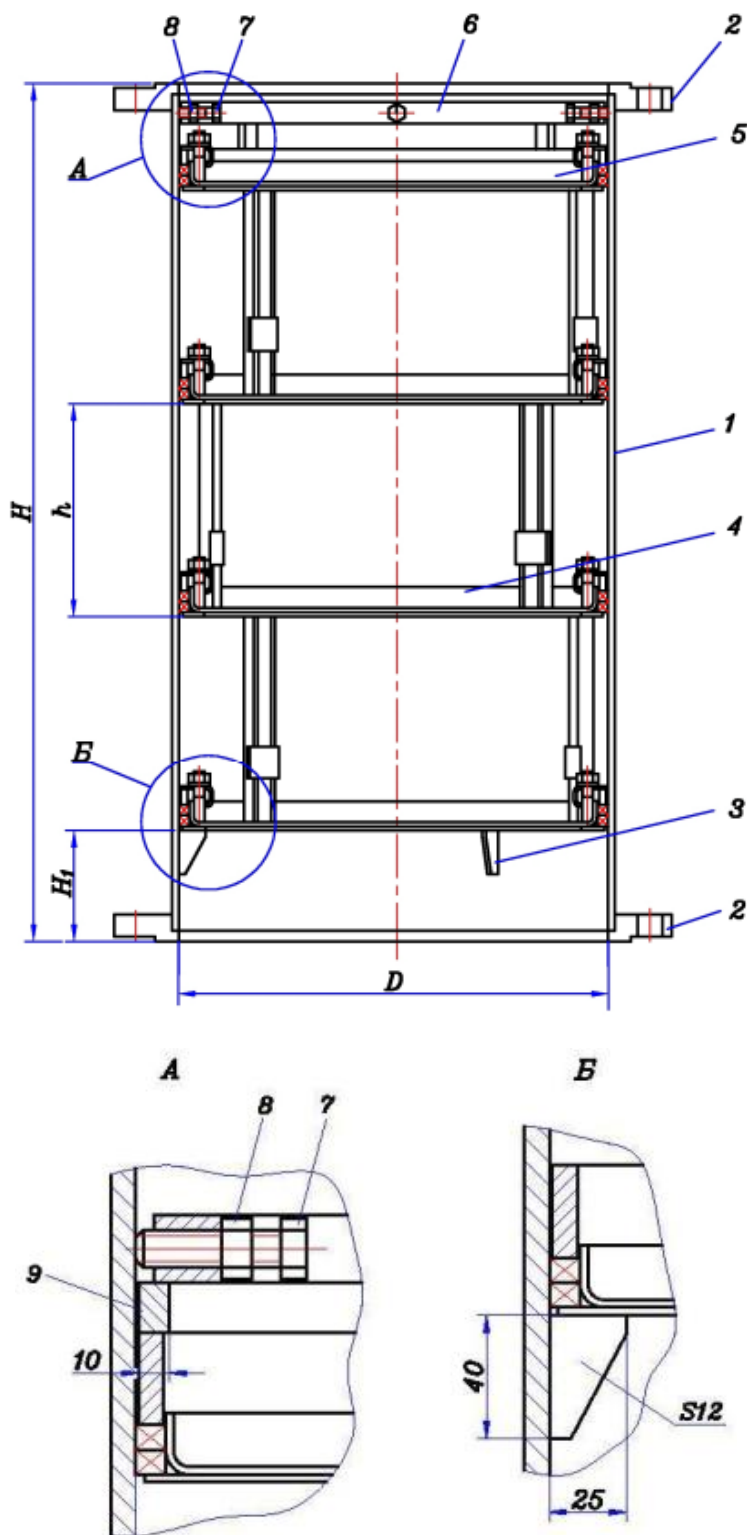


Рисунок 6 - Розташування та кріплення тарілок в царзі

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

6.133.21.02.00.00.00 ПЗ

Арк.

15

Для установки апаратів на фундаменти або несучі конструкції передбачають опори. Конструкція опор залежить від виду, робочого положення і маси апарату, а також способу і місця його монтажу.

Для зварних сталевих апаратів застосовують типові опори суцільнозварний конструкції (рисунок 7), що складаються з циліндричної опорної обичайки (спідниці) 1, фундаментного кільця 2 і зміцнюючі елементи (косинки 3). Опору приварюють верхньою частиною до апарату (вузол І), а нижній за допомогою анкерних болтів кріплять до фундаменту.

Для внутрішнього огляду зварних швів і обслуговування фланцевих з'єднань в обечайке опор передбачають вікна б, що представляють собою круглі або довгасті вирізи зі зміцненням у вигляді ввареними коротких патрубків. Подібним чином, але менших розмірів влаштовують вентиляційні отвори.

Косинки 3 представляють собою вертикальні ребра, що приварюються до опорної обичайки і опорного кільця для додання останнім більшої жорсткості.

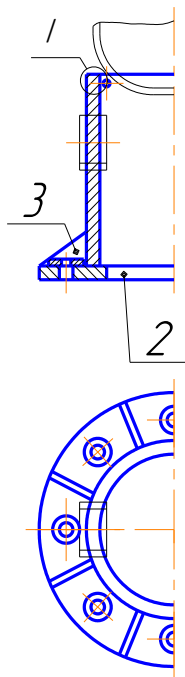


Рисунок 7 – Опора вертикального апарату

1 - обичайка, 2 - опора, 3 – ребро.

У цьому проекті здійснюється технологічний процес із застосуванням продукту з підвищеним вимогою до його якості в частині відсутності домішок, то для забезпечення умов роботи апарату прийнята корозійностійка сталь аустенітного класу 12Х18Н10Т ГОСТ 5632-80. Сталь характеризується гарною корозійною стійкістю в середовищі, рекомендується застосовувати в температурному інтервалі - 256 ° С до + 525 ° С для корпусних елементів, до 600 ° С - для внутрішніх пристроїв без обмеження тиску. Сталь технологічна,

									Арк.
									16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	6.133.21.02.00.00.00 ПЗ				



добре зварюється, добре деформується в холодному і гарячому стані, добре обробляється всіма видами різання, характеризується задовільними лінійними властивостями. Хімічний склад і механічні властивості представлені в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 - Хімічний склад і механічні властивості сталі 12Х18Н10Т

C, %	Mn, %	Si, %	Cr, %	Ni, %	Cu, %	Ti, %	S, %	P, %	E·10 <sup>5</sup> МПа	σ МПа	σ МПа	δ %
0,12	2,0	0,8	17- 18	2- 11	0,3	0,8	0,02	0,035	2,1	216	530	40

До недоліків цієї сталі слід віднести те, через велику в'язкості вона гірше піддається механічній обробці. Однак, з огляду на, те що механічна обробка конструктивних елементів апарату здійснюється тільки за місцем стику зварюваних елементів конструкції, то цей фактор не має істотного впливу в цілому на вартість виготовлення апарату.

Матеріал зовнішньої оснастки, арматури, кріпильних елементів та інші., що не мають контакту і переробляється середовищем, приймаємо конструкційну сталь 20 ГОСТ 380-71. Вибір на користь цієї сталі, заснований на її порівняно низької вартості, хорошій оброблюваності і досить високими фізико-механічними властивостями. Хімічний склад і механічні властивості представлені в таблиці 1.2

Таблиця 1.2 - Хімічний склад і механічні властивості сталі 20

C, %	Mn, %	Si, %	Cr, %	Ni, %	Cu, %	As, %	S, %	P, %	E·10 <sup>5</sup> МПа	σ МПа	σ МПа	δ %
0,23- 0,3	0,5- 0,8	0,05- 0,19	0,3	0,5	0,3	0,08	0,05	0,04	2,0	280	400	23

## 2 Технологічні розрахунки процесу і апарату

### 2.1 Матеріальний баланс процесу

Висловимо концентрації підживлювання, дистилляту і кубового залишку в масових частках

$$\bar{x}_F = \frac{x_F \cdot M_m}{x_F \cdot M_m + (1 - x_F) \cdot M_B}, \quad (2.1)$$

$$\bar{x}_F = \frac{0,35 \cdot 32}{0,35 \cdot 32 + (1 - 0,35) \cdot 18} = 0,49,$$

$$\bar{x}_D = \frac{x_D \cdot M_m}{x_D \cdot M_m + (1 - x_D) \cdot M_B}, \quad (2.2)$$

$$\bar{x}_D = \frac{0,935 \cdot 32}{0,935 \cdot 32 + (1 - 0,935) \cdot 18} = 0,96,$$

$$\bar{x}_W = \frac{x_W \cdot M_m}{x_W \cdot M_m + (1 - x_W) \cdot M_B}, \quad (2.3)$$

$$\bar{x}_W = \frac{0,05 \cdot 32}{0,05 \cdot 32 + (1 - 0,05) \cdot 18} = 0,08,$$

де  $M_m = 32$  кг/кмоль  $M_B = 18$  кг/кмоль – мольні маси метанолу і води відповідно.

З рівнянь матеріального балансу визначимо масові витрати дистилляту і кубового залишку

$$G_D = G_F \cdot \frac{\bar{x}_F - \bar{x}_W}{\bar{x}_D - \bar{x}_W}, \quad (2.4)$$

$$G_D = 12000 \cdot \frac{0,49 - 0,08}{0,96 - 0,08} = 5591 \text{ кг/ч},$$

$$G_W = G_F \cdot \frac{\bar{x}_D - \bar{x}_F}{\bar{x}_D - \bar{x}_W}, \quad (2.5)$$

$$G_W = 12000 \cdot \frac{0,96 - 0,49}{0,96 - 0,08} = 6409 \text{ кг/ч}.$$

					6.133.21.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Секундні витрати

$$G_D = \frac{5591}{3600} = 1,55 \text{ кг/с,}$$

$$G_W = \frac{6409}{3600} = 1,78 \text{ кг/с,}$$

$$G_F = \frac{12000}{3600} = 3,3 \text{ кг/с.}$$

## 2.2 Технологічні розрахунки

З положення X[ 1] маємо рівноважні склади рідини (x) і пари (y) в мольних % і температури кипіння (t) в °С суміші метанол – вода при атмосферному тиску, які заносимо в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1.

x	0	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
y	0	26,9	42,2	58,1	66,2	73,3	78,7	83,1	87,6	92	96,2	100
t	100	92,8	88,1	82,1	78,3	75,6	73,4	71,2	69,7	68	66,3	64,5

За даними таблиці 2.1 будемо криву рівноваги суміші метанол-вода.

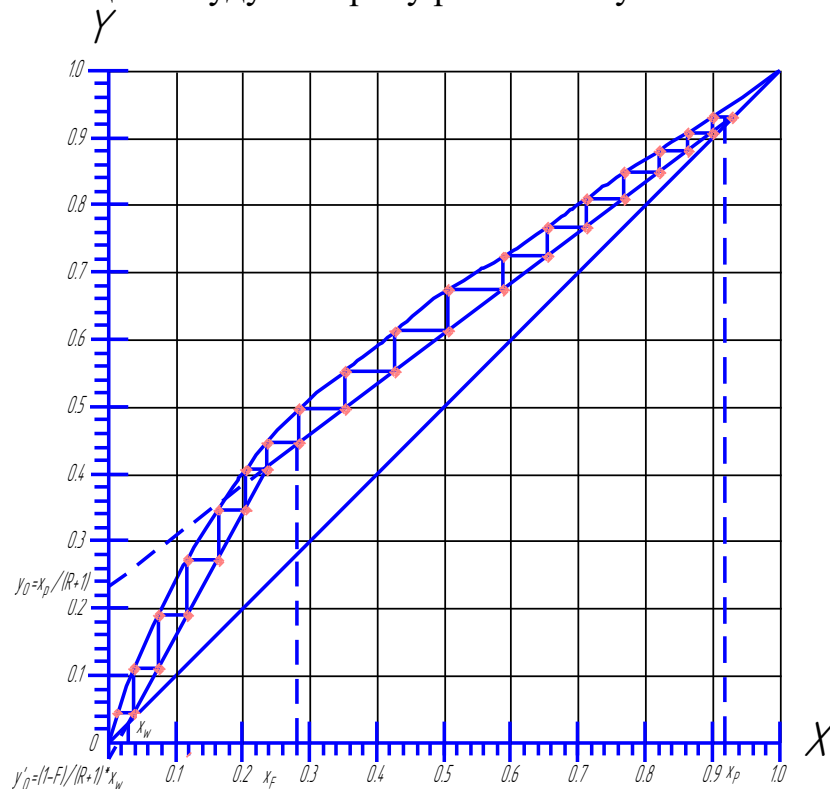


Рисунок 6 - Графічне визначення числа теоретичних тарілок

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

6.133.21.02.00.00.00 ПЗ

Арк.

19

Відносна мольна витрата живильника

$$F = \frac{x_D - x_W}{x_F - x_W}, \quad (2.6)$$

$$F = \frac{0,935 - 0,05}{0,35 - 0,05} = 2,95.$$

Визначаємо мінімальне число флегми [2, 7.10]

$$R_{\text{мин}} = \frac{x_D - y_F}{y_F - x_F}, \quad (2.7)$$

$$R_{\text{мин}} = \frac{0,935 - 0,51}{0,51 - 0,35} = 2,65,$$

де  $y_F = 0,51$  – мольна частка метанолу в парі, рівноважному з рідиною підживлювання, що визначається по діаграмі  $y-x$ .

Робоче число флегми

$$R = 1,3 \cdot R_{\text{мин}} + 0,3, \quad (2.8)$$

$$R = 1,3 \cdot 2,65 + 0,3 = 3,7.$$

Рівняння робочих ліній:  
верхній частині колони

$$y = \frac{R}{R+1} \cdot x + \frac{x_D}{R+1}; \quad (2.9)$$

$$y = \frac{3,7}{3,7+1} \cdot x + \frac{0,935}{7+1} = 0,8 \cdot x + 0,2;$$

нижній частині колони

$$y = \frac{R+F}{R+1} \cdot x - \frac{F-1}{R+1} \cdot x_W, \quad (2.10)$$

					6.133.21.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$y = \frac{3,7 + 2,95}{3,7 + 1} \cdot x - \frac{2,95 - 1}{3,7 + 1} \cdot 0,05 = 1,4 \cdot x - 0,02.$$

Наносимо на діаграму положення робочих ліній. Відклавши на осі ординат 0,20 (20%), наносимо робочу лінію АВ для верхньої частини колони. Через точки А і С проводимо робочу лінію для нижньої частини колони.

Середні концентрації рідини:  
у верхній частині колони

$$X_{\text{ср.в}} = \frac{X_F + X_D}{2} \quad (2.11)$$

$$x_{\text{ср.в}} = \frac{0,935 + 0,35}{2} = 0,64;$$

у нижній частині колони

$$X_{\text{ср.н}} = \frac{X_F + X_W}{2}; \quad (2.12)$$

$$x_{\text{ср.н}} = \frac{0,35 + 0,05}{2} = 0,2;$$

Середні концентрації пари знаходимо за рівняннями робочих ліній:  
у верхній частині колони

$$y_{\text{ср.в}} = 0,8 \cdot x_{\text{ср.в}} + 0,2; \quad (2.13)$$

$$y_{\text{ср.в}} = 0,8 \cdot 0,64 + 0,2 = 0,7;$$

у нижній частині колони

$$y_{\text{ср.н}} = 1,4 \cdot x_{\text{ср.н}} - 0,02, \quad (2.14)$$

$$y_{\text{ср.н}} = 1,4 \cdot 0,2 - 0,02 = 0,26.$$

Середні температури пари знаходимо з таблиці 2.1 (див. вище) методом інтерполяції:

					6.133.21.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

при  $y_{\text{ср.в}} = 0,7$   $t_{\text{ср.в}} = 77^\circ\text{C}$ ;

при  $y_{\text{ср.н}} = 0,26$   $t_{\text{ср.н}} = 93^\circ\text{C}$ .

Середні мольні маси і щільності пари:  
у верхній частині колони

$$M_{\text{ср.в}} = y_{\text{ср.в}} \cdot M_{\text{м}} + (1 - y_{\text{ср.в}}) \cdot M_{\text{в}}; \quad (2.15)$$

$$M_{\text{ср.в}} = 0,7 \cdot 32 + (1 - 0,7) \cdot 88 = 27,8 \text{ кг/кмоль};$$

$$\rho_{\text{ср.в}} = \frac{M_{\text{ср.в}} \cdot T_0}{22,4 \cdot T_{\text{ср.в}}}; \quad (2.16)$$

$$\rho_{\text{ср.в}} = \frac{27,8 \cdot 273}{22,4 \cdot (273 + 77)} = 0,97 \text{ кг/м}^3;$$

у нижній частині колони

$$M_{\text{ср.н}} = y_{\text{ср.н}} \cdot M_{\text{м}} + (1 - y_{\text{ср.н}}) \cdot M_{\text{в}}; \quad (2.17)$$

$$M_{\text{ср.н}} = 0,26 \cdot 32 + (1 - 0,26) \cdot 18 = 21,6 \text{ кг/кмоль};$$

$$\rho_{\text{ср.н}} = \frac{M_{\text{ср.н}} \cdot T_0}{22,4 \cdot T_{\text{ср.н}}}; \quad (2.18)$$

$$\rho_{\text{ср.н}} = \frac{21,6 \cdot 273}{22,4 \cdot (273 + 93)} = 0,72 \text{ кг/м}^3;$$

тут  $M_{\text{м}} = 32$  кг/кмоль і  $M_{\text{в}} = 18$  кг/кмоль – мольні маси метанолу і води відповідно.

Температура в верху колони при  $x_{\text{D}} = 0,935$  дорівнює  $66^\circ\text{C}$ , а в кубі-випарнику при  $x_{\text{W}} = 0,05$  вода дорівнює  $97^\circ\text{C}$ .

Щільність метанолу при  $66^\circ\text{C}$ :  $\rho_{\text{м}} = 720$  кг/м<sup>3</sup>, а води при  $97^\circ\text{C}$ :  $\rho_{\text{в}} = 960$  кг/м<sup>3</sup> (додаток I) [1].

Мольна маса вихідної суміші і дистилляту

$$M_{\text{F}} = M_{\text{м}} \cdot x_{\text{F}} + M_{\text{в}} \cdot (1 - x_{\text{F}}), \quad (2.19)$$

					<i>6.133.21.02.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_F = 32 \cdot 0,35 + 18 \cdot (1 - 0,35) = 22,9 \text{ кг/кмоль},$$

$$M_D = M_m \cdot x_D + M_g \cdot (1 - x_B), \quad (2.20)$$

$$M_D = 32 \cdot 0,935 + 18 \cdot (1 - 0,935) = 31,1 \text{ кг/кмоль}.$$

В'язкість рідких сумішей  $\mu_x$  знаходимо за рівнянням VII.11 [3]

$$\lg \mu_x = x_{cp} \cdot \lg \mu_m + (1 - x_{cp}) \cdot \lg \mu_g, \quad (2.21)$$

де  $\mu_A$  и  $\mu_B$  – в'язкість метанолу і води відповідно при температурі суміші.  
За додатком II [1]

$$\mu_{m,g} = 0,342 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с} = 0,342 \text{ мПа}\cdot\text{с};$$

$$\mu_{g,g} = 0,305 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с} = 0,305 \text{ мПа}\cdot\text{с};$$

$$\mu_{m,n} = 0,3 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с} = 0,3 \text{ мПа}\cdot\text{с};$$

$$\mu_{g,n} = 0,333 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с} = 0,333 \text{ мПа}\cdot\text{с}$$

Тоді в'язкість рідини у верхній і нижній частині колони дорівнює відповідно:

$$\lg \mu_{x,g} = x_{cp,g} \cdot \lg \mu_{m,g} + (1 - x_{cp,g}) \cdot \lg \mu_{g,g}, \quad (2.22)$$

$$\lg \mu_{x,g} = 0,64 \cdot \lg 0,342 + 0,36 \cdot \lg 0,305,$$

Звідси

$$\mu_{x,g} = 0,411 \text{ мПа}\cdot\text{с};$$

$$\lg \mu_{x,n} = x_{cp,n} \cdot \lg \mu_{m,n} + (1 - x_{cp,n}) \cdot \lg \mu_{g,n}, \quad (2.23)$$

$$\lg \mu_{x,n} = 0,2 \cdot \lg 0,3 + 0,8 \cdot \lg 0,333,$$

Звідси

$$\mu_{x,n} = 0,422 \text{ мПа}\cdot\text{с}.$$

Приймаємо відстань між тарілками  $h = 400$  мм. Значення коефіцієнта  $C$ , залежить від конструкції тарілок, відстані між тарілками (2, рис. 7.2)

					<i>6.133.21.02.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C = 0,044.$$

Швидкість пара:  
в верху колони

$$\omega_B = C \cdot \sqrt{\frac{\rho_{ж} - \rho_{п}}{\rho_{п}}}; \quad (2.24)$$

$$\omega_B = 0,044 \cdot \sqrt{\frac{720 - 0,97}{0,97}} = 1,2 \text{ м/с};$$

в низу колони

$$\omega_H = C \cdot \sqrt{\frac{\rho_{ж} - \rho_{п}}{\rho_{п}}}, \quad (2.25)$$

$$\omega_H = 0,044 \cdot \sqrt{\frac{960 - 0,72}{0,72}} = 1,6 \text{ м/с}.$$

### 2.3 Конструктивні розрахунки

Середній масовий потік в колоні

$$G_B = G_D \cdot (R + 1) \cdot \frac{M_{\text{ср.В}}}{M_D}; \quad (2.26)$$

$$G_B = 1,55 \cdot (3,7 + 1) \cdot \frac{27,8}{31,1} = 6,5 \text{ кг/с};$$

$$G_H = G_D \cdot (R + 1) \cdot \frac{M_{\text{ср.Н}}}{M_D}, \quad (2.27)$$

$$G_H = 1,55 \cdot (3,7 + 1) \cdot \frac{21,6}{31,1} = 5 \text{ кг/с}.$$

Діаметр колони ректифікації визначаємо з рівняння витрати (4, VII.12)

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot G}{\pi \cdot \omega \cdot \rho}}. \quad (2.28)$$

					6.133.21.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Тоді діаметр верхньої і нижньої частини колони відповідно дорівнює

$$D_в = \sqrt{\frac{4 \cdot G_в}{\pi \cdot \omega_в \cdot \rho_{сп.в}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 6,5}{3,14 \cdot 1,2 \cdot 0,97}} = 1,96 \text{ м};$$

$$D_н = \sqrt{\frac{4 \cdot G_н}{\pi \cdot \omega_н \cdot \rho_{сп.н}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 5}{3,14 \cdot 1,6 \cdot 0,72}} = 1,83 \text{ м};$$

Приймаємо стандартне значення діаметра колони, однакове для верхньої і нижньої частини  $D = 2000$  мм. При цьому дійсні робочі швидкості пари в колоні будуть рівні

$$\omega_в = 1,2 \cdot \left(\frac{1,96}{2,0}\right)^2 = 1,17 \text{ м/с};$$

$$\omega_н = 1,6 \cdot \left(\frac{1,83}{2,0}\right)^2 = 1,4 \text{ м/с}.$$

Наносимо на діаграму у-х робочі лінії верхньої і нижньої частини колони і знаходимо число ступенів зміни концентрації  $n_T$ . У верхній частині колони  $n_T \approx 11$ , в нижній частині  $n_H \approx 4$ , всього 15 ступенів зміни концентрації.

Число тарілок розраховуємо за рівнянням (2, 7.19)

$$n = \frac{n_T}{\eta}. \quad (2.29)$$

Для визначення середнього ККД тарілок  $\eta$  знаходимо коефіцієнт відносної летючості поділюваних компонентів  $\alpha = P_в/P_y$  і динамічний коефіцієнт в'язкості вихідної суміші  $\mu$  при середній температурі в колоні  $66^\circ\text{C}$ .

При цій температурі тиск насиченої пари метанола  $P_M = 650$  мм рт. ст. води  $P_B = 188$  мм рт. ст. (1, додаток XI), звідси

$$\alpha = \frac{650}{188} = 3,4.$$

Динамічний коефіцієнт в'язкості метанола при  $66^\circ\text{C}$  дорівнює  $\mu_m = 0,11 \cdot 10^{-3}$  Па·с, води,  $\mu_b = 0,43 \cdot 10^{-3}$  Па·с.

Динамічний коефіцієнт в'язкості вихідної суміші

					<i>6.133.21.02.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\ln \mu_F = x_F \cdot \ln \mu_M + (1 - x_F) \cdot \ln \mu_B, \quad (2.30)$$

тобто

$$\lg \mu_F = 0,35 \cdot \lg(0,11 \cdot 10^{-3}) + 0,65 \cdot \lg(0,43 \cdot 10^{-3}),$$

звідси

$$\mu_F = 0,29 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с} = 0,29 \text{ мПа}\cdot\text{с}.$$

Тоді

$$\alpha \cdot \mu_F = 3,4 \cdot 0,29 = 0,992.$$

За графіком (2, рис. 7.4) знаходимо  $\eta = 0,48$ .

Довжина шляху рідини н тарілки (3, табл. 86)  $l_{ж} = 0,59 \text{ м}$ .

За графіком (2, рис. 7.5) знаходимо значення поправки на довжину шляху  $\Delta = 0$ .

Середній ККД тарілок

$$\eta_l = \eta \cdot (1 + \Delta) = 0,48 \cdot (1 + 0) = 0,48.$$

Тоді число тарілок:

у верхній частині колони

$$n'_B = \frac{n_B}{\eta} = \frac{11}{0,48} = 23;$$

в нижній частині колони

$$n'_H = \frac{n_H}{\eta} = \frac{4}{0,48} = 9.$$

Загальні число тарілок  $n = 32$ , з запасом  $n = 36$ , з них у верхній частині колони  $n_B = 25$  і в нижній частині  $n_H = 11$ .

Висота тарельчатой частини колони

$$H_T = (n - 1) \cdot h = (36 - 1) \cdot 0,4 = 14 \text{ м}.$$

					6.133.21.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

## 2.4 Гідравлічний опір апарата

Відповідно до даних [4, додаток 2] для діаметра колони  $D = 2000$  мм приймаємо Сітчасту тарілку типу ТС, що має наступні параметри: діаметр отворів,  $d_o = 4$  мм; висота зливний перегородки,  $h_{пз} = 40$  мм.

Вільний перетин тарілки (сумарна площа отворів) 8% від загальної площі тарілки. Площа, яку займає двома сегментними переливними склянками, становить 14,5% від загальної площі тарілки.

Розрахуємо гідравлічний опір тарілки у верхній і нижній частинах колони по рівнянню 1.60 [2]

$$\Delta p = \Delta p_{\text{сух}} + \Delta p_{\sigma} + \Delta p_{\text{пж}}; \quad (2.31)$$

а) Верхня частина колони:

Гідравлічний опір сухої тарілки

$$\Delta p_{\text{сух}} = \xi \cdot \omega_o^2 \cdot \frac{\rho_{\text{п}}}{2}, \quad (2.32)$$

$$\Delta p_{\text{сух}} = 1,82 \cdot 11^2 \cdot \frac{0,97}{2} = 217 \text{ Па},$$

де  $\xi = 1,82$  – коефіцієнт опору незрошуваних сітчастих тарілок з вільним перетином 7 ÷ 10%;  $\omega_o = \frac{0,88}{0,08} = 11 \text{ м/с}$  – швидкість пара в отворах тарілки.

Опір, обумовлене силами поверхневого натягу

$$\Delta p_{\sigma} = \frac{4 \cdot \sigma}{d_o}, \quad (2.33)$$

$$\Delta p_{\sigma} = \frac{4 \cdot 18,5 \cdot 10^{-3}}{0,004} = 19 \text{ Па},$$

де  $\sigma = 18,5 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$  – поверхневий натяг рідини при середній температурі в верхній частині колони  $66^{\circ}\text{C}$ ;  $d_o = 0,004 \text{ м}$  – діаметр отворів тарілки.

Опір парожидкостной шару на тарілці

$$\Delta p_{\text{пж}} = 1,3 \cdot h_{\text{пж}} \cdot \rho_{\text{пж}} \cdot g \cdot k. \quad (2.34)$$

					6.133.21.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Висота парожидкісного шару

$$h_{\text{пж}} = h_{\text{п}} + \Delta h. \quad (2.35)$$

Величину  $\Delta h$  – висоту шару над зливною перегородкою розраховуємо за формулою

$$\Delta h = \left( \frac{V_{\text{ж}}}{1,85 \cdot \Pi \cdot k} \right)^{2/3}, \quad (2.36)$$

де  $V_{\text{ж}}$  – об'ємна витрата рідини, м<sup>3</sup>/с;  $\Pi$  – периметр зливної перегородки, м;  
 $k = \frac{\rho_{\text{пж}}}{\rho_{\text{ж}}}$  – відношення щільності парожидкісного шару (піни) до щільності рідини, що приймається приблизно рівним 0,5.

Середні масові навантаження по рідини для верхньої та нижньої частин колони

$$L_{\text{в}} = G_{\text{D}} \cdot R \cdot \frac{M_{\text{в}}}{M_{\text{D}}}, \quad (2.37)$$

$$L_{\text{в}} = 1,55 \cdot 3,7 \cdot \frac{27,8}{31,1} = 5,1 \text{ кг/с},$$

$$L_{\text{н}} = G_{\text{D}} \cdot R \cdot \frac{M_{\text{н}}}{M_{\text{D}}} + G_{\text{F}} \cdot \frac{M_{\text{н}}}{M_{\text{F}}}, \quad (2.38)$$

$$L_{\text{н}} = 1,55 \cdot 3,7 \cdot \frac{21,6}{31,1} + 3,3 \cdot \frac{21,6}{22,9} = 7 \text{ кг/с}.$$

## Об'ємна витрата рідини

$$V_{\text{ж.в}} = \frac{L_{\text{в}}}{\rho_{\text{в}}}, \quad (2.39)$$

$$V_{\text{ж.н}} = \frac{7}{960} = 7,2 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}.$$

Периметр зливної перегородки по Додатку 2 [4] для тарілки ТС

$$\Pi = 0,8 \text{ м},$$

					<i>6.133.21.02.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тоді

$$\Delta h = \left( \frac{7,2 \cdot 10^{-3}}{1,85 \cdot 0,8 \cdot 0,5} \right)^{\frac{2}{3}} = 0,015 \text{ м.}$$

Висота парожидкісного шару на тарілці

$$h_{\text{пж}} = 0,04 + 0,015 = 0,055 \text{ м.}$$

Опір парожидкісного шару

$$\Delta p_{\text{плс}} = 1,3 \cdot 0,055 \cdot 0,5 \cdot 9,81 \cdot 720 = 263 \text{ Па.}$$

Загальна гідравлічний опір тарілки у верхній частині колони

$$\Delta p_{\text{в}} = 217 + 19 + 263 = 499 \text{ Па.}$$

б) Нижня частина колони:

$$\Delta p_{\text{сyx}} = \frac{1,82 \cdot 11^2 \cdot 0,72}{2} = 188 \text{ Па;}$$

$$\Delta p_{\sigma} = \frac{4 \cdot 18,1 \cdot 10^{-3}}{0,004} = 18 \text{ Па,}$$

де  $\sigma = 18,1 \cdot 10^{-3}$  Н/м при температурі  $66^{\circ}\text{C}$ ;

$$\Delta h = \left( \frac{2,86 \cdot 10^{-3}}{1,85 \cdot 0,8 \cdot 0,5} \right)^{\frac{2}{3}} = 0,025 \text{ м;}$$

$$h_{\text{пж}} = 0,04 + 0,025 = 0,065 \text{ м;}$$

$$\Delta p_{\text{плс}} = 1,3 \cdot 0,065 \cdot 0,5 \cdot 9,81 \cdot 960 = 306 \text{ Па.}$$

Загальний гідравлічний опір тарілки в нижній частині колони

$$\Delta p_{\text{н}} = 188 + 18 + 306 = 512 \text{ Па.}$$

					<i>6.133.21.02.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загальний гідравлічний опір тарілок

$$\Delta p = \Delta p_B \cdot h_B + \Delta p_H \cdot h_H = 499 \cdot 25 + 512 \cdot 11 = 18107 \text{ Па.}$$

## 2.5 Тепловий баланс установки

Витрата теплоти, що віддається охолоджувальній воді в дефлегматорі

$$Q_d = G_D \cdot (1 + R) \cdot r_D, \quad (2.40)$$

$$Q_d = 1,55 \cdot (1 + 3,7) \cdot 532 = 752 \text{ кВт},$$

Тут

$$r_D = \bar{x}_D \cdot r_m + (1 - \bar{x}_D) \cdot r_e, \quad (2.41)$$

$$r_D = 0,96 \cdot 515 + 0,04 \cdot 876 = 532 \text{ кДж/кг},$$

удельные теплоты конденсации метанола и воды при 66°C.

Расход теплоты, получаемый в кубе-испарителе от греющего пара

$$Q_k = Q_d + G_D \cdot C_D \cdot t_D + G_W \cdot C_W \cdot t_W - G_F \cdot C_F \cdot t_F + Q_{\text{пот}} \quad (2.42)$$

$$Q_k = 1,03 \cdot (752 + 1,55 \cdot 2,129 \cdot 66 + 1,78 \cdot 3,222 \cdot 97 - 3,3 \cdot 2,776 \cdot 75) = 803 \text{ кВт}.$$

Здесь тепловые потери  $Q_{\text{пот}}$  приняты в размере 3% от полезно затрачиваемой теплоты; удельные теплоемкости взяты соответственно при  $t_D = 66^\circ\text{C}$ ,  $t_W = 97^\circ\text{C}$  и  $t_F = 75^\circ\text{C}$ ; температура кипения определена по таблице 2.1.

Расход теплоты в паровом подогревателе исходной смеси:

$$Q = 1,05 \cdot G_F \cdot C_F \cdot (t_F - t_H), \quad (2.43)$$

$$Q = 1,05 \cdot 3,3 \cdot 2,585 \cdot (75 - 20) = 163 \text{ кВт}.$$

Здесь тепловые потери приняты в размере 5%, удельная теплоемкость исходной смеси

$$C_F = \bar{x}_F \cdot C_m + (1 - \bar{x}_F) \cdot C_e, \quad (2.44)$$

$$C_F = 0,49 \cdot 2,242 + 0,514 \cdot 2,715 = 2,585 \text{ кДж/кг}\cdot\text{К},$$

					6.133.21.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

взята при средней температуре

$$t_{cp} = \frac{t_F + t_H}{2} = \frac{75 + 20}{2} = 47,5 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Расход теплоты, отдаваемый охлаждающей воде в водяном холодильнике дистиллята

$$Q = G_D \cdot C_D \cdot (t_D - t_K), \quad (2.45)$$

$$Q = 1,55 \cdot 2,242 \cdot (66 - 25) = 25 \text{ кВт},$$

где удельная теплоемкость дистиллята  $C_D = 1,802 \text{ кДж/кг}\cdot\text{К}$  взята при средней температуре

$$t_{cp} = \frac{66 + 25}{2} = 45,5 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Расход теплоты, отдаваемый охлаждающей воде в водяном холодильнике кубового остатка:

$$Q = G_W \cdot C_W \cdot (t_W - t_K), \quad (2.46)$$

$$Q = 1,78 \cdot 2,032 \cdot (97 - 25) = 131 \text{ кВт},$$

где удельная теплоемкость кубового остатка  $C_W = 2,032 \text{ кДж/кг}\cdot\text{К}$  взята при средней температуре

$$t_{cp} = \frac{97 + 25}{2} = 61,5 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Расход греющего пара, имеющего давление  $p_{абс} = 4 \text{ ат}$  и влажность 5%:  
а) в кубе-испарителе

$$G_{гп} = \frac{Q_K}{r_{гп} \cdot X}, \quad (2.47)$$

$$G_{гп} = \frac{803}{2141 \cdot 0,95} = 0,39 \text{ кг/с},$$

где  $r_{гп} = 2141 \text{ кДж/кг}$  – удельная теплота конденсации греющего пара;  
б) в подогревателе исходной смеси

					<i>6.133.21.02.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$G_{\text{гп}} = \frac{Q_F}{r_{\text{гп}} \cdot x} = \frac{163}{2141 \cdot 0,95} = 0,08 \text{ кг/с.}$$

Всього

$$G_{\text{гп}} = 0,39 + 0,08 = 0,47 \text{ кг/с.}$$

Расход охлаждающей воды при нагреве ее на  $\Delta t = 20^\circ\text{C}$ :

а) в дефлегматоре

$$V_B = \frac{Q_d}{c_B \cdot \Delta t \cdot \rho_B} ; \quad (2.48)$$

$$V_B = \frac{752}{4,19 \cdot 20 \cdot 1000} = 9,0 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с};$$

б) в водяном холодильнике дистиллята

$$V_B = \frac{Q}{c_B \cdot \Delta t \cdot \rho_B} = \frac{25}{4,19 \cdot 20 \cdot 1000} = 0,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с};$$

в) в водяном холодильнике кубового остатка

$$V_B = \frac{131}{4,19 \cdot 20 \cdot 1000} = 1,6 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с.}$$

Всього

$$V_B = (9,0 + 0,3 + 1,6) \cdot 10^{-3} = 10,9 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с.}$$

## 2.6 Вибір допоміжного обладнання

Розрахунок підігрівача вихідної суміші

Вибір апарату для вихідної суміші від 15 до 100 °С, за допомогою насиченої водяної пари абсолютним тиском до 3 атм. Температура конденсації до  $t_k = 143^\circ\text{C}$

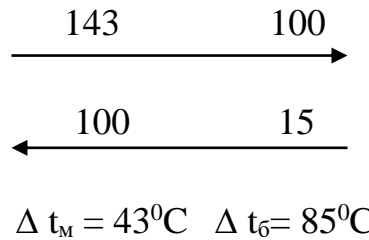
Перепад температур на холодному і гарячому кінці теплообмінника приймаю 43°С.

Необхідна температура пари, що гріє

					<i>6.133.21.02.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Температурна схема:



Знаходимо середню різницю температур:

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\bar{\delta}} - \Delta t_M}{\ln \frac{\Delta t_{\bar{\delta}}}{\Delta t_M}} = \frac{85 - 43}{\ln \frac{85}{43}} = 61,76^\circ\text{C}$$

Середня температура при нагріванні

$$t_{cp} = T_n - \Delta t_{cp} = 143 - 61,76 = 81,24^\circ\text{C}$$

Пар матиме такі властивості [8]:

$$C = 2005 \text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$$

$$\lambda = 0,0238 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$$

$$\mu = 11,5 \cdot 10^{-6} \text{ Па}\cdot\text{с}$$

$$Pr = \frac{c\mu}{\lambda} = \frac{2005 \cdot 11,5 \cdot 10^{-6}}{0,0238} = 0,97$$

Щільність повітря

$$\rho = \rho_0 \frac{pT_0}{p_0T} = 1,29 \frac{0,15 \cdot 273}{0,1 \cdot (273 + 61,5)} = 1,58 \text{ кг}/\text{м}^3$$

Попередній тепловий розрахунок. Якщо врахувати, що коефіцієнт тепловіддачі від конденсується пара великий ( $\alpha_2 = 10000 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$ ), відповідно до даних [8] можна прийняти орієнтовне значення коефіцієнта теплопередачі  $K = 150 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$  як при теплообміні від конденсується водяної пари до органічної рідини.

Тепловий потік, що передається від пари, що гріє до суміші, був знайдений:  
 $Q = 292 \text{ кВт}$ .

Визначаємо орієнтовну поверхню

					6.133.21.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_{op} = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{245000}{150 \cdot 81,24} = 24 \text{ м}^2$$

В якості теплообмінного апарату попередньо використовуємо одноходовий кожухотрубчатий теплообмінник з поверхнею теплопередачі  $F=26 \text{ м}^2$ , внутрішнім діаметром кожуха  $D=400 \text{ мм}$ , довжина труб  $L = 3000 \text{ мм}$ , діаметром  $25 \times 2 \text{ мм}$  [8]

Уточнений тепловий розрахунок

Об'ємна витрата суміші дорівнює

$$V = \frac{G_D}{\rho} = \frac{1,6}{1,58} = 1,01 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Швидкість повітря в міжтрубному просторі складе

$$w_{mm} = \frac{V}{f_{mm}} = \frac{1,01}{0,077} = 13,1 \text{ м} / \text{с}$$

де  $f_{mm} = 0,077$  [8] – площа прохідного перетину міжтрубного простору

Величина критерію

$$Re = \frac{wd\rho}{\mu} = \frac{13,1 \cdot 0,025 \cdot 1,58}{11,5 \cdot 10^{-6}} = 44995$$

$$Nu = c Re^n Pr^{0,36} \cdot \varepsilon_\varphi = 0,21 \cdot 44495^{0,65} \cdot 0,97^{0,36} \cdot 0,6 = 218$$

де  $C = 0,21$  и  $n = 0,65$  – при розміщенні труб по вершинах трикутників (в теплообмінниках типів ТН, ТК, ТП, ТУ)

$\varepsilon_\varphi$  - Коефіцієнт кута атаки. Для стандартизованих теплообмінників дорівнює  $0,65$

Коефіцієнт тепловіддачі суміші

$$\alpha = \frac{Nu\lambda}{d_H} = \frac{218 \cdot 0,0238}{0,025} = 267 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \text{ К})$$

Термічний опір [8]

З боку суміші –  $r_1 = 6 \cdot 10^{-4} (\text{м}^2 \cdot \text{К}) / \text{Вт}$

З боку пари (конденсат) –  $r_2 = 0,4 \cdot 10^{-4} (\text{м}^2 \cdot \text{К}) / \text{Вт}$

Термічний опір стінки

					<i>6.133.21.02.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}} = \frac{0,002}{46} = 0,43 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \text{ К} / \text{Вт}$$

де  $\lambda_{ст}$  - теплотворна здатність вуглецевої сталі [8]

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + r_1 + \frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}} + r_2 + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{267} + 6 \cdot 10^{-4} + 0,43 \cdot 10^{-4} + 0,4 \cdot 10^{-4} + 10^{-4}} = 187$$

Уточнена площа теплообміну

$$F_{op} = \frac{245000}{187 \cdot 81,24} = 19,53 \text{ м}^2$$

В якості теплообмінного апарату обираємо одноходовий кожухотрубчатий теплообмінник з поверхнею теплопередачі  $F=21 \text{ м}^2$ , внутрішнім діаметром кожуха  $D=100 \text{ мм}$ , довжина труб  $L = 2000 \text{ мм}$ , діаметром  $25 \times 2 \text{ мм}$

Насос для подачі вихідної суміші

$$Q = \frac{Gf}{3600 \cdot \rho}$$

$$Q = \frac{Gf}{3600 \cdot \rho} = \frac{6317}{3600 \cdot 872} 0,002 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Вибираємо відцентровий насос марки  $X^{45}/_{31}$

					<i>6.133.21.02.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 3 Розрахунок апарату на міцність та герметичність

Для розрахунку на міцність та герметичність апарату необхідно враховувати навантаження на всі елементи які беруть участь в роботі апарата, такі як корпус, днище кришка,, фланцеве з'єднання, опора. Матеріал з якого вони виготовлені, метод кріплення та тиск при якому працює колона.

Приймаємо що колона ректифікаційна працює під тиском вакуум. Випробовувати колону під тиском гідравлічним методом. Цей метод розповсюджений так як досить простий.

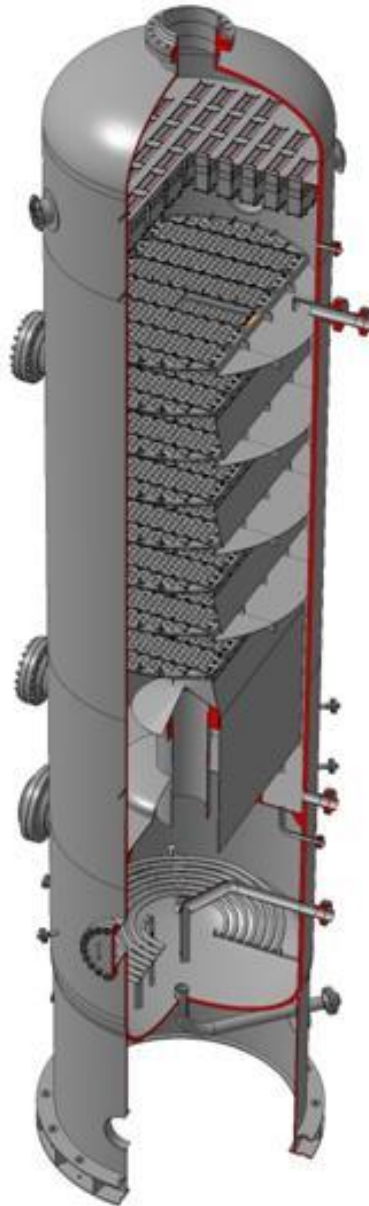


Рис. 8 – Колона ректифікаційна

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

6.133.21.02.00.00.00 ПЗ

Арк.

36

### 3.1 Розрахунок товщини стінки корпусу

Приймаємо коефіцієнт міцності зварних швів  $\varphi = 0,9$  (ручна дугова електрозварювальна сварка), напруга для сталі 20 при  $t = 20^\circ\text{C}$  та робочої:

$$[\sigma]_{20} = 147 \text{ МПа}; [\sigma] = 128 \text{ МПа}.$$

Розрахункове максимальне напруження для сталі 20.

$$\sigma_{m20} = 220 \text{ МПа}$$

Для листового матеріалу допустима напруга

$$[\sigma]_{\text{д}} = \frac{\sigma_{m20}}{1,1} = \frac{220}{1,1} = 200 \text{ МПа} \quad (3.1)$$

Так як апарат працює при атмосферному тиску, то розрахунок товщини стінки здійснюємо по тиску гідравлічних випробувань.

Пробний тиск при гідравлічних випробуваннях

$$p_{\text{п}} = 1,25 \cdot p \cdot \frac{[\sigma_{\text{п}}]}{[\sigma]} \quad (3.2)$$

де  $[\sigma]$  – допустима напруга гідравлічних випробувань;  $p$  - тиск в апараті.

$$[\sigma_{\text{п}}] = \frac{\sigma_{\text{м}}}{1,1} = \frac{220}{1,1} = 200 \text{ МПа}. \quad (3.3)$$

Тоді

$$p_{\text{п}} = 1,25 \cdot 0,1 \cdot \frac{147}{128} = 0,14 \text{ МПа}.$$

Тиск в апараті від гідростатичного напору

$$p_{\text{г}} = H \cdot \rho \cdot g \quad (3.4)$$

де  $H$  – висота колони з урахуванням сепарації простору, м;

$$p_{\text{г}} = 18 \cdot 1000 \cdot 9,81 = 117,6 \cdot 10^3 \text{ Па} = 0,1 \text{ МПа}.$$

					<i>6.133.21.02.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунковий тиск в апараті

$$p = p_n + p_e = 0,14 + 0,1 = 0,24 \text{ МПа.} \quad (3.5)$$

Розрахункова товщина стінки

$$S_p = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{P_1 \cdot D_a}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] - P_1}; \\ \frac{P_{np}^{\kappa} \cdot D_a}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma]_u - P_{np}^{\kappa}} \end{array} \right\}, \quad (3.6)$$

де  $D$  – діаметр апарату, мм.

$$S_p = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{1 \cdot 2000}{2 \cdot 0,9 \cdot 128 - 1} = 8,7 \text{ мм}; \\ \frac{0,24 \cdot 2000}{2 \cdot 0,9 \cdot 200 - 0,24} = 1 \text{ мм} \end{array} \right\} = 8,7 \text{ мм}$$

Приймаємо надбавку до розрахункової товщині за весь термін служби апарату (10 років)

$$c = 0,03 \cdot 10 = 0,3 \text{ мм}$$

Виконавча товщина стінки

$$s = s_p + C \quad (3.7)$$

$$s = 8,7 + 0,3 = 9 \text{ мм.}$$

З урахуванням напружень стиску від маси колони приймаємо товщину стінки, мінімальну для  $D = 2000$  [4, с.113]

$$s = 12 \text{ мм.}$$

### 3.2 Розрахунок товщини стінки кришки

Днище корпусу виготовлено зі сталі 20. Беремо стандартне еліптичне днище по ГОСТ 6533-78. Конструкція еліптичного днища представлена на рис.9.

					<i>6.133.21.02.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

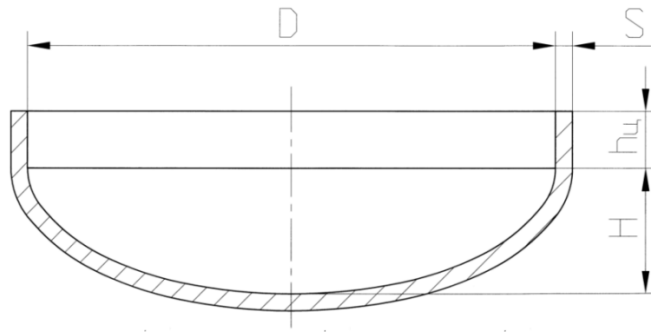


Рисунок 9 - Конструкція еліптичного днища (кришки).

Розрахункова товщина стінки кришки при проведенні гідравлічних випробувань

$$S_{1p} = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{P_1 \cdot R}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] - 0,5 \cdot P_1}; \\ \frac{P_{np}^k \cdot R}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma]_u - 0,5 \cdot P_{np}^k} \end{array} \right\}, \quad (3.8)$$

$$S_{1p} = \max \left\{ \begin{array}{l} \frac{1 \cdot 2000}{2 \cdot 0,9 \cdot 128 - 0,5 \cdot 1} = 8,7 \text{ мм} \\ \frac{0,24 \cdot 2000}{2 \cdot 0,9 \cdot 200 - 0,5 \cdot 0,24} = 2 \text{ мм} \end{array} \right\} = 8,7 \text{ мм}$$

Виконавча товщина

$$s = 8,7 + 0,3 = 9 \text{ мм.}$$

З метою уніфікації сортаменту листового прокату приймаємо  $s = 12 \text{ мм.}$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

6.133.21.02.00.00.00 ПЗ

Арк.

39

### 3.3 Розрахунок фланцевого з'єднання

Фланець - сталевий плоский приварний, форма приварної поверхні - «виступ-впадина», ізольований.

Таблиця 3 Вихідні дані для розрахунку фланцевого з'єднання

	Найменування параметру	Од. вим.	Умовн. Позн.	Значення
1.	Умови експлуатації:			
	температура фланців	°C	$t_{\phi}$	163
	температура болтів	°C	$t_b$	161
	внутрішній тиск	МПа	$p$	1
	зовнішня сила	МН	$P$	0
2.	Геометричні параметри фланця:			
	внутрішній діаметр	м	$D$	2
	зовнішній діаметр	м	$D_{\phi}$	2,29
	діаметр болтової окружності	м	$D_b$	2,21
	товщина фланців	м	$h_{\phi 1}$	0,05
		м	$h_{\phi 2}$	0,047
товщина стінки апарату	м	$S_0$	0,012	
3.	Параметри прокладки:			
	зовнішній діаметр прокладки	м	$D_0$	2,132
	ширина прокладки	м	$b$	0,02
	товщина прокладки	м	$h$	0,002
	матеріал прокладки	-		поранит
	коефіцієнт		$m$	2,5
	мінімальний тиск	МПа	$q$	20
	допустиме питомий тиск на прокладку	МПа	$[q]$	130
	модуль поздовжньої пружності	МПа	$E_n$	2000
4.	матеріал фланців	-	-	Сталь 20
	допустиме напруження при температурі $t=20^{\circ}\text{C}$	МПа	$[\sigma_{\phi 1}]^{20} = [\sigma_{\phi 2}]^{20}$	147
	допустиме напруження при розрахунковій температурі $t$	МПа	$[\sigma_{\phi 1}]^t = [\sigma_{\phi 2}]^t$	128
	модуль поздовжньої пружності при температурі $t=20^{\circ}\text{C}$	МПа	$E_{\phi 1}^{20} = E_{\phi 2}^{20}$	215000
	модуль поздовжньої пружності при температурі $t$	МПа	$E_{\phi 1}^t = E_{\phi 2}^t$	211000
	коефіцієнт лінійного розширення при температурі $t$	$\text{K}^{-1}$	$\alpha_{\phi 1}^t = \alpha_{\phi 2}^t$	0,0000126
5.	Допустимі напруги для			
	матеріалу фланця в перетині $S_0$	МПа	$[\sigma_{\phi 1}^{135}] = [\sigma_{\phi 2}^{135}]$	633
6.	кількість болтів	шт	$z_b$	60
	зовнішній діаметр різьби болта	м	$d_b$	0,02
	внутрішній діаметр різьби болта	м	$d_0$	0,0173
	матеріал болтів			35X
	Напруга, що допускається для матеріалу болтів при температурі $t=20^{\circ}\text{C}$	МПа	$[\sigma_b]^{20}$	230
	Напруга, що допускається для матеріалу болтів при температурі $t=135^{\circ}\text{C}$	МПа	$[\sigma_b]^t$	228
	Модуль поздовжньої пружності болта при температурі $t$	МПа	$E_b^t$	211000
	Коефіцієнт лінійного розширення	$\text{K}^{-1}$	$\alpha_b^t$	0,0000096
7.	Добавка до розрахункових толщин	м	$c$	0,0012
8.	Коефіцієнт міцності збірних швів	-	$\varphi$	0,9
9.	Коефіцієнт тертя	-	$f_1$	0,1

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

6.133.21.02.00.00.00 ПЗ

Арк.

40



Перевірочний розрахунок фланцевого з'єднання [6, с. 31, 9, с. 259]  
 Ставлення більшої товщини втулки до меншої [6, с.31]:

$$\beta = 1$$

Середній діаметр прокладки

$$D_{сп} = D_{п} - b = 2,132 - 0,02 = 2,112 \text{ мм.} \quad (3.9)$$

Ефективна ширина прокладки при  $b > 0,015 \text{ м}$ :

$$B_E = b_E = 0,06 b^{0,5} = 0,06 \cdot 0,02^{0,5} = 0,0085 \text{ м} \quad (3.10)$$

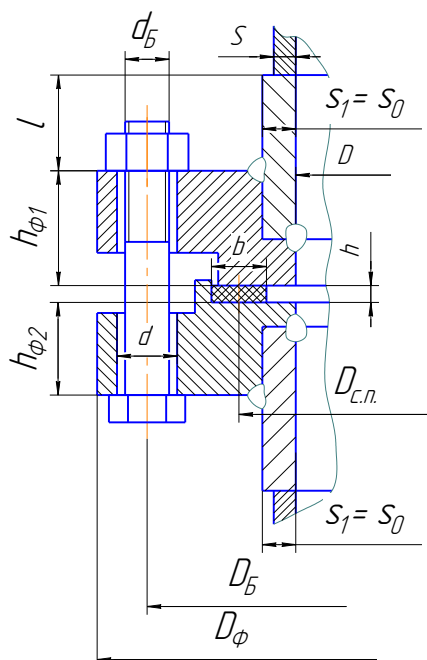


Рисунок 10 – Схема фланцевого з'єднання

Схема дії навантажень на фланець в робочих умовах представлена на  
 рисунку 11.

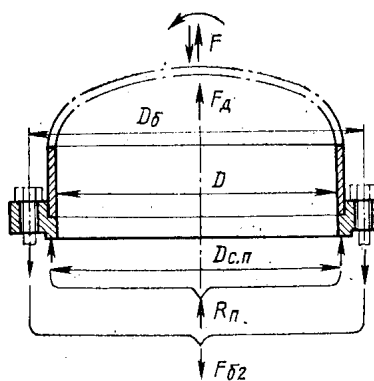


Рисунок 11 – Схема дії навантажень на фланець в робочих умовах

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

6.133.21.02.00.00.00 ПЗ

Арк.

41

F – зовнішня осьова розтягувальна (+) або стискаюча (-) сила;

M – зовнішній згинальний момент;

F<sub>д</sub> – рівнодіюча внутрішнього тиску;

R<sub>п</sub> – реакція прокладки.

Конструктивний коефіцієнт для фланця:

$$K_{\phi} = D_{\phi} / D = 2290 / 2000 = 1,145 \quad (3.11)$$

Конструктивні коефіцієнти для фланців:

$$\lambda_{\phi 1} = h_{\phi 1} / \sqrt{DS_0} = 0,05 / \sqrt{2,0 \cdot 0,02} = 0,25 \quad (3.12)$$

$$\lambda_{\phi 2} = h_{\phi 2} / \sqrt{DS_0} = 0,047 / \sqrt{2,0 \cdot 0,02} = 0,24 \quad (3.13)$$

Поправочний коефіцієнт:

$$\Psi_{1\phi} = 1,28 \cdot \lg K_{\phi} = 1,28 \cdot \lg 1,145 = 0,0197 \quad (3.14)$$

Поправочний коефіцієнт:

$$\Psi_{2\phi} = (K_{\phi} + 1) / (K_{\phi} - 1) = (1,145 + 1) / (1,145 - 1) = 56,5 \quad (3.15)$$

Поправочний коефіцієнт для перетину S<sub>0</sub> для плоских приварних фланців:

$$\Psi_{3\phi} = 1,0$$

Геометричні параметри фланців:

$$j_{\phi 1} = h_{\phi 1} / S_0 = 0,05 / 0,012 = 4,2 \quad (3.16)$$

$$j_{\phi 2} = h_{\phi 2} / S_0 = 0,047 / 0,012 = 4 \quad (3.17)$$

Безрозмірний параметр фланців:

$$T_{\phi} = \frac{K_{\phi}^2 (1 + 8,55 \lg K_{\phi}) - 1}{(1,05 + 1,945 K_{\phi}^2) (K_{\phi} - 1)}, \quad (3.18)$$

					<i>6.133.21.02.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_{\phi} = \frac{1,145^2 (1 + 8,55 \lg 1,145) - 1}{(1,05 + 1,945 \cdot 1,145^2)(1,145 - 1)} = 1,89$$

Безрозмірні параметри:

$$\omega_{\phi 1} = [1 + 0,9 \lambda_{\phi 1} (1 + \psi_{1\phi} j_{\phi 1}^2)]^{-1} \quad (3.19)$$

$$\omega_{\phi 1} = [1 + 0,9 \cdot 0,25 (1 + 0,0197 \cdot 4,2^2)]^{-1} = 0,739$$

$$\omega_{\phi 2} = [1 + 0,9 \lambda_{\phi 2} (1 + \psi_{1\phi} j_{\phi 2}^2)]^{-1} \quad (3.20)$$

$$\omega_{\phi 2} = [1 + 0,9 \cdot 0,24 (1 + 0,0197 \cdot 4^2)]^{-1} = 0,752$$

Кутова податливість фланців

$$y_{\phi 1} = \frac{[1 - \omega_{\phi 1} (1 + 0,9 \lambda_{\phi 1})] \psi_{2\phi}}{h_{\phi 1}^3 E'_{\phi 1}}, \quad (3.21)$$

$$y_{\phi 1} = \frac{[1 - 0,739 (1 + 0,9 \cdot 0,35)] 56,5}{0,05^3 \cdot 2,15 \cdot 10^5} = 0,059 \frac{1}{\text{МН} \cdot \text{м}}$$

$$y_{\phi 2} = \frac{[1 - \omega_{\phi 2} (1 + 0,9 \lambda_{\phi 2})] \psi_{2\phi}}{h_{\phi 2}^3 E'_{\phi 2}}, \quad (3.22)$$

$$y_{\phi 2} = \frac{[1 - 0,752 (1 + 0,9 \cdot 0,33)] 56,5}{0,047^3 \cdot 2,15 \cdot 10^5} = 0,062 \frac{1}{\text{МН} \cdot \text{м}}$$

Розрахункова довжина болтів

$$L_B = h_{\phi 1} + h_{\phi 2} + h + 0,28 d_B, \quad (3.23)$$

$$L_B = 0,05 + 0,047 + 0,002 + 0,28 \cdot 0,02 = 0,105 \text{ м}$$

Лінійна піддатливість прокладки

$$y_{\Pi} = \frac{2h}{\pi D_{\text{ср}} b E_n} = \frac{2 \cdot 0,002}{3,14 \cdot 2,112 \cdot 0,020 \cdot 2000} = 3,04 \cdot 10^{-5} \frac{\text{м}}{\text{МН}} \quad (3.24)$$

					6.133.21.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Площа поперечного перерізу болта (шпильки):

$$f_B = 0,785d_0^2 = 0,785 \cdot 0,0173^2 = 2,351 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \quad (3.25)$$

Лінійна піддатливість болтів:

$$y_B = \frac{L_0}{E_0 f_0 z_0} = \frac{0,105}{2,15 \cdot 10^5 \cdot 2,351 \cdot 10^{-4} \cdot 60} = 4,72 \cdot 10^{-5} \frac{\text{м}}{\text{МН}} \quad (3.26)$$

Параметр жорсткості фланцевого з'єднання:

$$A_\phi = [y_\pi + y_B + 0,25(y_{\phi 1} + y_{\phi 2})(D_B - D_{c.\pi})^2]^{-1} \quad (3.27)$$

$$A_\phi = [3,04 \cdot 10^{-5} + 4,72 \cdot 10^{-5} + 0,25(0,059 + 0,062)(2,21 - 2,112)^2]^{-1} = 5467$$

Параметр жорсткості фланців:

$$B_{\phi 1} = y_{\phi 1} (D_B - D - S_0), \quad (3.28)$$

$$B_{\phi 1} = 0,059(2,21 - 2,0 - 0,012) = 0,005 \text{ 1/МН};$$

$$B_{\phi 2} = y_{\phi 2} (D_B - D - S_0), \quad (3.29)$$

$$B_{\phi 2} = 0,062(2,21 - 2,0 - 0,012) = 0,0053 \text{ 1/МН}.$$

Безрозмірний коефіцієнт фланцевого з'єднання:

$$\gamma = A_\phi y_B = 5467 \cdot 4,72 \cdot 10^{-5} = 0,258 \quad (3.30)$$

Коефіцієнт жорсткості фланцевого з'єднання:

$$\alpha_\phi = A_\phi [y_B + 0,25(B_{\phi 1} + B_{\phi 2})(D_B - D_{c.\pi})], \quad (3.31)$$

$$\alpha_\phi = 5467 [4,72 \cdot 10^{-5} + 0,25(0,005 + 0,0053)(2,29 - 2,112)] = 1,09$$

Рівнодіюча внутрішнього тиску:

$$Q_d = 0,785 D_{c.\pi}^2 p = 0,785 \cdot 2,112^2 \cdot 1 = 3,5 \text{ МН} \quad (3.32)$$

					<i>6.133.21.02.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Реакція прокладок в робочих умовах:

$$R_{\pi} = 2\pi D_{c.п} b_{E\pi r} = 2 \cdot 3,14 \cdot 2,112 \cdot 0,0085 \cdot 2,5 \cdot 1 = 0,3 \text{ МН} \quad (3.33)$$

Зусилля, що виникає від температурних деформацій фланцевого з'єднання:

$$Q_{t\phi} = \gamma Z_{\phi} f_{\phi} E_{\phi} (\alpha_{\phi}^t t_{\phi} - \alpha_{\phi}^t t_{\phi}) \quad (3.34)$$

$$Q_{t\phi} = 0,258 \cdot 60 \cdot 2,351 \cdot 10^{-4} \cdot 2,11 \cdot 10^5 (12,6 \cdot 10^{-6} \cdot 170 - 9,6 \cdot 10^{-6} \cdot 162) = 0,3 \text{ МН}$$

$$\text{де: } \alpha_{\phi}^t = (\alpha_{\phi 1}^t + \alpha_{\phi 2}^t) / 2 = (12,6 \cdot 10^{-6} + 12,6 \cdot 10^{-6}) / 2 = 12,6 \cdot 10^{-6}.$$

Монтажне болтове зусилля фланцевого з'єднання при різних умовах

$$P_{\phi 1}' = \pi D_{c.п} b_{E\pi} q = 3,14 \cdot 2,112 \cdot 0,0085 \cdot 20 = 1,2 \text{ МН} \quad (3.35)$$

$$P_{\phi 1}'' = \alpha_{\phi} (Q_{\phi} \pm P) + R_{\pi} + 4M/D_{c.п} \quad (3.36)$$

$$P_{\phi 1}'' = 1,09(3,5 \pm 0) + 0,3 + 4 \cdot 0 / 2,112 = 4,1 \text{ МН}$$

Розрахункове болтове навантаження (при  $p < 0,6$  МПа)

$$P_{\phi 1} = \max \{ P_{\phi 1}', P_{\phi 1}'', P_{\phi 1}''' \} \quad (3.37)$$

$$P_{\phi 1} = \max \{ 1,2; 4,1 \} = 4,1 \text{ МН}$$

Умова міцності прокладки:

$$P_{\phi 1} / (\pi \cdot D_{c.п} \cdot b) \leq [q], \quad (3.38)$$

$$\frac{4,1}{3,14 \cdot 2,112 \cdot 0,020} = 31 \text{ МПа} \leq [q] = 130 \text{ МПа} - \text{умова міцності прокладки виконано.}$$

Болтова навантаження в робочих умовах:

$$P_{\phi 2} = P_{\phi 1} + (1 - \alpha_{\phi}) (Q_{\phi} \pm P) + Q_{t\phi} + 4M/D_{c.п} \quad (3.39)$$

$$P_{\phi 2} = 4,1 + (1 - 1,09)(0,429 \pm 0) + 0,3 + 4 \cdot 0 / 2,112 = 4,4 \text{ МН.}$$

Розрахункова болтова навантаження

					<i>6.133.21.02.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_{B\phi} = \max\{P_{B1}; P_{B2}\} \quad (3.40)$$

$$P_{B\phi} = \max\{P_{B1}; P_{B2}\} = \max\{4,1; 4,4\} = 4,4 \text{ МН.}$$

Напруги розтягнення болтів (шпильок) в робочих умовах і умовах монтажу відповідно:

$$\sigma_B^t = \frac{P_{B2}}{z_B f_B} = \frac{4,4}{60 \cdot 2,351 \cdot 10^{-4}} = 112 \text{ МПа}; \quad (3.41)$$

$$\sigma_B^{20} = \frac{P_{B1}}{z_B f_B} = \frac{4,1}{60 \cdot 2,351 \cdot 10^{-4}} = 90 \text{ МПа}. \quad (3.42)$$

Скручує момент при затягуванні гайок:

$$M_{\text{скр}} = f_1 \frac{P_{\phi\phi}}{z_{\phi}} d_{\phi} = 0,1 \frac{4,4}{60} 0,02 = 14 \cdot 10^{-5} \text{ МН} \cdot \text{м}. \quad (3.43)$$

Дотичне напруження в болтах (шпильках):

$$\tau_{\phi} = \frac{M_{\text{скр}}}{0,2 d_0^3} = \frac{14 \cdot 10^{-5}}{0,2 \cdot 0,0173^3} = 85 \text{ МПа} \quad (3.44)$$

Еквівалентне напруження в болтах (шпильках):

$$\sigma_{BE}^{20} = \sqrt{(\sigma_B^{20})^2 + 3\tau^2} = \sqrt{90^2 + 3 \cdot 85^2} = 172 \text{ МПа}; \quad (3.45)$$

$$\sigma_{BE}^t = \sqrt{(\sigma_B^t)^2 + 3\tau^2} = \sqrt{112^2 + 3 \cdot 85^2} = 128 \text{ МПа}. \quad (3.46)$$

Умова міцності болтів (шпильок):

$$\sigma_{BE}^{20} \leq [\sigma_B]^{20};$$

172 МПа < 230 МПа – умова виконана

$$\sigma_{BE}^t \leq [\sigma_B]^t;$$

128 МПа < 228 МПа – умова виконана

					6.133.21.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Наведений вигинаючий момент в діаметральному перетині фланця в умовах монтажу:

$$M_{01\phi} = 0,5 \cdot P_{Б1} (D_{Б} - D_{с.п}) = 0,5 \cdot 4,1 \cdot (2,21 - 2,112) = 0,2 \text{ МН} \cdot \text{м}. \quad (3.47)$$

Наведений вигинаючий момент в діаметральному перетині фланця в робочих умовах:

$$M_{02\phi} = 0,5 \cdot [P_{Б2} (D_{Б} - D_{с.п}) + Q_{д} (D_{с.п} - D - S_0)] \cdot [\sigma_{\phi}]^{20} / [\sigma_{\phi}]^1, \quad (3.48)$$

$$M_{02\phi} = 0,5 \cdot [4,1 \cdot (2,21 - 2,112) + 3,5 \cdot (2,112 - 2 - 0,012)] \cdot 147/128 = 0,4 \text{ МН} \cdot \text{м}.$$

Розрахунковий наведений момент в діаметральному перетині фланця:

$$M_{0\phi} = \max \{0,2 \text{ МН} \cdot \text{м}; 0,4 \text{ МН} \cdot \text{м}\} = 0,4 \text{ МН} \cdot \text{м}.$$

Допоміжна величина

$$\varepsilon = 20 \cdot S_0 = 20 \cdot 0,012 = 0,24$$

Розрахунковий діаметр при  $D > \varepsilon$

$$D^* = D = 2 \text{ м}$$

Максимальні напруги в перетині  $S_0$  фланців від дії згинального моменту  $M_{0\phi}$ :

$$\sigma_{0\phi 1} = \Psi_3 \frac{T_{\phi} \cdot M_{0\phi} \cdot \omega_{\phi 1}}{D^* \cdot (S_0 - c)^2}, \quad (3.49)$$

$$\sigma_{0\phi 1} = 1,0 \frac{1,89 \cdot 0,4 \cdot 0,739}{2,0 \cdot (0,012 - 0,0012)^2} = 26 \text{ МПа}.$$

$$\sigma_{0\phi 2} = \Psi_3 \frac{T_{\phi} \cdot M_{0\phi} \cdot \omega_{\phi 2}}{D^* \cdot (S_0 - c)^2}, \quad (3.50)$$

$$\sigma_{0\phi 2} = 1,0 \frac{1,89 \cdot 0,4 \cdot 0,752}{2,0 \cdot (0,012 - 0,0012)^2} = 27 \text{ МПа}.$$

Максимальні кільцеві напруги в дисках фланців від дії згинального моменту  $M_{0\phi}$ :

					<i>6.133.21.02.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\begin{aligned}\sigma_{K\phi 1} &= \frac{M_{0\phi} [1 - \omega_{\phi 1} (1 + 0,9\lambda_{\phi 1})] \cdot \psi_{2\phi}}{D \cdot h_{\phi 1}^2} = \\ &= \frac{0,2 \cdot [1 - 0,71 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,32)] \cdot 17}{2 \cdot 0,05^2} = 64 \text{ МПа.}\end{aligned}\quad (3.51)$$

$$\begin{aligned}\sigma_{K\phi 2} &= \frac{M_{0\phi} [1 - \omega_{\phi 2} (1 + 0,9\lambda_{\phi 2})] \cdot \psi_{2\phi}}{D \cdot h_{\phi 2}^2} = \\ &= \frac{0,2 \cdot [1 - 0,73 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,3)] \cdot 17}{2 \cdot 0,047^2} = 62 \text{ МПа.}\end{aligned}\quad (3.52)$$

Кільцеві меридіональні напруги у втулках фланців від дії внутрішнього тиску:

$$\sigma_{x\phi 1} = \sigma_{x\phi 2} = \frac{p \cdot D}{2 \cdot (S_0 - c)} = \frac{1,0 \cdot 2}{2 \cdot (0,02 - 0,00147)} = 54 \text{ МПа}; \quad (3.53)$$

$$\sigma_{y\phi 1} = \sigma_{y\phi 2} = \frac{p \cdot D}{4 \cdot (S_0 - c)} = \frac{1,0 \cdot 2}{4 \cdot (0,02 - 0,00147)} = 27 \text{ МПа.} \quad (3.54)$$

Еквівалентна напруженість секції b S<sub>0</sub>:

$$\sigma_{E\phi 1} = \sqrt{(\sigma_{0\phi 1} + \sigma_{y\phi 1})^2 + \sigma_{x\phi 1}^2 - (\sigma_{0\phi 1} + \sigma_{y\phi 1}) \cdot \sigma_{x\phi 1}}, \quad (3.55)$$

$$\sigma_{E\phi 1} = \sqrt{(228 + 27)^2 + 54^2 - (228 + 27) \cdot 54} = 223 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{E\phi 2} = \sqrt{(\sigma_{0\phi 2} + \sigma_{y\phi 2})^2 + \sigma_{x\phi 2}^2 - (\sigma_{0\phi 2} + \sigma_{y\phi 2}) \cdot \sigma_{x\phi 2}}, \quad (3.56)$$

$$\sigma_{E\phi 2} = \sqrt{(240 + 37)^2 + 54^2 - (240 + 37) \cdot 54} = 238 \text{ МПа}$$

Умови міцності:

$$\sigma_{E\phi 1} \leq [\sigma_{\phi 1}^{S_0}] \varphi; \quad (3.57)$$

$$\sigma_{E\phi 2} \leq [\sigma_{\phi 1}^{S_0}] \varphi; \quad (3.58)$$

223 МПа < (600·0,9=540 МПа) – умова міцності була виконана.

238 МПа < (600·0,9=540 МПа) – умова міцності була виконана.

Умова герметичності фланцевого з'єднання:

					6.133.21.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$$\frac{\sigma_{\kappa\phi 1} D}{E_{\phi 1} h_{\phi 1}} \leq [\theta]; \quad (3.59)$$

$$\frac{\sigma_{\kappa\phi 2} D}{E_{\phi 2} h_{\phi 2}} \leq [\theta], \quad (3.60)$$

де:

$[\theta] = 0,009$  рад – допускається кут повороту фланця.

$$\frac{\sigma_{\kappa\phi 1} \cdot D}{E_{\phi 1} \cdot h_{\phi 1}} = \frac{64 \cdot 2}{1,92 \cdot 10^5 \cdot 0,05} = 0,007 \text{ рад}, \quad (3.61)$$

$\theta = 0,007$  рад  $< [\theta] = 0,009$  рад – умова герметичності виконано.

$$= \frac{\sigma_{\kappa\phi 2} \cdot D}{E_{\phi 2} \cdot h_{\phi 2}} \leq [\theta] \frac{62 \cdot 2}{1,92 \cdot 10^5 \cdot 0,047} = 0,0072 \text{ рад}, \quad (3.63)$$

$[\theta] = 0,0072$  рад  $< [\theta] = 0,009$  рад – умова герметичності виконана.

Приймаємо Фланець 15-2000-1,6-150-20 ГОСТ 28759.2-90

### 3.4 Розрахунок опори

Вибір типу опори залежить від ряду умов: місця установки апарату, співвідношення висоти і діаметра апарату, його маси та інше. При відношенні  $H / D \geq 5$  обрана опора, зображена на кресленні колони. За ОСТ 26-467-78 вибираємо циліндричну опору виконання 3 і проводимо перевірочні розрахунки.

З таблиці маса тарілки:

$$m = 152 \text{ кг},$$

тоді маса всіх тарілок

$$m_2 = 152 \cdot 36 = 5472 \text{ кг} \quad (3.64)$$

Маса обичайки колони з урахуванням сепарації простору

					<i>6.133.21.02.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$m_2 = \pi \cdot (D + s) \cdot s \cdot H \cdot \rho \quad (3.65)$$

$$m_2 = 3,14 \cdot (2,0 + 0,012) \cdot 0,012 \cdot 14 \cdot 7850 = 8332 \text{ кг.}$$

Маса оснащення колони приймається в розмірі 20% від маси обичайки

$$m_3 = 0,2 \cdot m_2 \quad (3.66)$$

$$m_3 = 0,2 \cdot 8332 = 1666,4 \text{ кг.}$$

Об'єм колони  $V = 22,0 \text{ м}^3$ , тоді маса води при гідравлічних випробуваннях

$$m_4 = V \cdot \rho_v \quad (3.67)$$

$$m_4 = 22,0 \cdot 1000 = 22000 \text{ кг.}$$

Наведена навантаження на опору

$$Q = (m_1 + m_2 + m_3 + m_4) \cdot g \quad (3.68)$$

$$Q = (5472 + 8332 + 1666,4 + 22000) \cdot 9,81 = 47,47 \cdot 10^3 \text{ Н} = 474,7 \text{ кН.}$$

Міцність зварного з'єднання опори з корпусом визначаємо за умовою

$$\sigma = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D \cdot a_1} \leq \varphi_s \cdot [\sigma], \quad (3.69)$$

де  $a_1 = 8 \text{ мм}$  – розрахункова товщина зварного шва;  $\varphi_s$  – коефіцієнт міцності зварного шва, зазвичай приймається  $\varphi_s = 0,7$ .

Тоді

$$\sigma = \frac{4 \cdot 474,7 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 2000 \cdot 8} = 4 \text{ МПа} \leq 0,7 \cdot 147 = 103 \text{ МПа.}$$

Отже, умова міцності зварного шва виконується.

					<i>6.133.21.02.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 4 Монтаж і ремонт апарату

### 4.1 Монтаж колони [12]

В процесі ремонту та обслуговування технологічного обладнання може виникнути необхідність в заміні колонних апаратів. Основні причини такої заміни це повний знос апарату або зміна продуктивності характеристик установки.

Найбільш простий монтаж колони, що складається з окремих елементів – царг. Існують два способи монтажу: нарощуванням (рис. 12, а і б). Вибір способу залежить, в основному, від наявного підйомно - транспортного обладнання.

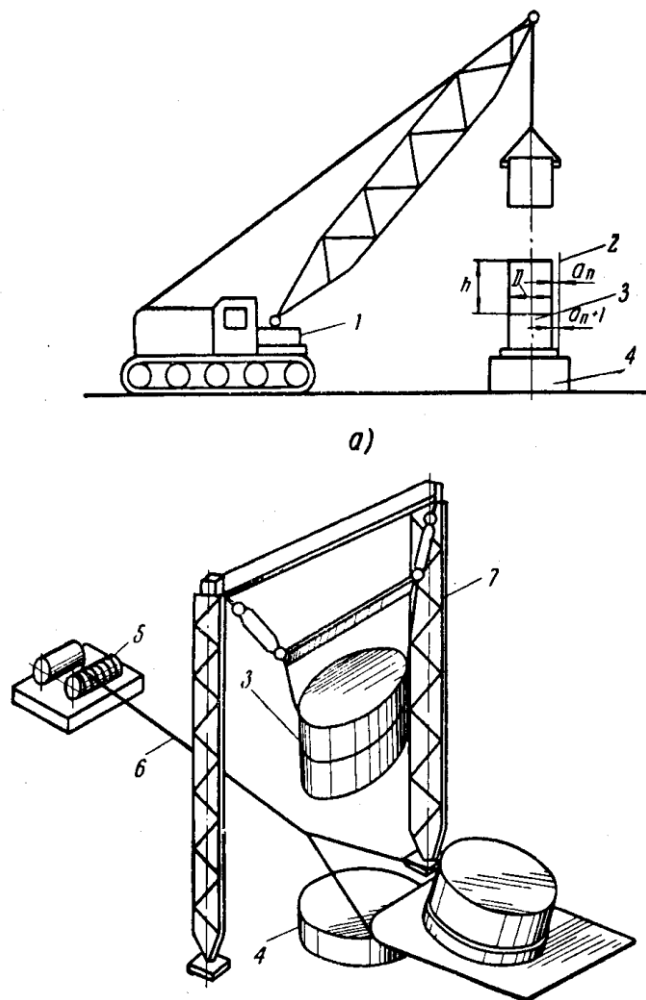


Рисунок 12 – Методи монтажу і вивірки розбірних ректифікаційних колон:

а - нарощуванням, б - підрощуванням;

1-гусеничний кран, 2-схил, 3-царги колони, 4-фундамент, 5-лебідка, 6-трос, 7-монтажний портал.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

6.133.21.02.00.00.00 ПЗ

Арк.

51

Якщо є кран, висота підйому якого більше загальної висоти колонного апарату, а вантажопідйомність перевищує вагу однієї царги, доцільно застосовувати спосіб нарощування (рис. 12, а). Перед установкою кожної царги необхідно приварити кронштейни для вивірки та риштування з огорожами. З цих риштування проводиться стикування і з'єднання вузлів царг.

Спосіб підрощування (рис. 12, б) зручний при установці царгового колонного ректифікаційного апарату всередині існуючої системи, що має монтажну балку. Окремі царги в цьому випадку затягують на фундамент за допомогою транспорту або монтажних лебідок і поворотних блоків і підстикують до раніше змонтованим царгам.

Монтувати способом підрощування можна і поза етажерки. Для цього дві монтажні щогли з'єднують нагорі балкою так, щоб вони утворили портал. Подальші роботи ведуться так само, як і при монтажі всередині етажерки.

Основні способи монтажу суцільнозварних колонних апаратів: поворот навколо шарніра і підйом за верх. Найскладнішою і трудомісткою операцією в обох випадках є установка монтажних щогл.

Монтажні щогли встановлюють в робоче положення за допомогою кранів або допоміжних щогл і утримують в цьому положенні за допомогою розтяжок, прикріплених до якорів. Довжина стріли автомобільного або гусеничного крана повинна бути достатня, щоб зробити підйом щогли в робоче положення при стропування її трохи вище центру ваги (на 1-1,5 м). Якщо стріла крана недостатньо довга, але є запас вантажопідйомності, то можна піти на тимчасове обважнення підосви щогли з тим, щоб перемістити центр ваги ближче до підосви. Загальна вага щогли з довантаженням не повинен перевищити вантажопідйомність крана. Додаткові вантажі необхідно надійно прикріпити до підосви щогли.

Встановлювати щогли за допомогою допоміжних щогл в умовах діючого виробництва дуже важко і цей спосіб мало придатний.

При підйомі колонних апаратів поворотом навколо шарніра щогла, оснащена поліспастом, встановлюється на такій відстані від проектної осі апарату, щоб прикріплені до її верху блоки поліспастів не зішлися при вертикальному положенні колони мінімум на 1,5–2 м. Конструкція поворотного шарніра показана на рис. 13,а.

Для установки шарніра необхідно в фундаменті заздалегідь передбачити додаткові анкерні болти або заставні частини. При підйомі потрібно використовувати не менше двох лебідок, одна з яких служить для підйому колони, а друга підтримує колону при переході її центру ваги через вісь шарніра (рис. 13,б).

									Арк.
									52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	6.133.21.02.00.00.00 ПЗ				

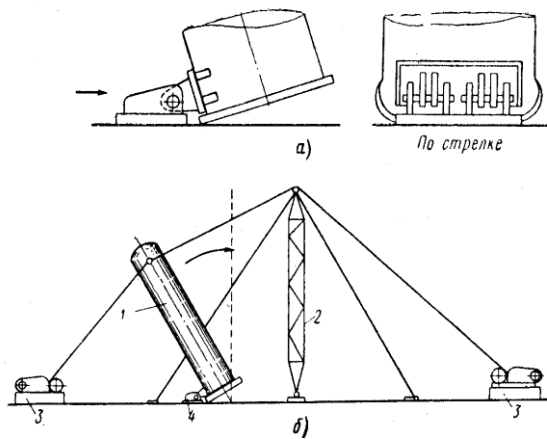


Рисунок 13 – Монтаж ректифікаційної колони

А - конструкція поворотного шарніра, б - схема монтажу;  
1-колонна ректифікаційна, 2-щогла, 3-лебідка, 4-поворотний шарнір

При установці апарату на фундамент способом повороту не слід заливати анкерні болти колони до її установки, їх вільно вставляють в колодязі і заводять в лапи апарату в міру наближення лап до анкерних болтів на 10-15 см. якщо апарат не мав приварених лап, то анкерні болти можна залити заздалегідь, а лапи приварити за місцем після установки апарату.

Підйом колонного апарату за верх проводиться за допомогою монтажного порталу (рис. 14). Нижній кінець апарату укладається на сани і надійно кріпиться до них тросом, але так, щоб апарат міг повертатися навколо точки кріплення в процесі підйому. Верхня частина укладається на фундамент так, щоб його вісь була перпендикулярна площині установки порталу.

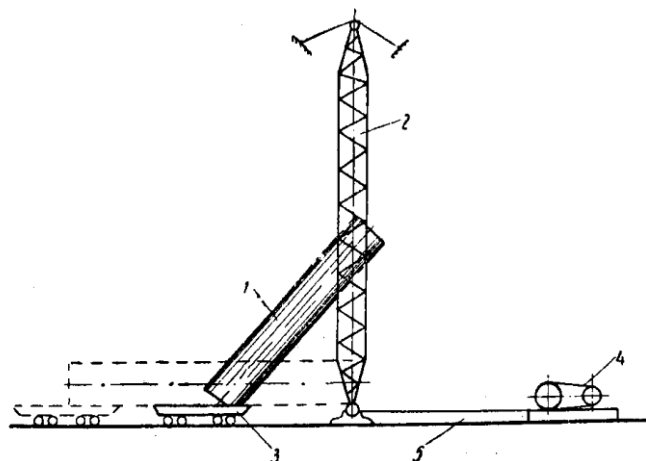


Рисунок 14 – Підйом колони ректифікаційної за допомогою порталу  
1-колонна, 2-портал, 3-візок, 4-лебідка, 5-трос

Підйом відбувається в такій послідовності. До саней кріпиться трос, другий кінець якого подається на лебідку, автомобіль або поліспаст

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

6.133.21.02.00.00.00 ПЗ

Арк.

53

безпосередньо або через відвідний блок. Апарат строплять за верхню частину і починають піднімати за допомогою порталу. Піднявши верхню частину апарату на 3-4 м, підтягують візок в сторону порталу, поки поліспасти не займуть вертикального положення. Подібним чином поступово піднімають апарат і підтягують візок до тих пір, поки вони не наблизяться до фундаменту. Тоді візок відв'язують від апарату і піднімають його на 15-20 см над фундаментом, розгортаючи так, щоб Опорні лапи припали над анкерними болтами, а потім опускають на фундамент, стежачи за тим, щоб болти потрапили в отвори лап.

#### 4.2 Проведення ремонтних робіт [13]

Відповідно до чинного положення затвердженого підприємством про планово-попереджувальний ремонт графіки і плани ремонту обладнання складаються в певній послідовності. Технічна адміністрація виробничого цеху представляє у відділ головного механіка підприємства проект річного плану-графіка ремонту обладнання з урахуванням дати їх останнього ремонту. Відділ головного механіка на підставі цехових проектів планів-графіків розробляють проект зведеного плану ремонту обладнання по підприємству.

Підготовка ремонту включає:

- 1 технічний огляд обладнання перед ремонтом;
- 2 складання проектно-кошторисної документації для робіт підлягають виконанню;
- 3 оформлення та видачі замовлень на проведення робіт;
- 4 розробку графіка на проведення робіт.

Основним видом їх зносу колоною масообмінної апаратури є забивання колони ректифікаційної відкладеннями корозія на її елементи. Царгові колони розбираються повністю. Вантажопідйомний механізм встановлений вище колони, що дозволяє зняти всі царги по черзі. При неможливості установки вантажопідйомного механізму вище колони демонтаж починається з нижньої царги.

Підготовка колонного апарату до ремонту наступне: видалення робочого середовища з апарату, після чого виробляють його пропарювання водяною парою, який витісняє залишилися в колоні пари газів, після пропарювання колону промивають водою. Промивка колони водою також сприяє більш швидкому її охолодженню, не можна приступати до ремонтних робіт, якщо температура промивної води перевищує 50°C. пропарену і промиту колону від'єднують від всіх апаратів і комунікацій глухими заглушками, що

					6.133.21.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

встановлюються у фланцевих з'єднаннях. Установку кожної заглушки і подальше її зняття реєструють в спеціальному журналі.

Перш за все необхідно провести ретельний зовнішній огляд колони ректифікаційної і виявити деталі (оглядові скла, дрібні штуцери, бобишки), які потребують заміни, підварювання, перебивання сальникових ущільнень і інші, усунути такі несправності слід у міру їх виявлення. Необхідно також розібрати і зняти ділянки трубопроводів, які можуть перешкодити проведенню такелажних робіт (спуск і підйом тарілок). Вільні кінці трубопроводів, щоб уникнути засмічення, слід заглушити і міцно закріпити.

Укомплектовані царги збирають в колону за допомогою кранів, монтажних лебідок або інших підйомно - транспортних механізмів. При монтажі повинна бути забезпечена суворая вертикальність установки як окремих царг, так і всієї колони в цілому. Вивірка проводиться по схилах в двох взаємно-перпендикулярних площинах.

Відхилення для окремих царг  $\Delta a = a_n - a_{n+1}$  і  $\Delta b = b_n - b_{n+1}$  не повинні бути більше допустимого відхилення  $\Delta_{\text{доп.}}$ , яке можна визначити з виразу:

$$\Delta_{\text{доп.}} \leq h_n/D \text{ мм}, \quad (4.1)$$

Відхилення по всій висоті колони ректифікаційній  $\Delta a_{\text{общ.}}$  і  $\Delta b_{\text{общ.}}$  не повинні перевершувати допустиме відхилення  $\Delta_{\text{доп. общ.}}$ , визначається за формулою:

$$\Delta_{\text{доп. общ.}} \leq \epsilon h_n/2D \text{ мм}, \quad (4.2)$$

Незначне регулювання вертикальності осі колони, що складається з окремих царг на прокладках, можна виробляти підтяжкою болтів на вибраній стороні в межах пружності прокладок.

Ремонт колони ректифікаційної закінчують її випробуванням. При гідравлічному випробуванні колона заповнюється водою при відкритій воздушці, встановленої у верхній частині колони, поява води в воздушке свідчить про заповнення колони. Після закриття воздушки тиск в колоні повільно підвищується до контрольованої величини, при цьому тиску апарат витримується 5 хвилин, потім тиск скидається до робочого значення, при якому приступають до огляду корпусу, одночасно обстукуючи зварні шви молотком масою 0,5-1,5 кг.

					<i>6.133.21.02.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5 Охорона праці

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

Всі підприємства повинні піклується про безпеку праці і про здоров'я своїх працівників. До обов'язків роботодавця входить розробка комплексних заходів з охорони праці, які гарантували б безпечні і здорові умови праці на робочому місці.

Соціальне значення охорони праці полягає в сприянні зростанню ефективності суспільного виробництва шляхом безперервного удосконалення і поліпшення умов праці, підвищення їх безпеки, зниження виробничого травматизму і профзахворювань. Соціальне значення охорони праці проявляється в збільшенні продуктивності праці, збереження трудових ресурсів.

Збільшення продуктивності праці відбувається в результаті збільшення фонду робочого часу завдяки скороченню внутрізмінних простоїв шляхом ліквідації мікротравм або зниження їх кількості, а також завдяки запобіганню передчасного стомлення шляхом раціоналізації і поліпшенню умов праці і введенню оптимальних режимів праці і відпочинку та інших заходів, які сприяють підвищенню ефективності та використання робочого часу.

Зниження трудових ресурсів і підвищення професійної активності працюючих відбувається завдяки покращенню стану здоров'я і подовження середньої тривалості життя шляхом поліпшення умов праці, яке супроводжується високою трудовою активністю і підвищенням виробничого стажу.

Підвищується професійний рівень також завдяки підвищенню кваліфікації.

Основним завданням охорони праці на підприємстві є поліпшення умов праці. При створенні умов, які відповідають нормам безпеки і виробничої санітарії, зникає необхідність у витратах на пільги і компенсацію, підвищується продуктивність праці, яка покращує психологічний клімат в колективі та матеріальне становище підприємства.

					6.133.21.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## 5.1 Вимоги до обладнання з урахуванням техніки безпеки

Все обладнання повинно відповідати вимогам проектно-конструкторської документації та повинно мати:

- технічний паспорт або технічний опис,
- інструкцію по експлуатації.

На нестандартне обладнання, оснащення, пристосування і інструменти, крім цього, повинні бути креслення.

Все виробниче обладнання повинно бути у справному стані, чистоті, порядку і строго відповідати встановленим для них технічним нормам.

Відповідальність за правильну експлуатацію технологічного обладнання, пристосувань, оснастки несуть начальник і технолог виробництва, майстер зміни і особа, яка безпосередньо експлуатує обладнання.

У цеху, відділеннях, на дільницях, що ведуть роботу з пожежо- та вибухонебезпечними матеріалами, все обладнання повинно повністю відповідати проектам, розробленими спеціальними проектними організаціями або заводами і затвердженими директором заводу.

Ремонт і контроль за станом обладнання повинен здійснюватися в терміни, передбачені графіком планово-попереджувального ремонту (ППР).

Все електричне обладнання, комунікації, апарати повинні бути заземлені. За справністю і надійністю заземлення повинен бути встановлений постійний контроль службою енергетика цеху.

Забороняється:

- працювати на несправному, незаземлені або забрудненому обладнанні і з несправними приладами, некондиційними або забрудненими матеріалами, невідповідним інструментом, а також при відключеною або несправною витяжної вентиляції, несправній системі пожежогасіння або при відсутності засобів пожежогасіння,
  - проводити ремонт працюючих насосів і трубопроводів,
  - залишати без нагляду працююче обладнання,
  - різко збільшувати або зменшувати частоту обертання відцентрових насосів, щоб уникнути гідравлічних ударів в лініях,
  - пускати в експлуатацію виробниче обладнання без передбачених проектом огорожень, контрольно-вимірювальних приладів, блокувань і сигналізації, що забезпечують безпеку його обслуговування.

					6.133.21.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5.2 Характеристики готового продукту

Готовим продуктом є метанол-ректифікат, якість якого має відповідати вимогам ГОСТ-2222-95. технічне назву продукту - метанол технічний.

Хімічна формула метанолу –  $\text{CH}_3\text{OH}$ ;  
Молекулярна вага 32,04 г / моль.

Метанол (метиловий спирт) - безбарвна рідина з запахом нагадує винний спирт. Розчиняється в воді в будь-яких співвідношеннях, є хорошим розчинником органічних кислот.

При контакті з сильними окислювачами (перекисом натрію, хромовим ангідридом, кристалічним перманганатом калію і іншими) метанол може спалахнути. У метанолі добре розчиняються більшість газів.

$T_{\text{к}} \text{CH}_3\text{OH} - 64,7 \text{ } ^\circ\text{C}$ ;

$T_{\text{п}} \text{CH}_3\text{OH} - (-97,8) \text{ } ^\circ\text{C}$ ;

$T_{\text{вс}} \text{CH}_3\text{OH} - (+ 6) \text{ } ^\circ\text{C}$ ;

$T_{\text{в}} \text{CH}_3\text{OH} - 13 \text{ } ^\circ\text{C}$ ;

$T_{\text{с}} \text{CH}_3\text{OH} - 440 \text{ } ^\circ\text{C}$ ;

$\rho_{\text{CH}_3\text{OH}} - 0.792 \text{ г/см}^3$ .

Метанол сильний нервово-судинна отрута з різко вираженим кумулятивну дію. Потрапивши в організм людини, він викликає ураження центральної нервової системи, зорового нерва, печінки, нирок та інших органів. Смертельна доза (при прийомі всередину) - 30 мл. доза (5-10) мл викликає важке отруєння, що супроводжується втратою зору.

Метанол викликає отруєння і при всмоктуванні через пори шкіри, а також при вдиханні парів, тому застосовують засоби захисту і контролюють концентрацію парів метанолу в повітрі.

Гранично допустима концентрація парів метанолу в повітрі робочої зони виробничих приміщень  $5 \text{ мг / м}^3$ . Пари метанолу з повітрям утворюють вибухонебезпечну суміш. концентраційні межі поширення полум'я від 6.98 до 35.5%, щільність парів повітрям - 1,1. Клас небезпеки - 3 [1].

## 5.3 Виробнича санітарія

### 5.3.1 Мікроклімат

Метрологічні умови вибрано відповідно до вимог ГОСТ 12.1.005-88 та ДСН 3.36.042-99 з урахуванням категорії робіт по енерговитрат при виконанні відповідних технологічних операцій і періоду року. Вибираємо оптимальні параметри мікроклімату, наведені в табл. 5.1.

					6.133.21.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.1 - Оптимальні параметри мікроклімату

Категорія робіт	Період року	Температура, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
Середньої важкості II а	Холодний	18-20	40-60	0,2
	Теплий	21-23	40-60	0,3

Для забезпечення нормалізації параметрів мікроклімату передбачені наступні заходи: вентиляція і опалення в холодний період року СНиП 2.04-05-91.

### 5.3.2 Освітлення

Правильно спроектоване і раціонально виконане освітлення виробничих приміщень робить позитивний психофізіологічний вплив на працюючих, сприяє підвищенню ефективності та безпеки праці, знижує втому і травматизм, зберігає високу працездатність.

При висвітленні виробничих приміщень використовують:

- природне освітлення, що створюється прямими сонячними променями та розсіяним світлом небосхилу і мінливому в залежності від географічної широти, пори року і доби, ступеня хмарності та прозорості атмосфери. Природне освітлення є біологічно найбільш цінним видом освітлення, до якого максимально пристосований очей людини. У виробничих приміщеннях використовуються такі види природного освітлення: бічне - через світлові прорізи (вікна) в зовнішніх стінах; верхнє - через світлові ліхтарі в перекриттях; комбіноване - через світлові ліхтарі і вікна.

- штучне освітлення, що створюється електричними джерелами світла, і суміщене освітлення, при якому недостатнє за нормами природне освітлення доповнюють штучним. Створюється штучними джерелами світла (лампа розжарювання, газорозрядними лампами). Призначення штучного освітлення - створити сприятливі умови видимості, зберегти хороше самопочуття людини і зменшити стомлюваність очей. При штучному освітленні всі предмети виглядають інакше, ніж при денному світлі. За призначенням буває: робочим, аварійним, евакуаційним, охоронним, черговим. По пристрою буває: місцевим, загальним, комбінованим. Влаштувати одне місцеве освітлення не можна. Раціональне штучне освітлення повинно забезпечувати нормальні умови для роботи при допустимому витраті коштів, матеріалів і електроенергії.

									Арк.
									59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	6.133.21.02.00.00.00 ПЗ				

Штучне освітлення передбачається у всіх виробничих і побутових приміщеннях для компенсації нестачі природного освітлення і для освітлення приміщень в темний час доби.

Згідно з нормами СНиП II-4-79 при виконанні робіт IV розряду використовується система загального освітлення. Нормована освітленість по IV розряду (загальний нагляд за ходом виробничого процесу) підрозряду в становить 200 лк.

Для освітлення виробничого приміщення використовуються люмінесцентні лампи, тому що вони енергетично більш економічні і по спектральних характеристиках максимально близькі до природного і мають найвищу світловіддачу. Вибираємо лампи ЛД-80: потужність 80 Вт, світловий потік 5400 лм, довжина 1,5 м, діаметр 40 мм ..

У вибухонебезпечних приміщеннях категорії В-І встановлюються світильники тільки у вибухозахищеному виконанні, вибираємо світильник типу Ногл-2 х 80 з відбивачем, в світильнику встановлюється 2 лампи в захисних трубках з оргскла.

Світловий потік лампи в світильнику визначається за формулою:

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{E \cdot S \cdot k_3 \cdot Z}{N \cdot n \cdot \eta}, \quad (5.1)$$

звідки визначимо число світильників N:

$$N = \frac{E \cdot S \cdot k_3 \cdot Z}{\Phi_{\text{л}} \cdot n \cdot \eta}. \quad (5.2)$$

де  $\Phi_{\text{л}} = 5400$  лм – необхідний світловий потік лампи в світильнику;

E - задана мінімальна освітленість, лк;

S - освітлювана площа, м<sup>2</sup>;

$k_3 = 1,8$  – коефіцієнт запасу [5, табл. 4-9];

Z - коефіцієнт нерівномірності освітлення ( $Z = 1,1$  для люмінесцентних ламп);

n - кількість ламп в світильнику, шт;

$\eta$  – коефіцієнт використання світлового потоку.

Для визначення коефіцієнта використання  $\eta$  знайдемо індекс приміщення і за формулою:

$$i = \frac{A \cdot B}{H(A+B)}, \quad (5.3)$$

									Арк.
									60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	6.133.21.02.00.00.00 ПЗ				

де А – довжина приміщення, м; В - його ширина, м; Н - висота підвісу світильника від рівня підлоги приймаємо  $h = 2,8$  м.

$$i = \frac{18 \cdot 12}{2,8(18+12)} = 2,5$$

Тоді приймаємо  $\eta = 0,65$

Площа освітлення:

$$S = A \cdot B = 18 \cdot 12 = 216 \text{ м}^2.$$

Значить число світильників в робочій зоні складе:

$$N = \frac{200 \cdot 216 \cdot 1,8 \cdot 1,1}{5400 \cdot 2 \cdot 0,65} = 14 \text{ шт.}$$

Приймаємо 14 світильників. Разом виходить 28 ламп ЛД-80 для забезпечення необхідного загального висвітлення робочої зони виробничого приміщення.

### 5.3.3 Шум та вібрація

Основним джерелом шуму в цеху є механічне обладнання:

насоси, компресори. Згідно ГОСТ 12.1.003-83 допустимий шумовий рівень у виробничому приміщенні - не більше 80 дБА.

Якщо рівень шуму перевищує допустимий, то проводять заходи щодо його нормалізації згідно ДСН 3.3.6.037-99 :

- поліпшення рівня експлуатації робочого обладнання;
- використання демпфуючих матеріалів;
- звукоізоляція обладнання кожухами.

Машини та механізми, що застосовуються в даному технологічному процесі викликають певні механічні коливання, які передаються на тіло людини. Гігієніченормування вібрації проводять відповідно до ГОСТ 12.1.012-90 [10].

З метою профілактики віброшумів захворювання для працівників з обладнанням, вібує рекомендується спеціальний режим роботи (обмеження часу контакту з віброінструментом, додаткові перерви і тощо).

					<i>6.133.21.02.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 5.3.4 Електробезпека

Згідно ПУЕ - 87 і ГОСТ 12.1.013-78 робоче приміщення за ступенем небезпеки ураження електричним струмом відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою. Тому що з одного боку є можливість дотику до металевих конструкцій будівель, у яких з'єднання з землею, технологічних апаратів, а з іншого до металевих корпусів електрообладнання.

Згідно НПАОП 40.1 - 1.32 - 01 клас зон 0, 1, 2.

Заходи електробезпеки:

- Контроль і профілактика пошкоджень ізоляції;
- Усунення небезпеки ураження при появі напруги на корпусах, кожухах та інших частинах електроустаткування, досягається захисним заземленням, зануленням, захисним відключенням;
- Організація безпечної експлуатації електроустановок.
- Використання обладнання закритого типу.

### 5.3.5 Пожежна безпека

Згідно з документом НАПБ Б.03.002-2007 робоче приміщення по вибухопожежної і пожежної небезпеки відноситься до категорії А, а ступінь вогнестійкості будівлі - І згідно ДБН В.1.1 - 7 - 02.

Згідно ГОСТ 12.1.004 - 91 і НАПБ А.01.001-95 пожежна безпека забезпечується системами запобігання пожежі і протипожежної безпеки, захисту, а також організаційно-технічними заходами.

Заходи системи запобігання пожежі:

- застосування негорючих речовин
- обмеження кількості горючих речовин і їх розміщення;
- протипожежні розриви між будівлями;
- періодичне очищення приміщень і території;
- ізоляція горючих речовин.

Передбачені внутрішній і зовнішній водопроводи з пожежними кранами; для повідомлення про пожежу - електрична пожежна сигналізація і телефонний зв'язок.

Для запобігання пожежі використовують первинні засоби пожежогасіння - порошковий вогнегасник ВП-9 - 2 шт., Вуглекислий вогнегасник ВВК-5-2 шт., а також ящик з піском, лопату.

					6.133.21.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 5.3.6 Охорона навколишнього природного середовища

Останнім часом в Україні надається значна увага охороні навколишнього середовища: розроблений і прийнятий до дії Закон України "Про охорону навколишнього природного середовища".

Ректифікація технічного ефіру складний технологічний процес з переходом сировини в різні стани з різними фізико-хімічними

властивостями. Він пов'язаний з використанням різної складності технологічного обладнання і допоміжних механізмів. У багатьох випадках ці процеси супроводжуються виділенням великої кількості шкідливих парів, газів і інших забруднень.

В значній мірі зменшення забруднення відбувається за рахунок застосування автоматичного контролю і регулювання технологічного процесу. При розробці проекту було передбачено систему замкнутого циклу, в результаті якої потрапляння шкідливих речовин в навколишнє середовище неможливо.

					6.133.21.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Висновки

В бакалаврській роботі були приведені теоретичні основи процесу ректифікації, описана конструкцій ректифікаційної колони та вибір матеріалу з якого вона виготовлена. Приведений опис технологічної схеми установки з описом самого апарату та принцип його роботи.

Проведені технологічні розрахунки за якими було вибрано стандартну ректифікаційну колону.

Виконані розрахунки на міцність такі як розрахунок стінки корпусу апарату та розрахунок стінки кришки, розрахунок фланцевого з'єднання. Розрахунок і підбір стандартної опори.

Описаний монтаж та ремонт апарату. Виконаний опис хорони праці в якому описані вимоги до обладнання та готового продукту, вимоги до санітарії та охорони навколишнього середовища.

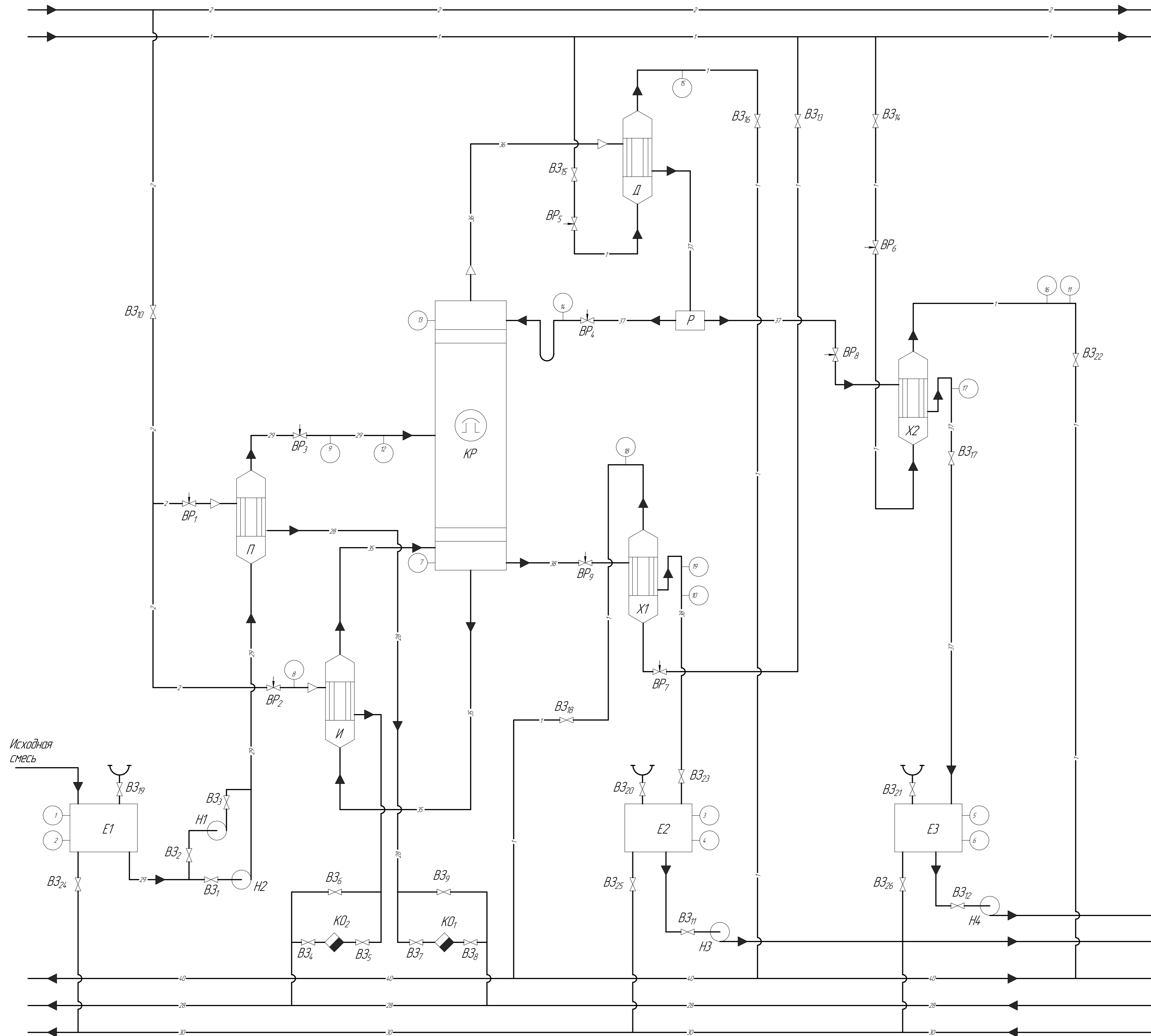
					6.133.21.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



## Література

1. Плановский А. К, Рамм В. М., Каган С. З. "Процессы и аппараты химической технологии". М.: Химия, 1972, - 848 с.
2. Павлов К. Ф., Романков П. Г, Носков А. А "Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии". Л.: Химия, 1987,- 576 с.
3. Соколов В. Н. "Машины и аппараты химических производств. Примеры и задачи". Л.: Машиностроение, 1982, - 384 с.
4. Дытнерский Ю. И. "Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по проектированию".- М.: Химия, 1983. - 272 с.
5. "Справочная книга для проектирования электрического освещения". Под ред. Кнорринга Г.М. Л.: "Энергия", 1976, - 384 с.
6. Михалев М. Ф., Третьяков Н.П. "Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств. Примеры и задачи". Л.: Машиностроение, 1984, - 301 с.
7. Лацинский А.А., Толщинский А.Р. "Основы конструирования и расчёта химической аппаратуры. Справочник. ". Л.: Машиностроение, 1970, – 752 с.
8. Плановский А.Н., Николаев П.И. "Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии". М.: Химия, 1972, - 496 с.
9. Голубятников В.А., Шувалов В.В. "Автоматизация производственных процессов в химической промышленности". Москва: Химия, 1985, - 252с.
10. Кошарский Б.Д. "Автоматические приборы, регуляторы и вычислительные системы. Справочное пособие". Л: Машиностроение, 1976, - 488с.
11. Макаров Г.В., Стрельчук Н.А. "Охрана труда в химической промышленности". М.: Химия, 1977, - 568с.
12. Фармазов С.А. "Ремонт и монтаж оборудования химических и нефтеперерабатывающих заводов. 2-е изд.". М.: Химия, 1980. – 312 с.
13. Ермаков В.И., Шеин В.С. "Ремонт и монтаж химического оборудования." Л.: Химия, 1981. – 368 с.

					6.133.21.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Условные обозначение		Наименование среды в трубопроводе
Букв.	Графическое	
1		Вода
2		Пар
28		Конденсат
29		Исходная смесь
30		В канализацию
35		Паро-жидкостная эмульсия
36		Пары дистиллята
37		Дистиллят
38		Кубовый остаток
40		Обратная вода

Точки замера и контроля		
Обозначение	Контролируемый параметр	Примечание
1-7	Уровень	
8	Давление	
9-11	Расход	
12-19	Температура	

Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
КР	Колонна ректификационная	1	
Д	Дефлегматор	1	
И	Испаритель	1	
П	Подогреватель	1	
X1-2	Холодильник	2	
E1-3	Емкость	3	
P	Распределитель	1	
H1-4	Насос	4	
BP1-9	Вентиль регулирующий	9	
B31-26	Вентиль запорный	26	
KO1-2	Конденсатоотводчик	2	

				6.133.21.02.00.00.00 ТС		
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Производство Метиллового спирта Технологическая схема	
Разраб.	Визирова	Заключено				
Проб.					Лист	Листов
Т.контр.						
И.контр.						
Утв.						

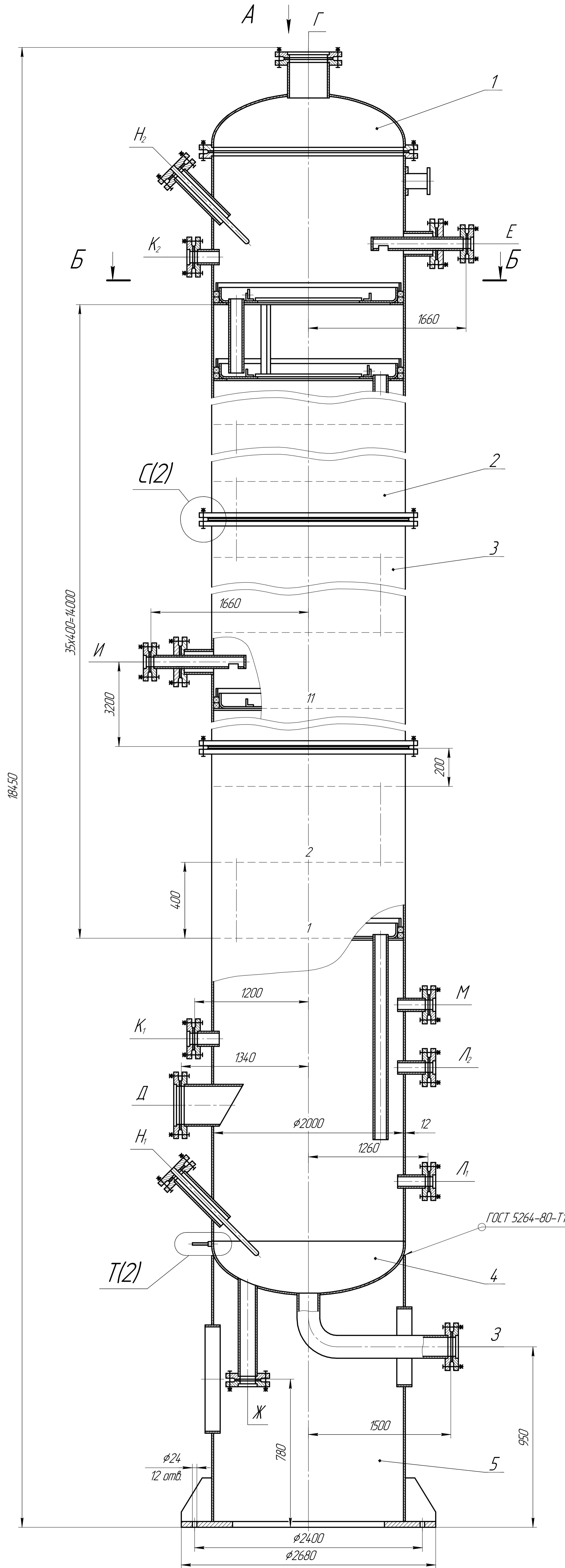


Таблица штуцеров

Обозн.	Наименование	Кол	Проход условный D <sub>н</sub> , мм	Давление условное P <sub>н</sub> , МПа	Примечания
Г	Выход пара	1	200	0,3	
Д	Вход пара	1	200	0,3	
Е	Вход флегмы	1	80	0,3	
Ж	Выход жидкости из куба	1	80	0,3	
З	Выход кубового остатка	1	100	0,3	
И	Вход исходной смеси	1	80	0,3	
К1-2	Для манометра	2	25	0,3	
Л1-2	Для указателя уровня	2	20	0,3	
М	Для установки уровнемера	1	20	0,3	
Н1-2	Для термометра ртутного	2	25	0,3	

Техническая характеристика

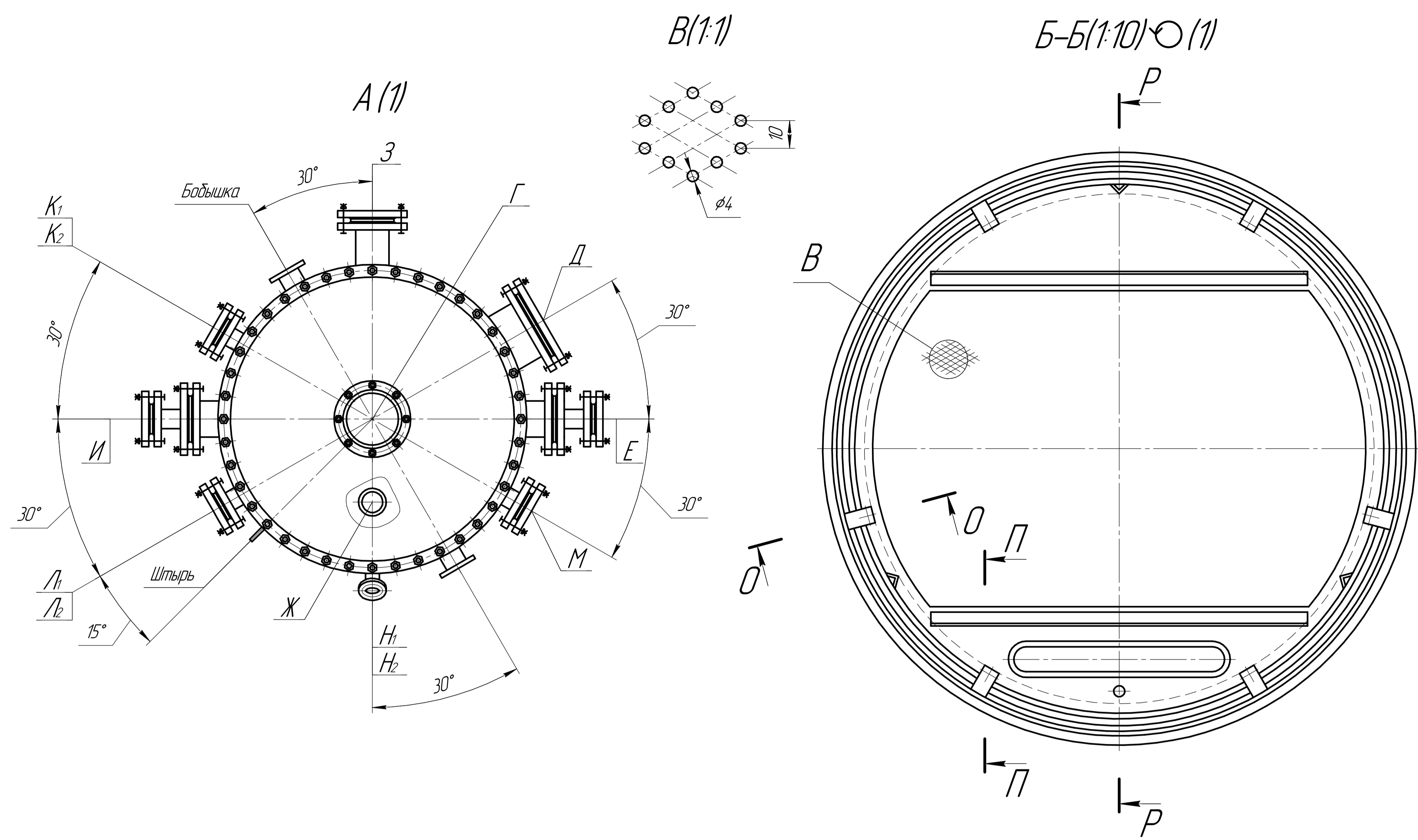
Аппарат предназначен для разделения смеси ацетон-этанол	
Параметр	
1. Рабочее давление, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	0,1
2. Расчетное давление, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	0,3
3. Максимально допустимая рабочая температура стенки, °С	147
4. Минимально допустимая рабочая температура стенки, °С	43
5. Расчетная температура стенки, °С	97
4. Наименование среды	метанол-вода
5. Характеристика рабочей среды: - класс опасности (по ГОСТ 12.1.007) - пожароопасность (по ГОСТ 12.1.004) - взрывоопасность (по ГОСТ 12.1.011)	
6. Номинальный объем, м <sup>3</sup>	22
7. Группа аппарата (по ГОСТ 3-17-191-2000)	
8. Срок службы аппарата, лет	10
9. Число циклов нагружения сосуда за весь срок службы, не более	

Технические требования

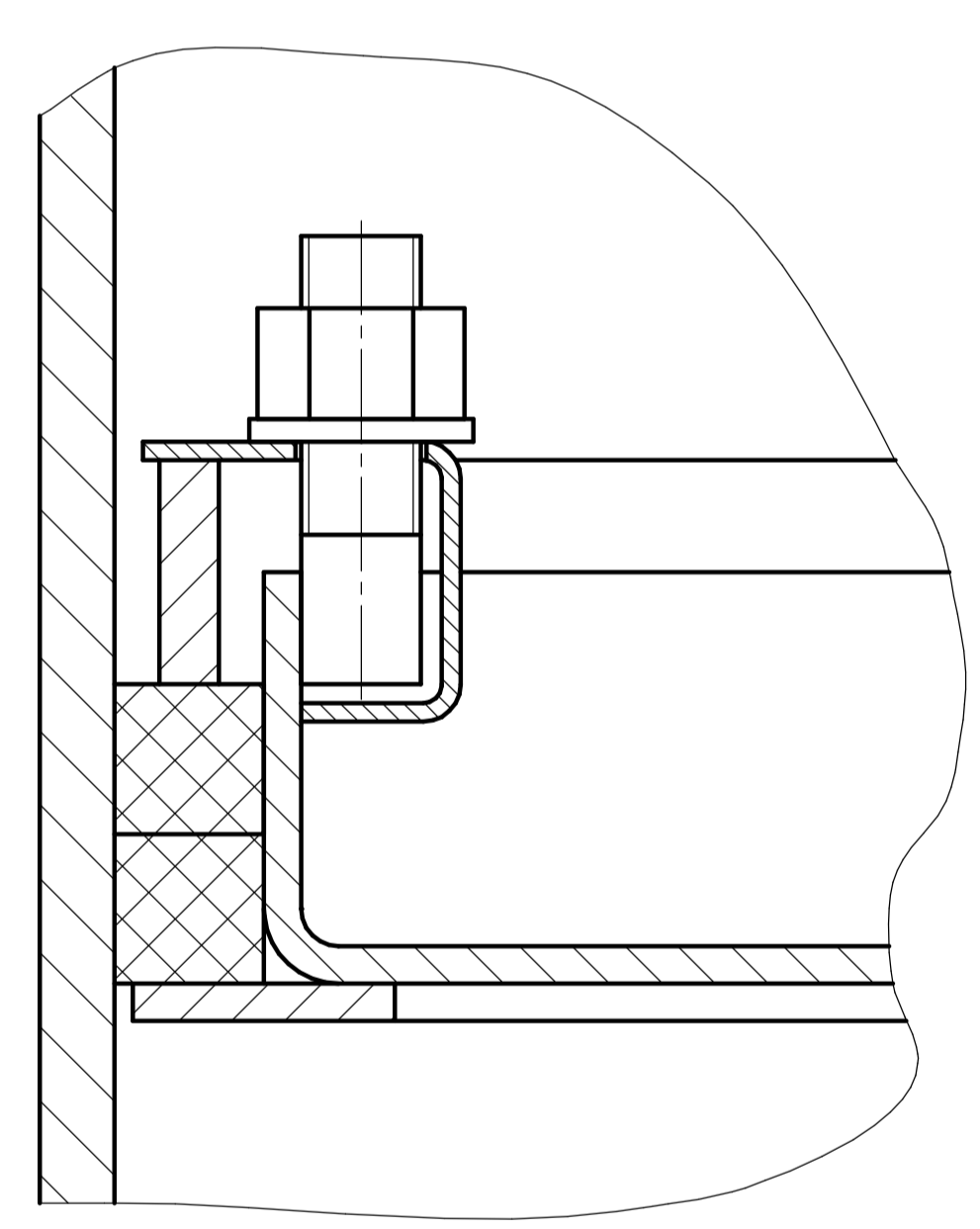
- Аппарат изготовить в соответствии с ГОСТ 3-17-191-2000 "Посуды из стали сварной. Общие технические условия" и ДНАОП 0.00-107-94 "Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением".
- Сварные швы контролировать УЗД или рентгенопросвечиванием в объеме 25%. Недоступные для УЗД или рентгенопросвечивания швы контролировать в соответствии с РД 26-11-01-85.
- Аппарат испытать гидравлическим давлением (порядок испытания согласно ГОСТ 3-17-191-2000) p<sub>исп</sub>=0,46 МПа в горизонтальном положении или пневматическим 0,07 МПа.
- Сварные швы составных фланцев проверить на герметичность давлением воздуха (или инертного газа) p=0,4...0,6 МПа.
- Климатическое исполнение Ч. Категория размещения 4 ГОСТ 15150-69.
- Действительное расположение штуцеров, люков и цапф смотри на виде А.
- Размеры для справок.
- Монтаж аппарата произвести в соответствии со СНиПЗ 05 05-84.
- На месте эксплуатации аппарат заземлить.

Лист 1 из 1  
Изд. № 001  
Взам. инв. №  
Листы и дата  
Лист № 01/01  
Спецификация  
Перед. примеч.

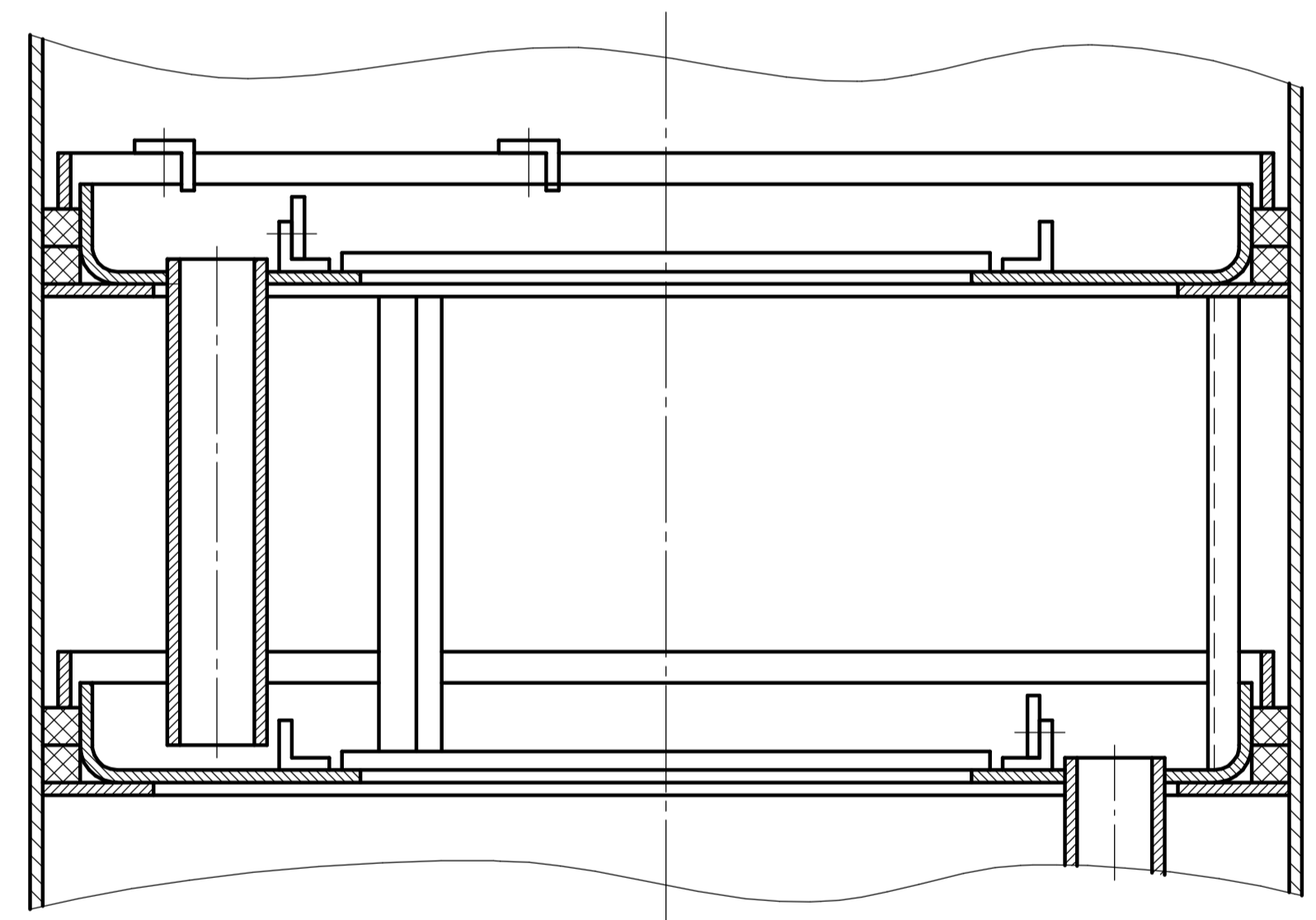
6.133.2102.00.00.00 СБ			
Изм./Лист	№ док.	Подп.	Дата
Разраб.	В.И.Иванов		
Проб.	Закусило		
Т.контр.			
И.контр.			
Этп.			
Колонна ректификационная Сварочный чертеж			Лит. Масса Масштаб 1:20
			Лист 1 Листов 2



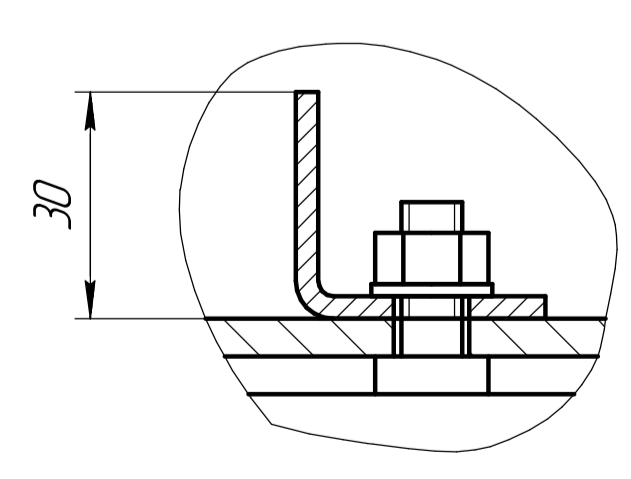
О-О(1:1) Ⓞ



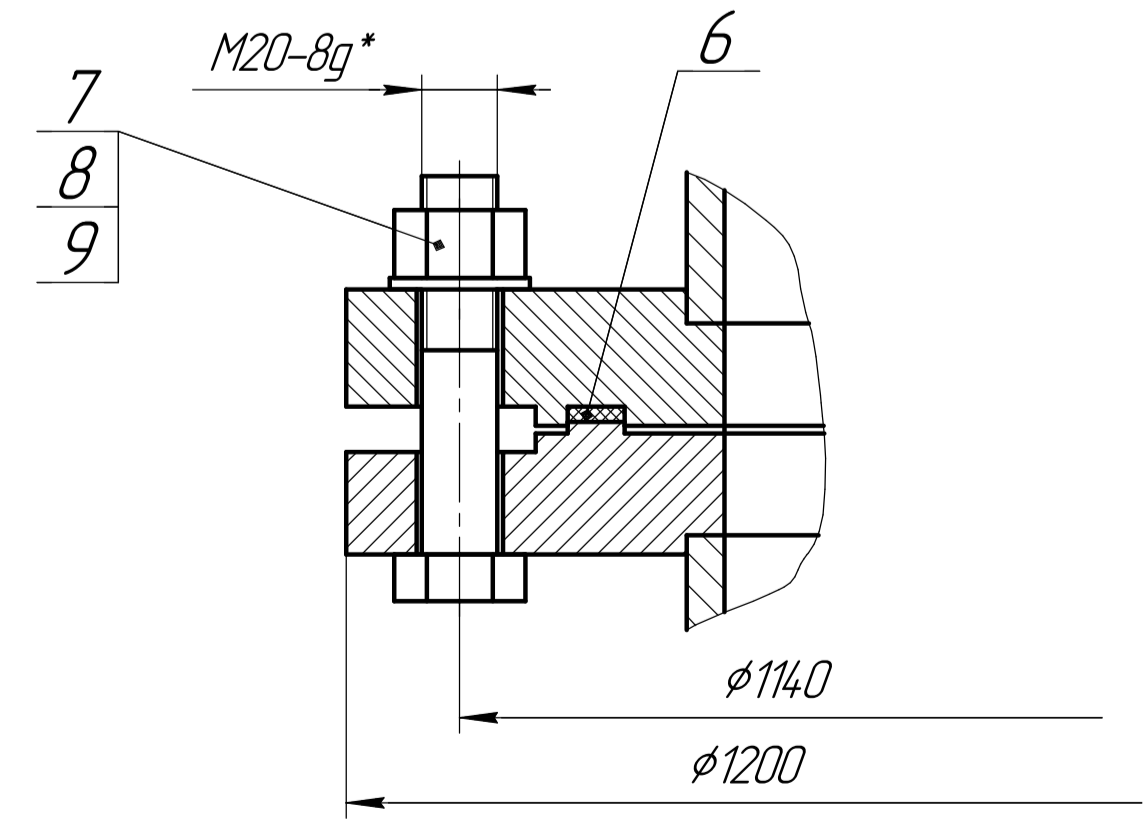
Р-Р(1:10) Ⓞ



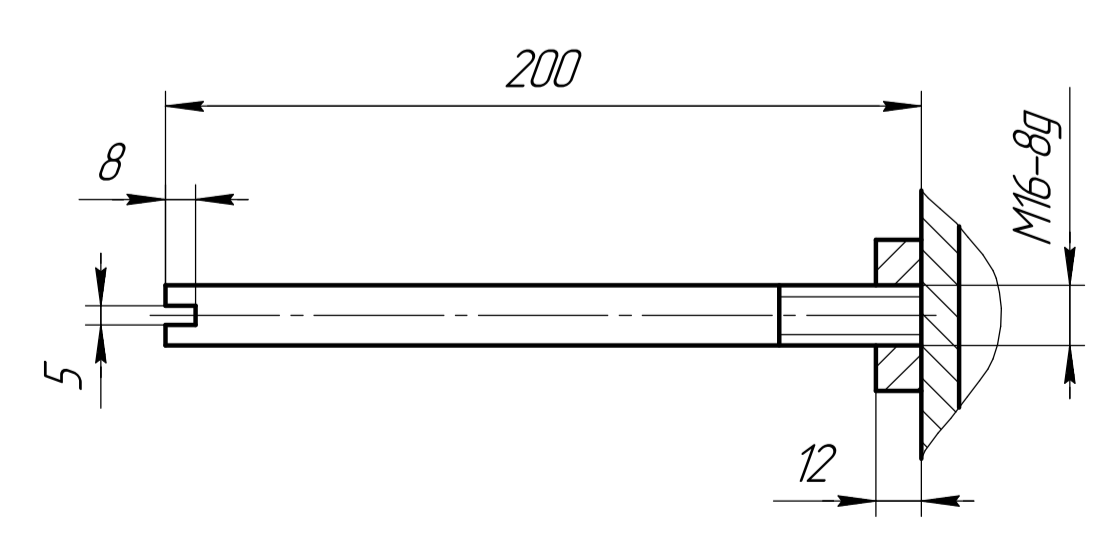
П-П(1:1) Ⓞ



С(1:2)(1)



Т(1:2)(1)



Изд. № 0000, Лист № 0000, Вид № 0000, Титул и дата