

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ШОСТКИНСЬКИЙ ІНСТИТУТ

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра: Хімічної технології високомолекулярних сполук

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВР**

зі спеціальності 6.05050315: Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів

Тема проекту: Виробництво технічного ефіру. Дефлегматор парів етилового спирту

Виконав студент

Швец А.С

Залікова книжка:

№ \_\_\_\_\_

Захищений з оцінкою:

\_\_\_\_\_

Керівник проекту

Банишевський В.В.

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

Спеціальність: Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних  
матеріалів

**«ЗАТВЕРДЖУЮ»**

Зав. Кафедрою \_\_\_\_\_

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВР**

Студенту: Швец А.С.

група ХМз-61ш курс IV

1. **Тема курсової роботи:** « Виробництво технічного ефіру. Дефлегматор парів етилового спирту.»

2. **Вихідні дані:** Продуктивність по витраті парів 420 кг/год. Температура конденсації парів 78,2 °С, Теплота конденсації 849 кДж/кг.

3. Перелік обов'язкового графічного матеріалу (листи А1)

3.1 Загальний вигляд А1;

3.2 Технологічна схема А1;

3.3 Складальні креслення 2хА1

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 2020 р

7. Термін захисту курсової роботи Червень 2020р.

Керівник комплексної курсової роботи \_\_\_\_\_

## Реферат

Пояснювальна записка: 61 аркушів, 2 рисунка., 2 таблиці, 17 літературних джерел.

Графічні матеріали: технологічна схема виробництва, складальні креслення апаратів, складальні креслення вузлів всього 4 аркушів формату А1.

Тема проекту: «Виробництво технічного ефіру. Дефлегматор парів етилового спирту.»

Наведено теоретичні основи процесу отримання технічного ефіру, виконані технологічні розрахунки проєктованого апарату, проведені конструктивні та міцнісні розрахунки, що підтверджують працездатність і надійність дефлегматора.

Наведено відомості щодо проведення монтажу та ремонту розробленого апарату.

У розділі Охорона праці наведено аналіз потенційних небезпек і шкідливостей, що виникають при експлуатації обладнання у виробництві технічного обладнання, дано Розрахунок вентиляції виробничого приміщення.

Ключові слова: РЕКТИФІКАЦІЯ, АПАРАТ, ДЕФЛЕГМАТОР, КОНДЕНСАЦІЯ, СПИРТ, ЕФІР, ЕТАНОЛ, ТЕПЛООБМІН, РОЗРАХУНОК.



## Вступ

Велике значення в народному господарстві має отримання етилового ефіру високої якості. Ця речовина має важливе значення в багатьох виробництвах, де може використовуватися як основна і допоміжна сировина.

Діапазон застосування етилового ефіру дуже широкий, так як ця речовина використовує дуже велику кількість різних виробництв. Воно застосовується для виготовлення лікарських препаратів в медицині, широко використовується у виробництві піроксилінових порохів і інш.

Так як споживання етилового ефіру в хімічній промисловості збільшується, виникає питання про проектування виробництв з отримання етилового ефіру більшої продуктивності.

Завдання, що стоїть перед ректифікаційними відділеннями підприємства в даний час полягає в тому, щоб отримувати етиловий ефір високої якості з мінімальними витратами вихідної сировини. Це завдання досить складна і вимагає глибокого знання процесу отримання продукту.

Кінцеві продукти ректифікації при отриманні ефіру (етиловий ефір, етиловий спирт), відповідно до стандарту, повинні володіти високим ступенем очищення. У зв'язку з цим, до апаратів виробництва повинні бути пред'явлені високі вимоги. Ці апарати повинні мати високу ефективність щодо очищення компонентів від домішок при роботі в різних умовах і разом з тим повинні бути економічними щодо витрати пари, води, електроенергії.[2]

Инов. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инов. № дубл.	Подп. и дата					Лист
									5
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	6.133.20.08.00.00.00 ПЗ				

# 1 Технологічна частина

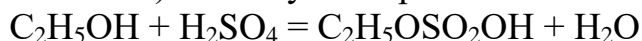
## 1.1 Опис технологічної схеми виробництва

Процес отримання ефіру за сірчано-кислотним способом складається з наступних основних операцій:

- ефіризація і нейтралізація сирого ефіру;
- очищення сирого ефіру від домішок шляхом ректифікації.

Хімізм процесу:

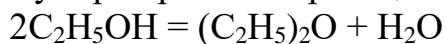
На першій фазі утворюється складний ефір спирту і сірчаної кислоти (етилсерна кислота) за наступним рівнянням:



При нагріванні до 120-1125 °С з надлишком спирту етилсерна кислота діє на другу молекулу спирту, при цьому утворюється етиловий ефір, а сірчана кислота регенерується:



Сумарне рівняння реакції має вигляд:



Теоретично сірчана кислота не витрачається, практично витрачається через наявність в спирті-Сирці домішок нижчих спиртів і оцтового альдегіду, сірчана кислота вступає в реакцію з домішками. Крім того, частина сірчаної кислоти розбавляється водою і частково відновлюється до сірчистої кислоти.

Принципова схема технологічного процесу виробництва технічного ефіру має наступний вигляд (див. рисунок 2.1).

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата	6.133.20.08.00.00.00 ПЗ	Лист
						6
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

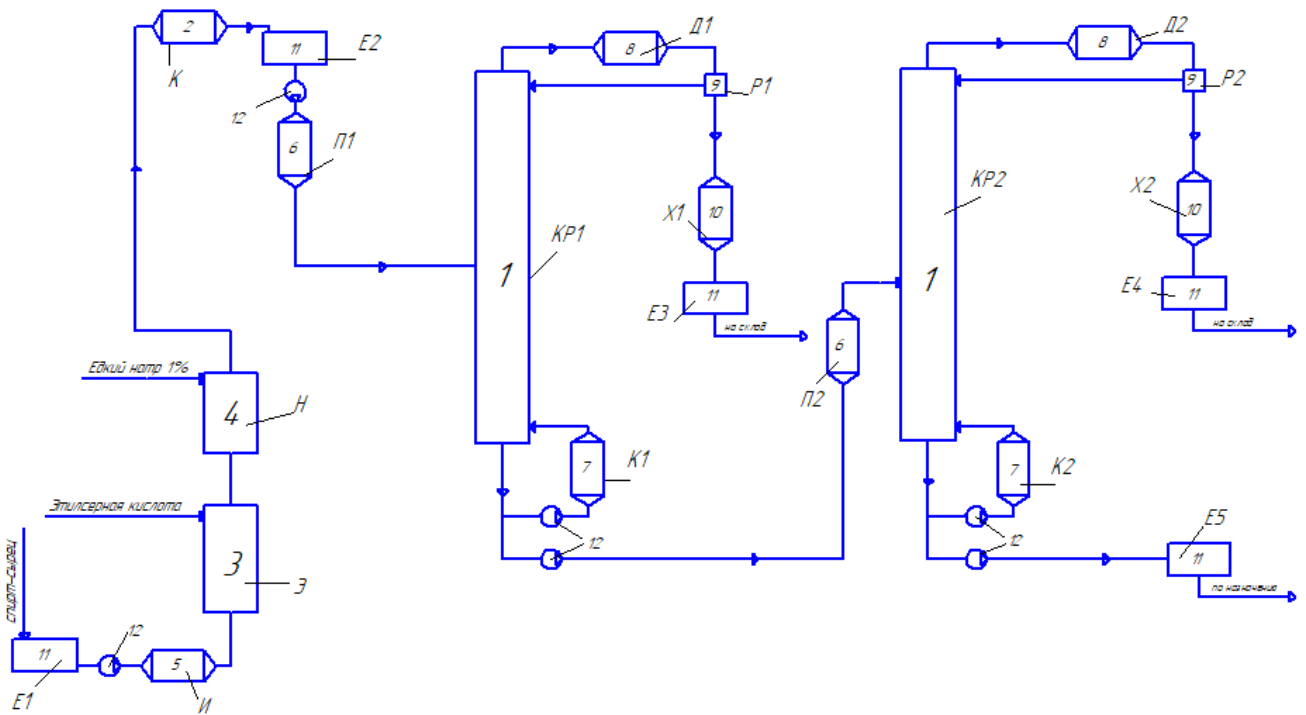


Рисунок 2.1- Технологическая схема производства технического эфира

- 1 - колонна ректификационная; 2 - конденсатор; 3 - эфиризатор; 4 - нейтрализатор;  
 5 - испаритель; 6 - подогреватель; 7 - кипятильник; 8 - дефлегматор;  
 9 - распределитель; 10 - холодильник; 11 - емкость; 12 - насос

Вихідний продукт-спирт сирець надходить зі сховища технологічних рідин в буферну ємність E1, з якої спирт насосом подається в трубчастий теплообмінник - випарник спирту і, де відбувається отримання парів спирту, отримані пари вводяться в основний реакційний апарат ефірного виробництва – ефіризатор E, що представляє собою викладений свинцем залізний циліндричний посудину, заповнений на дві третини обсягу робочою сумішшю – етильсерної кислотою. Пари спирту подаються в реакційну суміш через барботер (дірчасту трубу), що проходить крізь товщу етильсерної кислоти. Для правильного протікання процесу етильсерная кислота нагрівається до температури 120 – 125 °С. Необхідна температура суміші підтримується за рахунок обігріву апарату глухим паром, що надходять під тиском 3 атм. у свинцевий змійовик, встановлений всередині ефіризатора. Утворені в процесі взаємодії спирту і етильсерної кислоти пари сирого ефіру (ефір 50%, спирт 30%, вода 20%) і найдрібніші крапельки сірчаної кислоти з ефіризатора надходять в нейтралізатор Н, де кислі домішки (сірчаний газ, сірчана кислота) нейтралізуються 1% розчином їдкою натру, що подається в нейтралізатор Н з сховища технологічних рідин.

У міру багаторазового використання в ефіризаторі реакційна здатність етильсерної кислоти знижується і продуктивність апарату падає. Після закінчення 4 -6 місяців роботи відпрацьована кислота вважається вже непридатною і видаляється з системи.

Ив. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Подп. и дата	
Изм	Лист

Отримані пари потрійної суміші (етиловий ефір – етиловий спирт – вода) надходять в конденсатор К, де відбувається їх конденсація, після чого надходять в буферну ємність-збірник Е2.

При заповненні ємності Е2 на дві третини обсягу, сконденсована потрійна суміш за допомогою насоса перекачується в підігрівач П1. де підігрівається до температури кипіння, звідки надходить для поділу на тарілку харчування ефірної ректифікаційної колони КР1.

Стікаючи вниз по колоні КР 1, рідина взаємодіє з піднімаються вгору парами етилового ефіру, що утворюється при кипінні кубової рідини в кип'ятильнику К1 колони КР1. Початковий склад пара приблизно дорівнює складу кубового залишку  $X_w$ , тобто збіднений легколетучим компонентом. Для більш повного збагачення верхню частину колони зрошують відповідно до заданого флегмовим числом рідиною (флегмою) складу  $X_p$ , яка виходить в дефлегматоре Д1 шляхом повної конденсації парів, що виходять з колони кр. Частина конденсату через розподільник Р1 виводиться з дефлегматора у вигляді готового продукту поділу – дистилату, який охолоджується в холодильнику Х1 і направляється в проміжну ємність Е3.

Режим роботи ефірної колони має наступні параметри. Ефірна колона працює без додаткового підігріву, температурний режим її підтримується шляхом введення в кубову частину парів ефіру з температурою 60-85 °С і охолодження верхньої частини за рахунок повернення в колону сконденсованого ефіру.

Дефлегматор ефірної колони працює на артезіанській воді.

Охолодження ефіру в холодильнику проводиться за допомогою води.

Подача парів ефіру в нижню ланку ефірної колони і води в дефлегматор регулюються так, щоб підтримувалися наступні параметри:

- температура в кубовій частині колони, °С-60-85;
- температура в середній частині колони, °С-50-70;
- температура у верхній частині колони, °С-35-45;

З кубової частини колони насосом безперервно виводиться кубова рідина, що представляє собою бінарну суміш (етиловий спирт – вода), яка насосом через підігрівач П2 подається на тарілку харчування спиртової ректифікаційної колони КР2. Стікаючи вниз по колоні КР2, рідина взаємодіє з піднімаються вгору парами етилового спирту, що утворюється при кипінні кубової рідини в кип'ятильнику К2 колони КР2. Початковий склад пара приблизно дорівнює складу кубового залишку  $X_w$ , тобто збіднений легколетучим компонентом. Для більш повного збагачення верхню частину колони зрошують відповідно до заданого флегмовим числом рідиною (флегмою) складу  $X_p$ , яка виходить в дефлегматоре Д2 шляхом повної конденсації парів, що виходять з колони КР2. Отриманий дистилат через розподільник Р2 розподіляється між ректифікаційною колоною КР2 і холодильником Х2, частина дистилату етанолу у вигляді флегми повертається в ректифікаційну колону КР2, частина дистилату охолоджується в холодильнику Х2 і направляється в проміжну ємність Е4. З кубової частини ректифікаційної колони КР2 безпе-

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

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	6.133.20.08.00.00.00 ПЗ	Лист
						8



первно відводиться кубова рідина - вода фузельна, яка перекачується в ємність Е5 і використовується далі на технологічні потреби.

Режим роботи спиртової колони має наступні параметри. Температурний режим спиртової колони підтримується введенням пари, одержуваного в кип'ятильнику К2 в кубову частину колони. Охолодження верхньої частини колони відбувається за рахунок повернення флегми. Дефлегматор колони КР2 працює на зворотному воді, охолодженої на градирні.

Охолодження етанолу в холодильнику відбувається артезіанською водою. При роботі спиртової колони повинні підтримуватися наступні параметри:

- температура в кубовій частині колони, °С – 100-110;
- температура у верхній частині колони, °С - 79-82;
- рівень рідини кубової частини колони не менше 0,55 м;

## 1.2 Технологічні основи процесу

Якщо пар стикається зі стінкою, температура якої нижче температури насичення, то він конденсується на стінці і осідає на ній у вигляді рідини. Розрізняють три види конденсації пари на твердій поверхні.

Плівкова конденсація, коли конденсат стікає по поверхні у вигляді суцільної плівки (має місце на поверхнях при інтенсивній конденсації).

Крапельна конденсація коли конденсат випадає на поверхні у вигляді окремих крапель (має місце на незмочуваних поверхнях охолодження).

Змішана конденсація, коли частина поверхні покрита краплями, а частина плівкою конденсату.

При крапельної конденсації можна отримувати високі коефіцієнти тепловіддачі. Наприклад, коефіцієнти тепловіддачі при плівковій конденсації водяної пари атмосферного тиску мають порядок  $(7\div 12) \cdot 10^3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ , а при крапельної конденсації -  $(4\div 10) \cdot 10^4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ .

Стійкий характер крапельна конденсація має лише в апаратах, поверхня охолодження яких не змочується конденсатом завдяки фізичним властивостям рідкої фази, наприклад в конденсаторах ртутної пари, а також при періодичному введенні в пар ефективних гідрофобізаторів.

Практично в сучасних конденсаторах завжди відбувається плівкова конденсація пари.

Теплота, що виділяється при конденсації пари, повинна пройти до стінки через плівку конденсату. Якщо рух рідкої плівки ламінарне, то перехід теплоти здійснюється виключно шляхом теплопровідності. Вирішальним фактором в даному випадку є товщина плівки конденсату.

При плівковій конденсації на вертикальній поверхні у верхній частині плівки, коли її товщина  $i$ , відповідно, швидкість течії невеликі, має місце чисто ламінарне рух з плоскою межею розділу фаз.

Ив. № подл.		Взам. инв. №		Ив. № дубл.		Подп. и дата		
Ив. № подл.		Взам. инв. №		Ив. № дубл.		Подп. и дата		
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата				Лист

6.133.20.08.00.00.00 ПЗ

Надалі на поверхні плівки починають виникати хвилі, що призводять до деякого зменшення товщини плівки конденсату. На поверхні конденсату встановлюється температура, практично рівна температурі насичення.

Вміст неконденсуючихся газів в парі різко знижує тепловіддачу. Так, вміст у водяній парі 1% повітря зменшує коефіцієнт тепловіддачі на 60%, а вміст 3% повітря – на 80%. Накопичуючись у поверхні плівки стікає по трубі конденсату, ці гази створюють захисний шар, що перешкоджає доступу пари до поверхні теплообміну.

Оцінити швидкість переміщення плівки дуже важко, тому для опису гідродинаміки стікання плівки використовують критерії Галілея, який характеризує співвідношення сил тяжіння і тертя [2, 155]:

$$Ga = Re^2 / Fr = gl / v^2, \quad (1.1)$$

де  $Re$  – критерій Рейнольдса;

$Fr$  – критерій Фруда;

$g$  – прискорення вільного падіння;

$l$  – лінійний розмір;

$v$  – швидкість.

Загальний вигляд критеріальної залежності для визначення коефіцієнта тепловіддачі при конденсації має вигляд:

$$Nu = f(Ga, Pr, K). \quad (1.2)$$

Тут  $K = r / (c_{ж} \Delta t)$  – критерій фазового переходу, або критерій конденсації, є мірою відношення теплоти, що витрачається на фазове перетворення, до теплоти переохолодження фази:

$r$  – питома теплота конденсації;

$c_{ж}$  – питома теплоємність конденсату;

$\Delta t = t_{нас} - t_{ст}$ .

Вихідними даними для розрахунку дефлегматора є Продуктивність по готовому продукту і початкова температура охолоджуючого середовища. Завдання полягає у визначенні поверхні теплообміну і основних конструктивних розмірів.

У дефлегматорі протікає одночасно три процеси:

- рух пари і рідини;

- теплопередача;

- зміна агрегатного стану речовини.

На підставі комплексних досліджень цих процесів дані наступні рекомендації для конструювання дефлегматоров з горизонтальними трубами.

1) Напрямок руху охолоджуючого середовища має бути знизу вгору напрямком парів – зворотне) Відстань між перегородками в міжтрубному просторі має бути вибрано таким, щоб швидкість парів по всій довжині корпусу залишалася рівною 10-13 м/с.

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

3) Швидкість охолоджуючого середовища повинна бути не менше 0,5-0,6 м/с, однак, такі швидкості можуть бути реалізовані тільки в апаратах великої продуктивності.

4) Величина кроку між трубками повинна бути мінімально допустимою з умов міцності. [2]

### 1.3 Опис конструкції апарата

Залежно від конструктивних особливостей розрізняють кожухотрубні, кожухозмеїкові і ін. дефлегматори.

До дефлегматорам пред'являються ті ж вимоги, що і до інших видів теплообмінників: висока інтенсивність теплопередачі, мала витрата металу та ін.

Найбільшого поширення набули кожухотрубні дефлегматори.

Перевагами кожухотрубних дефлегматорів є простота і компактність конструкції, значна інтенсивність теплопередачі, можливість пристрою закритої системи циркуляції охолоджуючого середовища.

Як і у всякому іншого типу теплообміннику, в дефлегматоре здійснюється передача теплоти від більш нагрітого теплоносія до менш нагрітого. Причому передача тепла від гарячого теплоносія до холодного здійснюється через розділяючу поверхню теплообміну.

Найбільш поширеним в даний час типом дефлегматора є дефлегматор з трубками, розташованими горизонтально. Горизонтальні дефлегматори мають ту перевагу перед вертикальними, що вони більш зручні при очищенні поверхонь теплообміну і для їх установки потрібно при однаковій площі менш високі приміщення.

Пар підводиться в верхню частину дефлегматора в міжтрубний простір, де він конденсується і заповнює дефлегматор на певну висоту. Конденсат видаляється з дефлегматора знизу через патрубок. По трубах зі швидкістю 0,5 - 1,5 м/с циркулює охолоджуюче середовище.

Так як напруги, що виникають в результаті відмінності температурних розширень труб і кожуха не перевищують допустимих, що підтверджено відповідними розрахунками, розроблений апарат жорсткої конструкції.

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата	6.133.20.08.00.00.00 ПЗ	Лист
						11
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

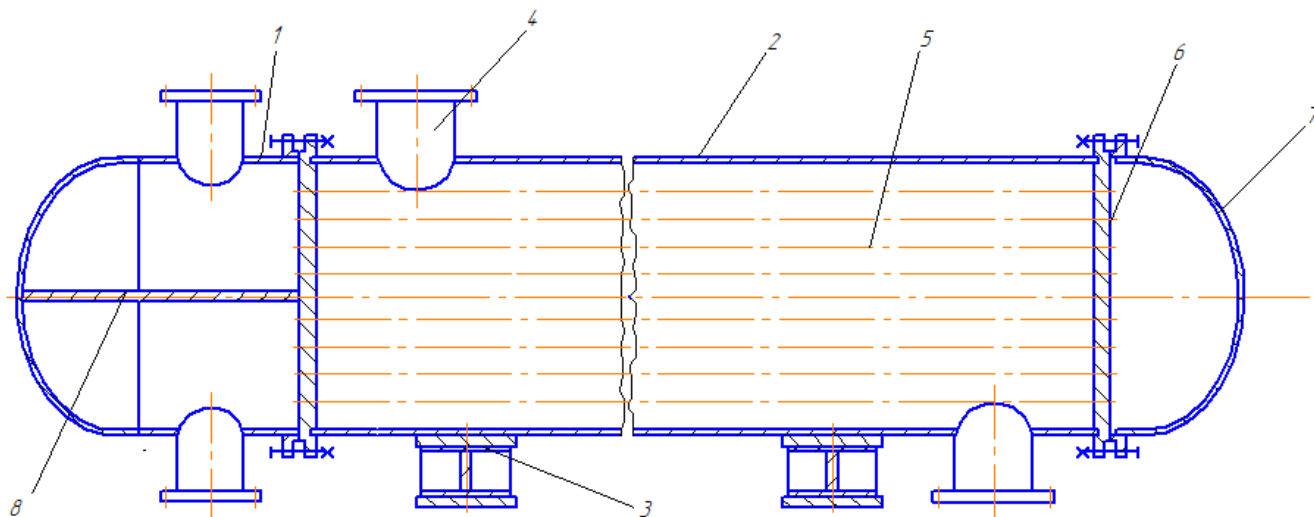


Рисунок 2.2 - Кожухотрубчатый горизонтальный многоходовой теплообменник - дефлегматор

- 1 - распределительная камера; 2 - греющая камера; 3 - опора; 4 - штуцер;  
5 - трубочка; 6 - трубная решетка; 7 - крышка; 8 - перегородка

Розроблений апарат являє собою горизонтальний кожухотрубний теплообмінник, стандартної конструкції, що має зовнішній діаметр, прийнятий у відповідності зі стандартним значенням ряду чисел, апарат встановлений на дві стандартні сідлові опори. Дефлегматор має розподільну камеру з перегородкою, що розділяє трубний простір на 2 ходи. Розподільна камера і еліптична задня кришка апарату з'єднані з кожухом фланцевими з'єднаннями.

Корпус і розподільна камера апарату виконані у вигляді циліндричних обичайок з листової сталі, виготовлених вальцюванням, з одним боковим зварним швом. Розподільна камера апарату забезпечена приварний стандартної еліптичної кришкою. Товщина стінки корпусу апарату визначена з розрахунку на міцність.

Трубні решітки, фланцеві, являють собою диски, в яких висвердлені отвори під трубки і служать разом з трубками для поділу трубного і міжтрубного простору. Розміщення отворів в решітках і їх крок регламентуються нормативними документами. Кріплення труб в трубних решітках виконано зварюванням, що обґрунтовано виробленими розрахунками.

Фланцеві з'єднання застосовані стандартні, проведені розрахунки показали їх надійність і відповідність умовам роботи апарату.

Апарат забезпечений стандартними технологічними штуцерами, що забезпечують вхід пари етанолу, вихід конденсату, вхід і вихід охолоджуючої рідини, вибір штуцерів підтверджений відповідними розрахунками. [3]

Ив. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Подп. и дата	
Изм	Лист







Коефіцієнт тепловіддачі при конденсації парів продукту розраховується [2, 166] за формулою:

$$\alpha_1 = 2,02 \cdot \varepsilon \sqrt[3]{\frac{n \cdot \rho_1^2 \cdot \ell \cdot \dot{Q}}{\mu_1 \cdot G}} \quad (2.11)$$

де  $\varepsilon = 0,7$ - усереднений коефіцієнт, що залежить від числа труб у вертикальному ряду [2, 165];  $n$ - число труб в апараті

$$\alpha_1 = 2,02 \cdot 0,7 \sqrt[3]{\frac{56 \cdot 738^2 \cdot 2}{0,425 \cdot 10^{-3} \cdot 0,12}} = 2524 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К.}$$

Термічний опір стінки труби з нержавіючої сталі:

$$\frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} = \frac{0,002}{17,5} = 1,42 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \text{К/Вт,}$$

де  $\lambda_{ст}$  - коефіцієнт теплопровідності нержавіючої сталі, Вт/м<sup>2</sup>К, [2, с.505];

$\delta_{ст}$  - товщина стінки труби, м.

Теплова провідність забруднень з боку етанолу [2, 507]

$$\frac{1}{r_{загрэ}} = 10000 \cdot 1,163 = 11630 \text{ Вт/м}^2 \text{К}$$

Теплова провідність забруднень з боку води [2, 507]

$$\frac{1}{r_{загрв}} = 2000 \text{ Вт/м}^2 \text{К}$$

Сумарний термічний опір стінки і забруднень розраховується [2,216] за формулою:

$$\sum r_{ст} = \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + \frac{1}{r_{загрэ}} + \frac{1}{r_{загрв}} \quad (2.12)$$

$$\sum r_{ст} = 1,42 \cdot 10^{-4} + \frac{1}{11630} + \frac{1}{2000} = 6,98 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \text{К/Вт}$$

Коефіцієнт теплопередачі до плоскої стінки, оскільки відношення  $d_v/d_n = 21/25 = 0,84$ , більше 5, [2, 216]

Тоді коефіцієнт теплопередачі розраховується [2, 216] за формулою:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum r_{ст} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (2.13)$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	6.133.20.08.00.00.00 ПЗ	Лист
											16



$$K = \frac{1}{\frac{1}{2524} + 6,98 \cdot 10^{-4} + \frac{1}{360,5}} = 260,21 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К.}$$

Необхідна площа поверхні теплообміну дефлегматора за формулою (2.5):

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

$$F = \frac{101,88 \cdot 10^3}{260,21 \cdot 49,2} = 7,96 \text{ м}^2,$$

близька до прийнятої попередньо поверхні теплообміну, рівної 9 м<sup>2</sup>.

Запас поверхні теплообміну буде дорівнює  $\frac{9-7,96}{9} \cdot 100 = 11,5\%$ , що

є допустимим значенням, а також буде забезпечувати повну конденсацію парів продукту.

За результатами проведених розрахунків приймаю кожухотрубний теплообмінник, що має наступні конструктивні параметри :

поверхня теплообміну	$F = 9 \text{ м}^2$ ;
діаметр кожуха	$D_H = 500 \text{ мм}$ ;
число ходів	$Z = 2$ ;
довжина труб	$l_T = 6000 \text{ мм}$ ;
розмір труб	$25 \times 2 \text{ мм}$ ;
площа прохідного перетину одного ходу	$f_{\text{тр}} = 0,01 \text{ м}^2$ .

Загальна кількість труб апарату  $n = 5$

Зробимо розрахунок діаметра штуцерів для проектованого дефлегматора. Діаметр штуцерів визначаємо з рівняння витрати. Витрати потоків беремо з матеріальних і теплових розрахунків.

$$\text{Об'ємна витрата парів етанолу: } V_{\text{II}} = \frac{G_1}{\rho_{\text{II}}},$$

де  $\rho_{\text{II}}$  – щільність парів етанолу, кг/м<sup>3</sup>, [ 4 , 333];

$$\rho_{\text{II}} = \frac{M_{\text{э}} \cdot T_0}{22,4 \cdot (273 + t_K)}, \quad (2.14)$$

де  $M_{\text{э}}$ - молекулярна маса етанолу, кг/кмоль, [ 4 , 174];

$$\rho_{\text{II}} = \frac{46 \cdot 273}{22,4(273+78,2)} = 1,596 \text{ кг/м}^3;$$

$$V_{\text{II}} = \frac{0,12}{1,596} = 7,51 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3/\text{с};$$

Ив. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Ив. № дубл.	Подп. и дата	Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	6.133.20.08.00.00.00 ПЗ	Лист
											17

Об'ємна витрата конденсату:

$$V_k = \frac{G_1}{\rho_1},$$

$$V_k = \frac{0,12}{738} = 1,62 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с};$$

Об'ємна витрата охолоджуючої води:

$$V_0 = \frac{G_2}{\rho_2},$$

$$V_0 = \frac{1,05}{996} = 1,05 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с};$$

Внутрішній діаметр трубопроводу входу парів етанолу розраховуємо [ 2 , 14] за формулою:

$$d_{\Pi} = \sqrt{\frac{V_{\Pi}}{0,785 \cdot \omega_{\Pi}}}, \quad (2.15)$$

де  $\omega_{\Pi}$ - рекомендована швидкість парів, м/с, [ 1, 187],

тоді, внутрішній діаметр трубопроводу входу парів етанолу:

$$d_{\Pi} = \sqrt{\frac{7,51 \cdot 10^{-2}}{0,785 \cdot 15}} = 7,9 \cdot 10^{-2} \text{ м};$$

По ОСТ 26-1404-76 вибираю для входу парів етанолу стандартний штуцер з  $D_y=100$  мм;  $p_y=0,6$ МПа. Так як обраний стандартний штуцер спроектований на умовний тиск, значно вище розрахункового, розрахунок товщини стінки штуцера проводити не будемо, прийнявши стандартне значення.

Внутрішній діаметр трубопроводу виходу конденсату етанолу розраховуємо за формулою (2.15) :

$$d_k = \sqrt{\frac{V_k}{0,785 \cdot \omega_k}},$$

де  $\omega_k$ - рекомендована швидкість конденсату, м/с, [ 1, 187],

тоді, внутрішній діаметр трубопроводу виходу конденсату продукту:

$$d_k = \sqrt{\frac{1,62 \cdot 10^{-4}}{0,785 \cdot 0,1}} = 0,045 \text{ м}.$$

Внутрішній діаметр трубопроводу входу і виходу охолоджуючої води розраховуємо за формулою (2.15) :

$$d_0 = \sqrt{\frac{V_0}{0,785 \cdot \omega_0}},$$

де  $\omega_0$ - рекомендована швидкість рідини в напірних трубопроводах, м/с, [ 2, 14],

$$d_0 = \sqrt{\frac{1,05 \cdot 10^{-3}}{0,785 \cdot 0,75}} = 0,042 \text{ м}.$$

Инд. № подл.	Подп. и дата				6.133.20.08.00.00.00 ПЗ	Лист
Взам. инв. №	Инд. № дубл.					18
Подп. и дата	Инд. № подл.	Изм	Лист	№ докум.		Подп.

Згідно з розрахунками приймаємо стандартні штуцера для виходу конденсату і входу і виходу охолоджуючої води по ОСТ 26-1404-76 з  $D_y=50$  мм;  $p_y=0,6$ МПа.

Так як вибрані стандартні штуцера спроектовані на умовний тиск, значно вище розрахункового, розрахунок товщини стінки штуцерів проводити не будемо, прийнявши стандартне значення по ОСТ 26-1404-76.

### 2.3 Гідравлічний опір апарата

Коефіцієнт тертя для охолоджуючої води розраховується [1, 155] за формулою:

$$\lambda = \frac{1}{(1,8 \cdot \lg R_e - 1,5)^2} \quad (2.16)$$

$$\lambda = \frac{1}{(1,8 \cdot \lg 2644 - 1,5)^2} = 0,046$$

Втрата тиску по довжині труб теплообмінника розраховується [1, 455]; [2, 25] за формулою:

$$\Delta p_T = \lambda \cdot \frac{z \cdot L_T \cdot \omega_2^2 \cdot \rho_2}{d_{вн}}, \quad (2.17)$$

де  $d_{вн}$ - внутрішній діаметр труб, м

$$\Delta p_D = 0,046 \cdot \frac{2 \cdot 2}{0,021} \cdot \frac{0,105^2 \cdot 996}{2} = 48,1 \text{ Па.}$$

Коефіцієнт місцевих опорів для трубного простору [1, 455]:

- вхідна або вихідна камера,  $\varepsilon_1 = 1,5$ ;
- вхід в труби або вихід з них,  $\varepsilon_2 = 1,0$ .
- поворот між ходами  $\varepsilon_3 = 2,5$

Втрати тиску на місцевих опорах по [1, 455], [2, 25]

$$\Delta p_M = \sum \varepsilon \cdot \frac{\omega_2^2 \cdot \rho_2}{2} \quad (2.18)$$

$$\Delta p_M = (2 \cdot 1,5 + 2 \cdot 1 + 2,5) \cdot \frac{0,105^2 \cdot 996}{2} = 41,17 \text{ Па.}$$

Загальна втрата тиску для охолоджуючої води

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

$$\Delta p = \Delta p_T + \Delta p_M = 48,1 + 41,17 = 89,27 \text{ Па.}$$

Гідравлічний опір апарату незначний.

## 2.4 Вибір допоміжного обладнання

Виконаємо розрахунок відцентрового насоса для подачі охолоджуючої води в конденсатор.

Об'ємний витрата води визначаємо за формулою [2, 43]:

$$V = \frac{G}{\rho}, \quad (2.19)$$

$$V = \frac{0,105}{996} = 0,105 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с},$$

у дефлегматорі під надлишковим тиском 0,2 МПа. Температура води 18° С; геометрична висота підйому 14 м. Довжина трубопроводу на лінії всмоктування 2 м, на лінії нагнітання 12 м. на лінії всмоктування встановлений один вентиль, на лінії нагнітання – один вентиль і дросельна заслінка, є також два коліна під кутом 90°. Прийmemo швидкість води у всмоктуючому і нагнітальному трубопроводах однаковою, рівною 0,75 м / с. тоді діаметр трубопроводу за формулою (2.15):

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

де  $\omega$  - швидкість води, м/с;

$$d = \sqrt{\frac{1,05 \cdot 10^{-3}}{0,785 \cdot 0,75}} = 0,042 \text{ м.}$$

Приймаємо трубопровід зі сталі Ст3, внутрішнім діаметром 0,05 м. Визначаємо величину критерію Рейнольдса за формулою [1, 144]:

$$Re = \frac{\omega \cdot d \cdot \rho_2}{\mu_2}, \quad (2.20)$$

$$Re = \frac{0,75 \cdot 0,05 \cdot 996}{0,804 \cdot 10^{-3}} = 46455,$$

режим руху турбулентний.

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

$$\frac{d}{e} = \frac{50}{0,2} = 250.$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	6.133.20.08.00.00.00 ПЗ	Лист
						20
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

За рис 1.5 [2, 20] знаходимо значення коефіцієнта тертя

$$\lambda = 0,028$$

Визначаємо суму коефіцієнтів місцевих опорів [4, 26]:  
для всмоктуючої лінії

- вхід в трубу  $\varepsilon = 0,5$ ;  
- вентиль  $\varepsilon = 4,4$   
 $\Sigma\varepsilon_{\text{вс}} = 0,5 + 4,4 = 4,9$ ;

для нагнітальної лінії

- вихід з труби  $\varepsilon = 1,0$ ;  
- нормальний вентиль  $\varepsilon = 4,4$ ;  
- дросельна заслінка  $\varepsilon = 0,9$ ;  
- коліно під кутом  $90^\circ$   $\varepsilon = 1,6$ .

Отож,

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

Визначаємо втрати напору:

у всмоктуючій лінії за формулою [1, 162 ] :

$$h_{\text{вс}} = \left( \lambda \cdot \frac{L_{\text{вс}}}{d} + \Sigma \zeta_{\text{вс}} \right) \cdot \frac{\omega^2}{2 \cdot g}, \text{ м}; \quad (2.21)$$

$$h_{\text{вс}} = \left( 0,028 \cdot \frac{2}{0,05} + 4,9 \right) \cdot \frac{0,75^2}{2 \cdot 9,81} = 0,17 \text{ м.}$$

нагнітальної лінії за формулою [1, 162]:

$$h_{\text{вс}} = \left( \lambda \cdot \frac{L_{\text{нр}}}{d} + \Sigma \zeta_{\text{нр}} \right) \cdot \frac{\omega^2}{2 \cdot g}, \text{ м}; \quad (2.22)$$

$$h_{\text{н}} = \left( 0,028 \cdot \frac{12}{0,05} + 9,5 \right) \cdot \frac{0,75^2}{2 \cdot 9,81} = 0,46 \text{ м.}$$

Загальні втрати напору:

$$h_{\text{п}} = 0,17 + 0,46 = 0,63 \text{ м}$$

Визначаємо повний натиск за формулою [2, 67]:

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	6.133.20.08.00.00.00 ПЗ	Лист
											21

$$H = \frac{\Delta p}{\rho_2 \cdot g} + H_a + h_i$$

де  $\Delta p$  – надмірний тиск, Па;  $H_r$  – геометричний напір, м;

$$H = \frac{0,2 \cdot 10^6}{996 \cdot 9,81} + 14 + 0,63 = 35,1 \text{ м.}$$

Потужність, споживана двигуном насоса визначається за формулою [2, 68]:

$$N_{\text{дв}} = \frac{\rho_2 \cdot g \cdot H \cdot V}{1000 \cdot \eta}, \text{ кВт} \quad (2.23)$$

де  $V$  – об'ємна витрата води, м<sup>3</sup>/с;  $\eta$  – загальний ККД. установка

$$\eta = \eta_{\text{дв}} \cdot \eta_{\text{н}} \cdot \eta_{\text{п}},$$

де  $\eta_{\text{дв}}$  – ККД. двигун;  $\eta_{\text{н}}$  – ККД. насоса;  $\eta_{\text{п}}$  – ККД. передачі.

$$\eta = 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,9 = 0,57$$

$$N_{\text{дв}} = \frac{996 \cdot 9,81 \cdot 35,1 \cdot 0,00105}{1000 \cdot 0,57} = 1 \text{ кВт.}$$

З урахуванням на всілякі перевантаження двигун до трубопроводу встановлюють дещо більшої потужності  $N_{\text{уст}}$ , ніж споживана потужність [2, 68]:

$$N_{\text{уст}} = \beta \cdot N_{\text{дв}},$$

де  $\beta$  – коефіцієнт запасу потужності, [2, 69]

$$N_{\text{уст}} = 1,5 \cdot 1 = 1,5 \text{ кВт.}$$

Встановлюємо при  $V = 3,78$  м<sup>3</sup>/ч відцентровий насос марки х 8/40 з наступною характеристикою: продуктивність 8 м<sup>3</sup>/ч, напор 40 м. [9]

Виробляємо вибір холодильника дистилату етанолу продуктивність холодильника становить 0,06 кг / с, початкова температура дистилату становить 78°C. Охолодження проводиться захолодженою водою, що має температуру 5°C. Приймаємо, що охолоджуюча вода нагрівається до температури 30°C. Кінцева температура охолодженого етанолу становить 30°C.

Витрата тепла, що передається від етанолу до води за формулою [1, 367]:

$$Q = G \cdot c \cdot (t_{\text{нг}} - t_{\text{нк}}), \quad (2.24)$$

де  $c$  – теплоємність етанолу, складова 3,46 кДж/кгК

Ив. № подл.	Подп. и дата				6.133.20.08.00.00.00 ПЗ	Лист
Взам. инв. №	Инв. № дубл.					22
Подп. и дата		Изм	Лист	№ докум.		Подп.



$$V_3 = 0,06/738 = 8,1 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$$

$$V_{\text{тр}} = 48 \cdot 3600 \cdot V_3 = 24 \cdot 3600 \cdot 8,1 \cdot 10^{-5} = 7,0 \text{ м}^3$$

Необхідна витрата резервуара

$$V_3 = V_{\text{тр}}/\varphi,$$

де  $\varphi$  – коефіцієнт заповнення при спокійному стані рідини, приймаю

$$\varphi = 0,7$$

$$V_3 = 7/0,7 = 10,0 \text{ м}^2$$

Згідно ГОСТ 9931-79 приймаю горизонтальний резервуар, що має номінальний обсяг  $V_{\text{нои}}=12,5 \text{ м}^3$ , внутрішній діаметр  $D_{\text{вн}}=2000\text{мм}$ , довжина  $L=3315\text{мм}$ .

Проведемо вибір матеріалу для виготовлення ємності:

По [9], в залежності від середовища, її концентрації і температури приймаємо для виготовлення ємності сталь 08X18H10T по ГОСТ 5632-72.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	6.133.20.08.00.00.00 ПЗ					Лист
										24
										Изм



## 3 Розрахунок апарата на міцність та герметичність

### 3.1 Вибір конструкторських матеріалів [1]

Вибір конструкційного матеріалу, який визначається умовами експлуатації проектного апарату (температура, тиск, величина навантаження, характер агресивного впливу середовища, вимоги до якості продукту тощо), слід виконувати так, щоб при розумному співвідношенні якості матеріалу і його вартості забезпечити ефективну технологію виготовлення розроблюваного апарату.

Вибір матеріалу для виготовлення дефлегматора проводиться в залежності від робочої температури, концентрацій середовищ, які беруть участь при роботі проектного дефлегматора на даному етапі технологічного процесу (етанол, вода). [ 9, 328-329]

Так як одержуваний в апараті дистиллят етанолу повинен відповідати вимогам відповідних технічних умов, що передбачають певні вимоги до його якості, в якості матеріалу для елементів конструкції дефлегматора, що контактують з етанолом, прийнята легована корозійностійка сталь аустенітного класу 08X18H10T по ГОСТ 5632-80, що відрізняється стійкістю майже до всіх зовнішніх впливів середовища. Сталь добре деформується в гарячому і холодному стані і легко зварюється, що полегшує виготовлення корпусних деталей методом гнуття і забезпечує високу якість зварних швів.

Як матеріал для елементів апарату, що не контактують з етанолом, прийнята конструкційна якісна сталь 20 по ГОСТ 5520-79. Вибір на користь цієї сталі, заснований на її порівняно невисокою, по відношенню до сталі 08X18H10T вартості, хорошою оброблюваності і високими фізико-механічними властивостями.

Матеріал прокладок-пароніт відповідно до ГОСТ 481-80 [ 9, 328-329]

Хімічний склад і механічні властивості сталі 08X18H10T представлені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1-хімічний склад і механічні властивості сталі 08X18H10T (основа – Fe).

C, %	Mn, %	Si, %	Cr, %	Ni, %	Cu, %	Ti, %	S, %	P, %	E-10 <sup>5</sup> , МПа	σ <sub>T</sub> , МПа	σ <sub>B</sub> , МПа	δ, %
0,08	2,0	0,8	17-18	2-11	0,3	0,8	0,02	0,035	2,0	210	530	40

Хімічний склад і механічні властивості сталі 20 представлені в таблиці 3.2

Таблиця 3.2.- Хімічний склад і механічні властивості сталі 20 (основа – Fe).

C, %	Mn, %	Si, %	Cr, %	Ni, %	Cu, %	As, %	S, %	P, %	E-10 <sup>5</sup> , МПа	σ <sub>T</sub> , МПа	σ <sub>B</sub> , 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	1,99	220	400	23

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

6.133.20.08.00.00.00 ПЗ

Лист  
25

Изм Лист № докум. Подп. Дата

### 3.2 Розрахунок товщини стінки апарату

Прийmemo коефіцієнт міцності зварного шва  $\varphi = 1$  (автоматична дугова електрозварювання), нормативні допустимі напруги ( $\sigma$ ) для сталі 08X18H10T при  $t = 80^\circ\text{C}$ ,  $20^\circ\text{C}$ : [6, 11]

$$\sigma_{80} = 134 \text{ МПа}; \sigma_{20} = 140 \text{ МПа}$$

Тиск етанолу в міжтрубному просторі  $p_m = 1 \text{ ата} = 0,1 \text{ МПа}$ .

Тиск води в трубному просторі  $p_r = 1,6 \text{ ата} = 0,16 \text{ МПа}$ .

В якості розрахункового тиску приймаю максимальний тиск, що виникає в процесі роботи апарату  $p_{\text{раб}} = p_{\text{расч}} = 0,16 \text{ МПа}$ .

Для листового матеріалу допустимі напруги (при  $20^\circ\text{C}$ ; при  $80^\circ\text{C}$ )

по [6, 9] формулі:

$$[\sigma] = \sigma \cdot \eta, \quad (3.1)$$

де  $\eta$  - поправочний коефіцієнт, що враховує вид заготовки [6, 10]

$$[\sigma]_{20} = 140 \cdot 1 = 140 \text{ МПа}; [\sigma]_{80} = 134 \cdot 1 = 134 \text{ МПа}.$$

Розрахункову товщину стінки  $s_p$  визначаємо [6, 18] за формулами:

$$s_p = \max \left\{ \begin{array}{l} p_p \cdot D / (2 \cdot \varphi [\sigma]_{80} - p_p) \\ p_r \cdot D / (2 \cdot \varphi [\sigma]_и - p_r) \end{array} \right\} \quad (3.2)$$

$D$  – внутрішній діаметр апарату, м

$p_r$  - пробний тиск при гідравлічних випробуваннях, МПа

$[\sigma]_и$  – допустима напруга для матеріалу кожуха при проведенні гідравлічних випробувань, МПа [6, 9]:

$$[\sigma]_и = \sigma_{т20} / 1,1 \quad (3.3)$$

$\sigma_{т20}$  – мінімальне значення межі плинності для матеріалу корпусу при температурі  $+20^\circ\text{C}$ ,  $\sigma_{т20} = 210 \text{ МПа}$  [6, 282]

1,1 – коефіцієнт запасу міцності по межі плинності (при гідравлічних випробуваннях)

$$[\sigma]_и = 210 / 1,1 = 190,91 \text{ МПа}$$

При  $p < 0,5 \text{ МПа}$   $p_r = 1,5 \cdot p \cdot [\sigma]_{20} / [\sigma]_{80}$  (но не менше  $0,2 \text{ МПа}$ ) [6, 9] (3.4)

$$p_r = \frac{1,5 \cdot 0,16 \cdot 140}{134} = 0,25 \text{ МПа}$$

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

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	6.133.20.08.00.00.00 ПЗ	Лист
						26



при випробуваннях

$$[p] = 2 \cdot \varphi \cdot [\sigma]_{\text{и}} \cdot (s - c) / (D + s - c); \quad (3.8)$$

$$[p] = 2 \cdot 1 \cdot 190,91 \cdot (4 \cdot 10^{-3} - 3,9 \cdot 10^{-4}) / (0,5 + 4 \cdot 10^{-3} - 3,9 \cdot 10^{-4}) = 4,346 \text{ МПа.}$$

Умова застосовності формул по [6, 19]:

$$(s - c) / D \leq 0,1 \quad (3.9)$$

$$(4 \cdot 10^{-3} - 3,9 \cdot 10^{-4}) / 0,5 = 0,013 < 0,1 - \text{умова виконується.}$$

### 3.3 Розрахунок товщини кришки апарату

Прийmemo коефіцієнт міцності зварного шва  $\varphi = 1$  (автоматична дугова електрозварювання), нормативні допустимі напруги ( $\sigma$ ) для сталі 20 при  $t = 80^\circ\text{C}$ ,  $20^\circ\text{C}$ : [6, 11]

$$\sigma_{80} = 142 \text{ МПа}; \quad \sigma_{20} = 147 \text{ МПа}$$

В якості розрахункового тиску приймаю максимальний тиск, що виникає в процесі роботи апарату  $p_{\text{раб}} = p_{\text{расч}} = 0,16 \text{ МПа}$ .

Для листового матеріалу допустимі напруги (при  $20^\circ\text{C}$ ; при  $80^\circ\text{C}$ ) по (3.1):

$$[\sigma] = \sigma \cdot \eta,$$

де  $\eta$  - поправочний коефіцієнт, що враховує вид заготовки [6, 10]

$$[\sigma]_{20} = 147 \cdot 1 = 147 \text{ МПа}; \quad [\sigma]_{80} = 142 \cdot 1 = 142 \text{ МПа.}$$

Розрахункову товщину стінки еліптичної кришки  $s_e$  визначаємо за формулами [6, 20]:

$$s_{e,p} = \max \left\{ \begin{array}{l} p_p \cdot D / (2 \cdot \varphi [\sigma]_{80} - 0,5 \cdot p_p) \\ p_{\text{и}} \cdot D / (2 \cdot \varphi [\sigma]_{\text{и}} - 0,5 \cdot p_{\text{и}}) \end{array} \right\} \quad (3.10)$$

$D$  – внутрішній діаметр кришки, м

$p_{\text{и}}$  – пробний тиск при гідравлічних випробуваннях, МПа

$[\sigma]_{\text{и}}$  – допустима напруга для матеріалу кришки при проведенні гідравлічних випробувань, МПа [6, 9]:

$$[\sigma]_{\text{и}} = \sigma_{\tau 20} / 1,1$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	6.133.20.08.00.00.00 ПЗ	Лист
						28
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

$\sigma_{T20}$  – мінімальне значення межі плинності для матеріалу корпусу при температурі + 20°C,  $\sigma_{T20} = 220$  МПа [6, 282]

1,1 – коефіцієнт запасу міцності по межі плинності (при гідравлічних випробуваннях)

$$[\sigma]_и = 220/1,1 = 200 \text{ МПа}$$

При  $p < 0,5$  МПа  $p_и = 1,5 \cdot p \cdot [\sigma]_{20}/[\sigma]_{80}$  (не менше 0,2 МПа) [6, 9]

$$p_и = \frac{1,5 \cdot 0,16 \cdot 147}{142} = 0,248 \text{ МПа}$$

Розрахункова товщина стінки еліптичної кришки

$$s_{э,р} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,16 \cdot 0,5 / (2 \cdot 1 \cdot 142 - 0,5 \cdot 0,16) = 1,88 \cdot 10^{-4} \text{ м} \\ 0,248 \cdot 0,5 / (2 \cdot 1 \cdot 200 - 0,5 \cdot 0,248) = 1,96 \cdot 10^{-4} \text{ м} \end{array} \right\}$$

Приймаю  $s_p = 1,96 \cdot 10^{-4}$  м

Виконавча товщина стінки кришки  $s_э$  по (3.5) :  $s = s_p + c + c_0$ ,

де  $c_0$ - надбавка на округлення розміру до стандартного значення, м;

$c$ - надбавка до розрахункових товщин конструктивних елементів, визначається (3.6) за формулою:  $c = c_1 + c_2 + c_3$ , м,

де  $c_1$ - надбавка для компенсації корозії і ерозії

$$c_1 = \tau \cdot \Pi + c_э,$$

де  $c_э$ - надбавка на ерозію, м;

$\tau$ - термін служби апарату, років;

$\Pi$ - проникність середовища, м/год;

$$c_1 = 15 \cdot 1 \cdot 10^{-4} + 0 = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

$c_2$ - надбавка, для компенсації мінусового допуску, м;

$c_3$ - технологічна надбавка, м;

$$c = 1,5 \cdot 10^{-3} + 0 + 0 = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Для забезпечення необхідної жорсткості кришки апарату величину  $c_0$  приймаю рівною  $2,304 \cdot 10^{-3}$  м.

Виконавча товщина стінки кришки:

$$s_э = 1,96 \cdot 10^{-4} + 1,5 \cdot 10^{-3} + 2,304 \cdot 10^{-3} = 4 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Ив. № подл.	Подп. и дата	Ив. № дубл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Ив. № дубл.	6.133.20.08.00.00.00 ПЗ				Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	29					

Допускаемое тиск [6, 20] визначається за формулою:

$$\text{в робочому стані } [p] = 2 \cdot \varphi \cdot [\sigma]_{80} \cdot (s_0 - c) / [D + 0,5 \cdot (s_0 - c)]; \quad (3.11)$$

$$[p] = 2 \cdot 1 \cdot 142 \cdot (4 \cdot 10^{-3} - 1,5 \cdot 10^{-3}) / [0,5 + 0,5 \cdot (4 \cdot 10^{-3} - 1,5 \cdot 10^{-3})] = 2,23 \text{ МПа.}$$

$$\text{при випробуваннях } [p] = 2 \cdot \varphi \cdot [\sigma]_{и} \cdot (s_0 - c) / [D + 0,5 \cdot (s_0 - c)]; \quad (3.12)$$

$$[p] = 2 \cdot 1 \cdot 200 \cdot (4 \cdot 10^{-3} - 1,5 \cdot 10^{-3}) / [0,5 + 0,5 \cdot (4 \cdot 10^{-3} - 1,5 \cdot 10^{-3})] = 3,14 \text{ МПа.}$$

Умова застосовності формул по [6, 20] :

$$(s_0 - c) / D \leq 0,1 \quad (3.13)$$

$$(4 \cdot 10^{-3} - 1,5 \cdot 10^{-3}) / 0,5 = 0,0078 < 0,1 - \text{умова виконується.}$$

### 3.4 Розрахунок фланцевого з'єднання

Фланцеве з'єднання кришки і корпусу апарату при  $D_n = 500$  мм і  $p = 0,16$  МПа вибирається по ГОСТ 12828-67 з плоскими приварними фланцями і ущільнювальної поверхнею виступ-западина.

Наявність перехідної втулки в корпусі апарату не передбачається, тому по [6, 94]

$$s_0 = s = 0,004 \text{ м.}$$

де  $s = 0,004$  м – товщина стінки обичайки апарату.

Визначимо діаметр болтової окружності [8, 263] за формулою:

$$D_6 = D + 2 \cdot (2 \cdot s_0 + d_6 + u), \quad (3.14)$$

де  $d_6 = 0,02$  м – діаметр болтів при  $D_n = 0,5$  м і  $p = 0,16$  МПа (табл. 1.40 [6]);  $u = 0,006$  м – нормативний зазор між гайкою і втулкою (табл. 9 [8]);  $D$  – внутрішній діаметр апарату, м.

$$D_6 = 0,5 + 2 \cdot (2 \cdot 0,004 + 0,02 + 0,006) = 0,590 \text{ м,}$$

приймати  $D_6 = 0,59$  м. (см. с.214 [8]).

По [8, 264] зовнішній діаметр фланця

$$D_\phi \geq D_6 + a, \quad (3.15)$$

Ив. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Ив. № дубл.	Подп. и дата	Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	6.133.20.08.00.00.00 ПЗ	Лист
											30

де  $a = 0,04$  м (табл.13.27 [8])

$$D_{\phi} = 0,59 + 0,04 = 0,63 \text{ м,}$$

приймати  $D_{\phi} = 0,63$  м [ 8, 214].

Зовнішній діаметр прокладки визначається [6, 96] за формулою

$$D_{\Pi} \geq D_{\phi} - e, \quad (3.16)$$

де  $e = 0,03$  м [8, табл.13.27];

$$D_{\Pi} = 0,59 - 0,03 = 0,56 \text{ м,}$$

Середній Діаметр прокладки [6, 96]

$$D_{\text{ср.п}} \geq D_{\Pi} - b_{\Pi}, \quad (3.17)$$

де  $b_{\Pi} = 0,015$  м – ширина прокладки [8, 262];

$$D_{\text{ср.п}} = 0,56 - 0,015 = 0,55 \text{ м.}$$

Ефективна ширина прокладки [6, 97];

$$b_{\text{а}} = b = 0,015 \text{ м;}$$

Застосовуємо Матеріал прокладки-пароніт по ГОСТ 481-80 товщиною 0,002м.

Кількість болтів, необхідне для забезпечення герметичності з'єднання, визначається [8, 264] за формулою

$$Z_{\phi} = \frac{\pi \cdot D_{\phi}}{t_{\phi}}, \quad (3.18)$$

де  $t_{\phi}$  – шаг болтів,  $t_{\phi} = (4,2 \div 5) \cdot d_{\phi} = 6 \cdot 0,020 = 0,1$  м [8, табл.13.29]

$$Z_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 0,59}{0,1} = 11,73.$$

Приймаємо найближче більше кратне чотирьом значення  $Z_{\phi} = 12$ .

Товщина фланця визначається [6, 96] за формулою

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

$$h = \lambda \cdot \sqrt{D \cdot s_e}, \quad (3.19)$$

де  $\lambda = 0,38$  – коефіцієнт [8, рис.13.14];  $s_e$  – еквівалентна товщина втулки фланця, для плоских приварних фланців  $s_e = s_0$  [8, 266]

$$h = 0,38 \cdot \sqrt{0,5 \cdot 0,004} = 0,0135 \text{ м},$$

для забезпечення жорсткості з'єднання приймаємо  $h = 18$  мм.

Розрахункова довжина болта між опорними поверхнями головки болта і гайки, м по [6, 99]

$$l_{\text{б}} = l_{\text{б0}} + 0,28 \cdot d_{\text{б}}; \quad (3.20)$$

$$l_{\text{б0}} = 2 \cdot (h + s_{\text{п}});$$

$$l_{\text{б0}} = 2 \cdot (0,018 + 0,002) = 0,040 \text{ м};$$

$$l_{\text{б}} = 0,04 + 0,28 \cdot 0,020 = 0,0456 \text{ м};$$

приймати  $l_{\text{б}} = 0,075$  м.

Навантаження, що діє на фланцеве з'єднання визначається [6, 103] за формулою:

$$Q_{\text{д}} = \frac{p_{\text{р}} \cdot \pi \cdot D_{\text{ср.п}}^2}{4}, \quad (3.21)$$

де  $p = 0,16$  МПа - розрахунковий тиск в апараті;  $D_{\text{ср.п}} = 0,35$  м - середній діаметр прокладки

$$Q_{\text{д}} = \frac{0,16 \cdot 3,14 \cdot 0,35^2}{4} = 0,0153 \text{ МН}.$$

Реакція прокладки в робочих умовах по [6, 97]

$$R_{\text{п}} = \pi \cdot D_{\text{ср.п}} \cdot b_{\text{е}} \cdot m \cdot p_{\text{р}}, \quad (3.22)$$

де  $m = 2,5$  – коефіцієнт, що залежить від матеріалу прокладки (табл.1.44 [6]);

$$R_{\text{п}} = 3,14 \cdot 0,35 \cdot 0,015 \cdot 2,5 \cdot 0,16 = 0,0066 \text{ МН}.$$

Инв. № подл.	Подп. и дата				6.133.20.08.00.00.00 ПЗ	Лист	
Взам. инв. №	Инв. № дубл.					32	
Подп. и дата		Изм	Лист	№ докум.		Подп.	Дата



Зусилля, що виникає від температурних деформацій для плоских приварних фланців з різних матеріалів [8, 271]

$$Q_t = \gamma \cdot z_{\phi} \cdot f_{\phi} \cdot E_{\phi} \cdot [0,5 \cdot (\alpha_{\phi 1} + \alpha_{\phi 2}) \cdot t_{\phi} - \alpha_{\phi} \cdot t_{\phi}], \quad (3.23)$$

де  $\alpha_{\phi 1}, \alpha_{\phi 2}$  – коефіцієнти лінійного розширення фланців з різних матеріалів,  $с^{-1}$ ;  $\alpha_{\phi}$  – коефіцієнт лінійного розширення матеріалу болтів,  $с^{-1}$ ;  $t_{\phi} = 0,96 \cdot t = 0,96 \cdot 78,2 = 75^{\circ}C$  – розрахункова температура неізолюваних фланців;  $t_{\phi} = 0,95 \cdot t = 0,95 \cdot 78,2 = 74,2^{\circ}C$  – розрахункова температура неізолюваних болтів;  $\gamma$  – безрозмірний коефіцієнт;  $Z_{\phi}$  – Кількість болтів;  $f_{\phi}$  – площа поперечного перерізу болта,  $м^2$ ;  $E_{\phi}$  – модуль поздовжньої пружності матеріалу болтів-сталі 20к при  $t_{\phi} = 74,2^{\circ}C$ , МПа.

$$\gamma = A \cdot Y_{\phi}, \quad [8, 270] \quad (3.24)$$

де  $Y_{\phi}$  – лінійна податливість болта по [6, 104]

$$Y_{\phi} = \frac{l_{\phi}}{E_{\phi} \cdot f_{\phi} \cdot Z_{\phi}} \quad (3.25)$$

$$Y_{\phi} = \frac{0,075}{1,91 \cdot 10^5 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4} \cdot 12} = 1,39 \cdot 10^{-4} \text{ м/МН}; [8, 270]$$

$$A = [Y_{\pi} + Y_{\phi} + 0,25 \cdot (Y_{\phi 1} + Y_{\phi 2}) \cdot (D_{\phi} - D_{\text{ср.п}})^2]^{-1}, \quad (3.26)$$

де  $Y_{\pi}$  – лінійна податливість прокладки;  $Y_{\phi} = Y_{\phi 1} = Y_{\phi 2}$  – кутова податливість фланців з різних матеріалів по [8, 269];

$$Y_{\pi} = \frac{S_{\pi}}{\pi \cdot D_{\text{ср.п}} \cdot b_{\pi} \cdot E_{\pi}}, \text{ м/МН}; \quad (3.27)$$

$$Y_{\pi} = \frac{0,002}{3,14 \cdot 0,35 \cdot 0,015 \cdot 2000} = 6,06 \cdot 10^{-5} \text{ м/МН};$$

[6, 104]

$$Y_{\phi} = \frac{[1 - \omega \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda)] \cdot \psi_2}{h^3 \cdot 0,5 \cdot (E_{\phi 1} + E_{\phi 2})},$$

де  $\omega$  – безрозмірний параметр [6, 104];  $\psi_2$  – коефіцієнт, який визначається за рис.13.17[8].

$$\omega = [1 + 0,9 \cdot \lambda \cdot (1 + \psi_1 \cdot j^2)]^{-1}, \quad (3.28)$$

Ив. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Ив. № дубл.	Подп. и дата
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
6.133.20.08.00.00.00 ПЗ				Лист
				33

де  $\psi_{1,j}$  – коефіцієнт

$$\psi_1 = 1,28 \cdot \lg K;$$

$$K = \frac{D_\phi}{D} \text{ – для плоских фланців;}$$

$$K = \frac{0,435}{0,317} = 1,37;$$

[6, 104]

$$\psi_1 = 1,28 \cdot \lg 1,37 = 0,17,$$

$$\psi_2 = \frac{D_\phi + D}{D_\phi - D} = \frac{0,435 + 0,317}{0,435 - 0,317} = 6,37;$$

[6, 104]

$$j = \frac{h}{s_e} = \frac{0,018}{0,004} = 4,5.$$

Тоді

$$\omega = [1 + 0,9 \cdot 0,38 \cdot (1 + 0,17 \cdot 4,5^2)]^{-1} = 0,397;$$

$$Y_\phi = \frac{[1 - 0,397 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,38)] \cdot 6,37}{0,018^3 \cdot 0,5 \cdot (1,91 \cdot 10^5 + 2 \cdot 10^5)} = 2,61 \text{ (МН} \cdot \text{м)}^{-1};$$

$$A = [6,06 \cdot 10^{-5} + 1,39 \cdot 10^{-4} + 0,25 \cdot (2,61 + 2,61) \cdot (0,59 - 0,35)^2]^{-1} = 92,8 \text{ МН/м;}$$

$$\text{Отож } \gamma = 92,8 \cdot 1,39 \cdot 10^{-4} = 1,289 \cdot 10^{-2};$$

зусилля, що виникає від температурних деформацій

$$Q_t = 1,289 \cdot 10^{-2} \cdot 12 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4} \cdot 1,91 \cdot 10^5 \cdot [0,5 \cdot (16,6 \cdot 10^{-6} + 12 \cdot 10^{-6}) \cdot 75 - 12 \cdot 10^{-6} \cdot 74,2] = 1,264 \cdot 10^{-3} \text{ МН}$$

Визначимо коефіцієнт жорсткості фланцевого з'єднання [6, 104] за формулою:

$$k_{ж} = \frac{Y_\phi + 0,5 \cdot Y_\phi \cdot (D_\phi - D - s_o) \cdot (D_\phi - D_{ср.п})}{Y_\pi + Y_\phi + Y_\phi \cdot (D_\phi - D_{ср.п})^2} \quad (3.29)$$

$$k_{ж} = \frac{1,39 \cdot 10^{-4} + 0,5 \cdot 2,61 \cdot (0,59 - 0,55 - 0,004) \cdot (0,59 - 0,35)}{6,06 \cdot 10^{-5} + 1,39 \cdot 10^{-4} + 2,61 \cdot (0,59 - 0,55)^2} = 0,774$$

Визначимо болтову навантаження в умови монтажу [6, 104] за формулою:

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Лист
6.133.20.08.00.00.00 ПЗ					

$$p_{61} = \max \left\{ \begin{array}{l} k_{ж} \cdot Q_{д} + R_n \\ 0,5 \cdot \pi \cdot D_{ср.п} \cdot b_{п} \cdot p_{пр} \end{array} \right\}, \quad (3.30)$$

де  $p_{пр}$  – пробний тиск стиснення прокладки, для пароніту по табл.1.44 [6]  
 $p_{пр} = 20$  МПа.

$$p_{61} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,774 \cdot 0,0153 + 0,0066 \\ 0,5 \cdot 3,14 \cdot 0,55 \cdot 0,015 \cdot 20 \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,0184 \\ 0,164 \end{array} \right\} = 0,164 \text{ МН.}$$

При робочих умовах [6, 104]

$$p_{62} = p_{61} + (1 - k_{ж}) \cdot Q_{д} + Q_t \quad (3.31)$$

$$p_{62} = 0,164 + (1 - 0,774) \cdot 0,0154 + 0,001264 = 0,168 \text{ МН.}$$

Перевірка міцності і герметичності з'єднання  
 умова міцності болтів визначається [6, 105] за формулами:

$$\frac{p_{61}}{Z_6 \cdot f_6} \leq [\sigma_6]^{20}, \quad (3.32)$$

$$\frac{p_{62}}{Z_6 \cdot f_6} \leq [\sigma_6]^t, \quad (3.33)$$

де  $[\sigma_6]^{20} = 147$  МПа – для матеріалу болтів при температурі 20°C;  
 $[\sigma_6]^t = 142$  МПа – для матеріалу болтів при температурі 74,2°C.

$$\frac{0,164}{12 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4}} = 58,15 \text{ МПа} < 147 \text{ МПа} \text{ – умова виконується;} \quad [6, 98]$$

$$\frac{0,168}{12 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4}} = 59,57 \text{ МПа} < 142 \text{ МПа} \text{ – умова виконується.}$$

Визначимо наведений згинальний момент за формулою 1.145 [6]

$$M_0 = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,5 \cdot (D_6 - D_{ср.п}) \cdot p_{61} \\ 0,5 \cdot [ (D_6 - D_{ср.п}) \cdot p_{62} + Q_{д} \cdot (D_{ср.п} - D - s_e) ] \cdot [\sigma]^{20} / [\sigma]^t \end{array} \right\} \quad (3.34)$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	6.133.20.08.00.00.00 ПЗ	Лист
											35

$$M_0 = \left\{ \begin{array}{l} 0,5 \cdot (0,59 - 0,35) \cdot 0,164 \\ 0,5 \cdot [(0,59 - 0,35) \cdot 0,168 + 0,0153 \cdot (0,55 - 0,55 - 4 \cdot 10^{-3})] \cdot 147/142 \end{array} \right\} = 0,00369$$

$$= \max \quad = 0,00414 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

$$0,00414$$

За формулою [6, 105] для прокладки з пароніту

$$\frac{P_{\text{бmax}}}{\pi \cdot D_{\text{ср.п}} \cdot b} \leq [p_{\text{пр}}] \quad (3.35)$$

де  $[p_{\text{пр}}]$  – допустимий тиск на прокладку по табл. 1.44 [6], МПа;

$$\frac{P_{\text{бmax}}}{\pi \cdot D_{\text{ср.п}} \cdot b} = \frac{0,168}{3,14 \cdot 0,55 \cdot 0,015} = 10,24 \text{ МПа} < 130 \text{ МПа},$$

умова міцності виконується.

Для перетину, обмеженого розміром  $s_0$  перевіряємо умова [6, 101] за формулою:

$$\sqrt{(\sigma_0 + \sigma_m)^2 + \sigma_t^2} - (\sigma_0 + \sigma_m) \cdot \sigma_t < \varphi \cdot [\sigma_0], \quad (3.36)$$

де  $\sigma_0$  – Максимальна напруга в перерізі, обмеженому розміром  $s_0$ , яка визначається за формулою 1.148 [6];  $\varphi = 0,95$  – коефіцієнт міцності зварних швів;  $[\sigma_0]$  – допустима напруга для фланця в перетині  $s$  при кількості навантажень з'єднання (збірка-розбирання) не більше  $2 \cdot 10^3$ ;  $\sigma_t$  – тангенціальна напруга у втулці від внутрішнього тиску;  $\sigma_m$  – меридіональна напруга у втулці від внутрішнього тиску; за формулою 1.149 [6]

$$\sigma_m = \frac{p_p \cdot D}{4 \cdot (s_0 - c_1)} \quad (3.37)$$

$$\sigma_m = \frac{0,16 \cdot 0,5}{4 \cdot (0,004 - 0,00039)} = 3,5 \text{ МПа};$$

за формулою [6, 102]

$$\sigma_t = \frac{p_p \cdot D}{2 \cdot (s_0 - c)} \quad (3.38)$$

$$\sigma_t = \frac{0,16 \cdot 0,5}{2 \cdot (0,004 - 0,00039)} = 7,02 \text{ МПа};$$

за формулами [6, 100, 102]

$$\sigma_0 = \psi_3 \cdot \frac{T \cdot M_0 \cdot \omega}{D \cdot (s - c_1)^2}, \quad (3.39)$$

де  $\psi_3 = 1$  – для плоских приварних фланців;  $T_{\text{ср}}$  – безрозмірний коефіцієнт, розраховується [6, 101] за формулою

Подп. и дата										
Инв. № дубл.										
Взам. инв. №										
Подп. и дата										
Инв. № подл.										
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	6.133.20.08.00.00.00 ПЗ					Лист
										36

$$T = \frac{D_{\phi}^2 \cdot \left(1 + 8,55 \cdot \lg \frac{D_{\phi}}{D}\right) - D^2}{(1,05 \cdot D^2 + 1,945 \cdot D_{\phi}^2) \cdot \left(\frac{D_{\phi}}{D} - 1\right)} \quad (3.40)$$

де  $D_H = 0,55$  м – зовнішній діаметр прокладки;

$$T_{cp} = \frac{0,435^2 \cdot \left(1 + 8,55 \cdot \lg \frac{0,435}{0,317}\right) - 0,317^2}{(1,05 \cdot 0,317^2 + 1,945 \cdot 0,435^2) \cdot \left(\frac{0,435}{0,317} - 1\right)} = 1,76$$

$$\sigma_0 = \frac{1 \cdot 1,76 \cdot 0,00414 \cdot 0,397}{0,317 \cdot (0,004 - 0,00039)^2} = 70,3 \text{ МПа};$$

$$[\sigma]_0 = 0,003 \cdot E_{\phi} = 0,003 \cdot 1,91 \cdot 10^5 = 570 \text{ МПа.}$$

Умова міцності

$$\sqrt{(70,3 + 3,5)^2 + 7,02^2} - (70,3 + 3,5) \cdot 7,02 = 71,2 \text{ МПа} < 0,95 \cdot 570 \text{ МПа}$$

71,2 МПа < 541,5 МПа – умова міцності виконано.

Окружний тиск в кільці фланця [6, 108]

$$\sigma_k = \frac{M_0 \cdot [1 - \omega \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda_{\delta})] \cdot \psi_2}{(D \cdot h^2)} \quad (3.41)$$

$$\sigma_k = \frac{0,00414 \cdot [1 - 0,397 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,38)]}{0,317 \cdot 0,018^2} = 18,99 \text{ МПа.}$$

Визначаємо кут повороту фланця [6, 102] за формулою

$$\Theta = \frac{\sigma_k \cdot D}{E_{\phi} \cdot h} \leq [\Theta], \quad (3.42)$$

де  $[\Theta] = 0,009$  рад – допустимий кут повороту фланця

$$\Theta = \frac{18,99 \cdot 0,317}{1,91 \cdot 10^5 \cdot 0,018} = 0,0017 \text{ рад,}$$

тобто умова герметичності з'єднання виконується.

Инг. № подл.	Подп. и дата				6.133.20.08.00.00.00 ПЗ	Лист		
Взам. инв. №	Инв. № дубл.					37		
Подп. и дата				Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

### 3.5 Розрахунок напруг в корпусі і трубах апарату

Визначаю температурні зусилля в апараті [4 , 96] за формулою

$$Q = \frac{\alpha_k \cdot t_k - \alpha_T \cdot t_T}{\frac{1}{E_k \cdot F_k} + \frac{1}{E_T \cdot F_T}}, \text{ МН} \quad (3.43)$$

$\alpha_T, \alpha_k$ - коефіцієнт лінійного розширення відповідно для матеріалу труб і кожуха,  $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ;

$t_T, t_k$  - температура труб і кожуха,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$E_k, E_T$ - модуль пружності для матеріалу кожуха і труб, МПа;

$F_k, F_T$ - площа поперечного перерізу відповідно кожуха і труб,  $\text{м}^2$ .

$$F_k = \pi \cdot D_{cp} \cdot s,$$

де  $D_{cp}$ - середній діаметр апарату, м;

$$F_k = 3,14 \cdot (0,55 + 2 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 10^{-3}) \cdot 4 \cdot 10^{-3} = 4,03176 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

$$F_T = 0,785 \cdot (d_n^2 - d_{вн}^2) \cdot n,$$

де  $d_n, d_{вн}$ - зовнішній і внутрішній діаметр труб, м;

$$F_T = 0,785 \cdot (0,025^2 - 0,021^2) \cdot 56 = 8,08864 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

$$\alpha_T, \alpha_k = 16,6 \cdot 10^{-6} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1} \quad [6, 286]$$

$$E_k, E_T = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа} \quad [6, 285]$$

$$Q = \frac{16,6 \cdot 10^{-6} \cdot 78,2 - 16,6 \cdot 10^{-6} \cdot 45}{\frac{1}{2 \cdot 10^5 \cdot 4,03176 \cdot 10^{-3}} + \frac{1}{2 \cdot 10^5 \cdot 8,08864 \cdot 10^{-3}}} = 0,296579 \text{ МН}$$

Определяем напряжение в корпусе:

$$\sigma_k = \frac{Q}{F_k} = \frac{0,296579}{4,03176 \cdot 10^{-3}} = 73,56 \text{ МПа.}$$

Визначаємо напругу в трубах:

$$\sigma_T = \frac{Q}{F_T} = \frac{0,296579}{8,08864 \cdot 10^{-3}} = 36,66 \text{ МПа.}$$

Инов. № подл.	Подп. и дата				6.133.20.08.00.00.00 ПЗ	Лист
Взам. инв. №	Инов. № дубл.					38
Подп. и дата	Подп. и дата	Изм	Лист	№ докум.		Подп.



Перевіряю з'єднання труб з трубної ґратами зварюванням [ 4 , 97] за формулою

$$\tau = \frac{q}{\pi \cdot d_H \cdot (\Delta - c) \cdot \varphi} \leq 80 \text{ МПа}, \quad (3.44)$$

де  $\Delta$ - катет зварного шва, м;  
 $\Delta = 0,8 \cdot s = 0,8 \cdot 0,002 = 1,6 \cdot 10^{-3}$  м, де  $s$ - товщина труб, м;  
 $\varphi$  – коефіцієнт міцності зварного шва,  $\varphi = 0,95$ ;  
 $c$ - надбавка на корозію, м.

$$\tau = \frac{5,443 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 0,025 \cdot (1,6 \cdot 10^{-3} - 3,9 \cdot 10^{-4}) \cdot 0,97} = 60,3 \text{ МПа} < 80$$

МПа

З'єднання труб з трубної ґратами приймаю зварюванням.

### 3.7 Розрахунок товщини між трубної решітки

Визначаю товщину трубної решітки за двома формулами [ 4 , 96] і приймаю більше значення:

$$S_p = \frac{C_M \cdot D}{2} \cdot \sqrt{\frac{0,2 \cdot p_M}{[\sigma] \cdot \Psi} + c} \quad (3.45)$$

$$S_p = 1,1 \cdot K_I \cdot C_T \cdot D_{BH} \cdot \sqrt{\frac{0,2 \cdot p_T}{[\sigma] \cdot \Psi} + c} \quad (3.46)$$

$[\sigma]$ - допустима напруга для матеріалу корпусу при робочій температурі, МПа

$\Psi$ - коефіцієнт ослаблення решітки отворами, [ , 96]

$C_M, C_T$ - безрозмірний коефіцієнт [2 , 96]:

$$C_M = \sqrt{\frac{1}{2 \cdot \rho + 3}} \quad (3.47)$$

$$C_T = \sqrt{\frac{2 \cdot \rho + 1}{2 \cdot \rho + 3}},$$

де  $\rho$ - відношення жорсткості труб до жорсткості кожуха, [4 , 96].

$$\rho = \frac{E_T \cdot n \cdot (d_H^2 - d_{BH}^2) \cdot 0,785}{E_K \cdot D \cdot s}, \quad (3.48)$$

Инд. № подл.	Подп. и дата				6.133.20.08.00.00.00 ПЗ	Лист
Инд. № дубл.						40
Взам. инв. №		Изм	Лист	№ докум.		Подп.



де  $s$ - товщина корпусу, м;  
 $E_T$ - модуль поздовжньої пружності матеріалу труб [6, 285], МПа;  
 $E_K$ - модуль поздовжньої пружності матеріалу кожуха [6, 285], МПа;  
 $d_H$ - зовнішній діаметр труб, м;  
 $d_{BH}$ - внутрішній діаметр труб, м

$$\psi = \frac{t-d}{t},$$

де  $t$ - крок між отворами, м [4 , 96];  $d$ - Діаметр отвору, м

$$\rho = \frac{2 \cdot 10^5 \cdot 56 \cdot (0,025^2 - 0,021^2) \cdot 0,785}{2 \cdot 10^5 \cdot 0,317 \cdot 0,004} = 6,37$$

$$C_M = \sqrt{\frac{1}{2 \cdot 6,37 + 3}} = 0,252$$

$$C_T = \sqrt{\frac{2 \cdot 6,37 + 1}{2 \cdot 6,37 + 3}} = 0,934$$

$$\psi = \frac{0,032 - 0,025}{0,032} = 0,218$$

Товщина трубної решітки:

$$S_p = \frac{0,252 \cdot 0,5}{2} \cdot \sqrt{\frac{0,2 \cdot 0,1}{134 \cdot 0,218}} + 3,9 \cdot 10^{-4} = 1,43 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$K_1 = 0,6$ - безрозмірний коефіцієнт [4 , 96]

$$S_p = 1,1 \cdot 0,6 \cdot 0,934 \cdot 0,5 \cdot \sqrt{\frac{0,2 \cdot 0,16}{134 \cdot 0,218}} + 3,9 \cdot 10^{-3} = 6,857 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

З запасом, для забезпечення жорсткості вузла приймаю товщину трубної решітки рівною  $2,4 \cdot 10^{-2}$  м.

### 3.8 Розрахунок і вибір опор

Зробимо розрахунок маси дефлегматора

Маса обичайки кожуха визначається за формулою

$$m_{o,k} \approx (0,785 \cdot D_H^2 - 0,785 \cdot D^2) \cdot L \cdot \rho,$$

де  $\rho$ - щільність матеріалу апарату,  $\text{кг/м}^3$ ;  $L$ - довжина кожуха, м.

Ив. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Ив. № дубл.	Подп. и дата
<p><b>6.133.20.08.00.00.00 ПЗ</b></p>				
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
				Лист
				41



$$m_a = m_{o.k} + m_{тр} + 2 \cdot m_{тр.p} + 2 \cdot m_{ф} + m_{p.k} + m_{кр} + m_{б} + m_{шт} + m_{п.p.k}$$

$$m_a = 63,29 + 127 + 2 \cdot 13,21 + 2 \cdot 8,57 + 18,54 + 3,91 + 3,3 + 8 + 6,95 =$$

$$= 306,16 \text{ кг}$$

Обсяг міжтрубного простору

$$V_M = f_{Mтр} \cdot H$$

$$f_{Mтр} = \left( \frac{\pi \cdot D_{BH}^2}{4} - \frac{\pi \cdot d_H^2}{4} \cdot 56 \right), \text{ м}^2$$

$$f_{Mтр} = 0,785 \cdot 0,5^2 - 0,785 \cdot 0,025^2 \cdot 56 = 0,052 \text{ м}^2.$$

$$V_M = 0,052 \cdot 2 = 0,104 \text{ м}^3.$$

При коефіцієнті заповнення  $\varphi = 1$  маса води при гідровипробуваннях

$$m_B = V_M \cdot \rho_B \cdot \varphi$$

$$m_B = 0,104 \cdot 1000 \cdot 1 = 104 \text{ кг}.$$

Тоді, вага дефлегматора буде дорівнює

$$G = (m_a + m_B) \cdot g = (306,16 + 104) \cdot 9,81 = 4023,66 \text{ Н}$$

Приймаю кількість опор  $n_{оп} = 2$

Навантаження на одну опору

$$Q_o = \frac{G}{n_{оп}} = \frac{4023,66}{2} = 2011,83 \text{ Н}$$

Вибираю стандартну сідлову опору типу 1 виконання 1 з допустимим навантаженням  $Q_o = 20 \text{ кН}$ , радіусом  $R = 167 \text{ мм}$ , виконання за матеріалом-сталь ВСт3кп2 по ГОСТ 380-71, з опорним листом.

Позначення опори: Опора 20-167-1-11 ОСТ 26-1265-75. [8, 280]

Инв. № подл.	Подп. и дата	Тоді, вага дефлегматора буде дорівнює				
		$G = (m_a + m_B) \cdot g = (306,16 + 104) \cdot 9,81 = 4023,66 \text{ Н}$				
		Приймаю кількість опор $n_{оп} = 2$				
		Навантаження на одну опору				
Инв. № дубл.	Подп. и дата	$Q_o = \frac{G}{n_{оп}} = \frac{4023,66}{2} = 2011,83 \text{ Н}$				
		Вибираю стандартну сідлову опору типу 1 виконання 1 з допустимим навантаженням $Q_o = 20 \text{ кН}$ , радіусом $R = 167 \text{ мм}$ , виконання за матеріалом-сталь ВСт3кп2 по ГОСТ 380-71, з опорним листом.				
		Позначення опори: Опора 20-167-1-11 ОСТ 26-1265-75. [8, 280]				
Взам. инв. №	Подп. и дата					
Инв. № подл.	Подп. и дата					
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	6.133.20.08.00.00.00 ПЗ	Лист
						43

## 4. Монтаж та ремонт апарата

### 4.1 Монтаж розробленого апарата [1]

Кожухотрубчасті теплообмінники складаються з циліндричного кожуха і поміщеного в ньому пучка труб, тому, незважаючи на конструктивну різноманітність, монтаж цих теплообмінників залежить тільки від їх маси, розмірів і просторового розташування.

Маса і розміри випускаються в даний час кожухотрубчастих теплообмінників дозволяють транспортувати їх до місця монтажу в повністю зібраному на заводі-виробнику вигляді. Для транспортування використовують залізничні платформи, трейлери, автомашини, сани і т. п.

Теплообмінник, розроблений в комплексному курсовому проекті, встановлюють горизонтально на різних відмітках відповідно до проекту. Опорною конструкцією для нього можуть служити: фундаменти у вигляді двох бетонних або залізобетонних стовпів з анкерними болтами (при низькому горизонтальному положенні) і балки висотних металокопункцій (при горизонтальному розташуванні на великих висотах).

До корпусу апарату приварюють дві опори, відстань між якими відповідає нормалю. Для установки теплообмінника на фундамент відстань між опорами можна змінювати в невеликих межах. Між корпусом і опорами апарату повинні міститися підкладки з листової сталі, що запобігають вм'ятини на корпусі.

Розроблений теплообмінник встановлюють в проектне положення за допомогою самохідного крана. Для стропування апарату застосовують троси.

До трубопровідної обв'язки приступають після остаточної перевірки положення корпусу і закріплення болтів, що з'єднують його опори з постаментом. Положення теплообмінника вивіряють за допомогою рівня або схилю, підкладаючи, якщо це необхідно, під опорні площини сталеві планки.

При горизонтальному розташуванні теплообмінника температурні деформації

Зазори між опорами можуть досягати декількох міліметрів, тому одна з опор повинна бути рухомою. Нерухому опору, зазвичай встановлюється з боку нерухомої трубної решітки, закріплюють намертво; гайки болтів рухомої опори, що має овальні вирізи, не затягують на 1-1,5 мм, але фіксують контргайками. Зазор між болтами повинен і овальними вирізами повинен бути розташований в сторону можливого подовження теплообмінника. Поверхні ковзання захищають так, щоб виключити защемлення.

Монтується теплообмінник повинен бути обпресований на пробний тиск на заводі-виробнику, тому на монтажному майданчику його окремо не обпресовують, обмежуючись перевіркою загальної системи теплообміну разом з трубопровідної обв'язкою після завершення монтажних робіт. У тих випадках, коли відсутній акт заводського випробування або апарат довгий час зберігався на складі або

Ив. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Ив. № дубл.	Подп. и дата						Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	6.133.20.08.00.00.00 ПЗ					44

монтажному майданчику, перед монтажем теплообмінник піддають ревізії і, якщо в цьому є необхідність, ремонту.

Способи виявлення та усунення дефектів залежать від конструктивного виконання нового або колишнього в експлуатації теплообмінника.

При вивірці установки горизонтальних теплообмінних апаратів на фундаменті або іншій підставі відхилення від проектних осей і відміток, а також горизонтальності і вертикальності не повинні перевищувати:

- головних осей апарату в плані -  $\pm 20$  мм;
- фактичної висотної позначки встановленого апарату -  $\pm 10$  мм;
- від горизонтальності і заданого положення – ухилу) - 0,5 мм на 1 м.

Вивірка правильності установки горизонтальних апаратів і каркасів (опорних металокопункцій) в проектне положення на фундаменті або іншій підставі повинна проводитися:

- апаратів, секцій – гідростатичним або брусковим рівнем і контрольною лінійкою;
- осей опорних стійок, каркасів-схилом;
- площин кронштейнів опорних стійок (несучих труби або секції) від розташування їх в одній горизонтальній площині – по натягнутій струні.

При вивірці установки каркаса (опорної металокопункції) на фундаменті або інших підставах відхилення від проектних розмірів, а також горизонтальності і вертикальності не повинні перевищувати :

- осей опорних стійок між собою -  $\pm 3$  мм;
- осі опорних стійок від вертикальності - 1 мм на 1 м, але не більше 3 мм;
- площин опорних стійок, що несуть труби або секції, від розташування в одній горизонтальній площині – не менше 2 мм.

Розроблений теплообмінник - теплообмінник жорсткої конструкції.

У теплообмінниках жорсткої конструкції нерухомі трубні решітки жорстко з'єднані з корпусом. Основні їх недоліки - сприйнятливості до температурних напруг і неможливість механічного очищення внутрішніх поверхонь корпусів і зовнішніх поверхонь труб від бруду і відкладень. Можливості відновлення таких теплообмінників шляхом ремонту дещо обмежені. Саме тому їх довговічність може бути забезпечена тільки при дотриманні відповідного режиму експлуатації. Наприклад, не можна перевищувати зазначену в паспорті апарату різницю температур між теплообмінюючі середовища, так як це може привести до порушення з'єднань труб з трубними ґратами, а також розриву труб.

Так як розробляється теплообмінник використовується як конденсатор, то, щоб запобігти утворенню на поверхнях теплообміну твердих відкладень з накипу або мулу, доцільно охолоджуючу воду пропускати через фільтри або користуватися водою з системи оборотного водопостачання. Візуальному огляду підлягають тільки кришки, кінці і внутрішні канали труб, штуцера на корпусі і кришках. Дефекти інших частин апарату можуть бути виявлені тільки при опресовуванні.

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

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	6.133.20.08.00.00.00 ПЗ	Лист
						45

## 4.2 Ремонт апарата [1]

Терміни і зміст ревізій і ремонтів визначають виходячи з конкретних експлуатаційних умов. Необхідність в достроковому ремонті обумовлена різким погіршенням теплообміну (у відповідності з технологічною картою), а також змішанням обмінюються теплом середовищ. У першому випадку можливе забруднення внутрішніх або верхніх поверхонь (або тих, і інших) труб, у другому – розрив однієї або декількох труб, або порушення щільності в місцях з'єднання труб з трубними ґратами. Наскрізний знос самих трубних решіток практично виключається через їх великої товщини. Аварійний ремонт може бути викликаний зносом корпусу, про який судять по порушенню теплоізоляції.

В процесі тривалої роботи Теплообмінні апарати піддаються забрудненню і зносу. Поверхня їх покривається накипом, відкладеннями солей і інш. зі збільшенням відкладень збільшується термічний опір стінки і погіршується теплообмін.

Знос теплообмінного апарату виражається в наступному:

- зменшення товщини стінки корпусу, трубних решіток, кришок;
- випучіни і вм'ятини на корпусі і кришках;
- свищі, тріщини на корпусі, трубах і фланцях;
- збільшення діаметра отворів для труб в трубній решітці;
- прогин трубних решіток і деформація трубок;
- порушення гідро - і термоізоляції.

Послідовність операцій при ревізії та ремонті розробленого апарату:

- знижується надлишковий тиск в апараті до атмосферного і апарат звільняється від продукту;
- відключається арматура, ставляться заглушки на всіх підвідних і відвідних трубопроводах;
- проводиться промивка апарату.

З трубного і міжтрубного простору через штуцера видаляють вміст. Далі протягом часу, що визначається фізико-хімічними властивостями середовища, його промивають водою, потім пропарюють, для чого в трубопроводній обв'язці передбачається можливість підключення парової лінії, надійно оглушаємої при роботі апарату в робочому режимі. Промивка і пропарювання переслідують дві мети: підготовку апарату до розтину шляхом видалення вибухо - і пожежонебезпечних або токсичних речовин і очищення поверхонь від відкладень. Слід мати на увазі, що промивка – єдино можливий спосіб видалення відкладень з зовнішніх поверхонь труб і внутрішніх поверхонь корпусу. Тому промиванні міжтрубного простору необхідно приділяти особливу увагу. Так як робочим середовищем в апараті є етанол, то у використанні при промиванні кислот, інгібіторів та ін. необхідності не існує.

- виконується аналіз на наявність отруйних і вибухонебезпечних продуктів;
- складається план і виходить дозвіл на вогневі роботи, якщо вони необхідні в процесі ремонту;

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

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	6.133.20.08.00.00.00 ПЗ	Лист
						46

- складається акт здачі в ремонт.
- Далі виконуються наступні роботи:
- зняття кришок апарату, люків, демонтаж обв'язки і арматури;
- виявлення дефектів вальцювання і зварювання, а також цілісності трубок гідравлічним і пневматичним випробуваннями на робочий тиск;
- часткова зміна або відключення дефектних трубок, кріплення труб вальцюванням або зварюванням;
- ремонт антикорозійних покриттів деталей з частковою заміною;
- ремонт або заміна зношеної арматури, трубопроводів, регулювання запобіжних клапанів;
- зміна ущільнень розбірних з'єднань;
- заміна частини корпусу, кришок і зношених деталей;
- виготовлення нових трубок;
- монтаж різьбових з'єднань;
- гідравлічне випробування міжтрубною і трубою частин апарату пробним тиском;

Найбільш трудомісткими операціями при ремонті теплообмінної апаратури є: демонтаж різьбових з'єднань; очищення теплообмінної апаратури; ремонт і виготовлення трубних пучків і їх установка; випробування теплообмінників.

Зниження трудомісткості робіт з демонтажу різьбових з'єднань досягається застосуванням пневматичних і гідравлічних гайковертів.

Очищення трубок від відкладень включає обробку внутрішніх поверхонь. Використовуються наступні методи очищення: хімічні, абразивні (для нерозчинних відкладень), спеціальні.

Хімічне очищення виконується без розтину і розбирання теплообмінника. Для очищення від накипу застосовують 5-15% розчин соляної кислоти з додками інгібіторів. Твердий осад розпушується в цьому розчині і потім легко змивається водою.

Абразивні методи очищення-механічні, гідропневматичні, гідромеханічний (струменем води високого тиску) і піскоструминний.

Механічна чистка здійснюється за допомогою Шомполів, свердел, щіток, шарошок, різців, бурів з подачею води або повітря для видалення продуктів очищення. Найпростішим пристосуванням є сталевий пруток з йоржем зі сталевого дроту, привареним до прутка.

Гідромеханічна очищення полягає в наступному. Насосом високого тиску по напірних шлангах вода подається в порожнисту штангу, на кінці якої встановлено сопло з декількома отворами. Струмінь води виходить з сопла під великим тиском, ріже і відриває відкладення від стінок поверхонь, що очищаються. Гідність такого методу-можливість очищення внутрішньої поверхні труб. При цьому досягається ступінь очищення значно вище, ніж при інших методах.

Час очищення однієї труби становить 10-15 с. Установки виготовляються зазвичай пересувними. Широкий діапазон зміни тиску (від 15-70 МПа) дає можливість видалити відкладення практично будь-якої складності.

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

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	6.133.20.08.00.00.00 ПЗ	Лист
						47

Піскоструминне очищення дозволяє домогтися найбільш повного очищення труб, в результаті чого коефіцієнт теплопередачі відновлюється до значень, відповідних відсутності термічних опорів обумовлених забрудненнями. Сутність піскоструминного очищення полягає в обробці поверхні, що очищається суспензією піску в повітрі або воді, що подається з великою швидкістю. Засмоктування піску здійснюється ежекційними установками.

Фактичну товщину стінки обичайки і перегородок вимірюють шляхом висвердлювання отворів, а також за допомогою ультразвукових товщиномірів.

Приховані дефекти апарату встановлюють обпресуванням міжтрубного простору при відкритих з обох торців кришках. Зношену або лопнула трубу виявляють по появі в ній обпресувальної рідини, а нещільності в з'єднаннях кінців труб з трубними ґратами – по пропускається рідини і запотівання.

#### Опис усунення однієї з несправностей

Заміна вийшла з ладу труби-складна операція. За трубної ґратами труби ріжуть ножівкою або спеціальним пристосуванням (якщо вони доступні для цього), а труби, розташовані з боку решітки - спеціальним різцем. Решта в гніздах решіток кінці труб зубилом або борідком сплющують і вибивають. Змінну трубу за допомогою виточеної по її зовнішньому діаметру оправлення витягують через одну з решіток і замість неї вставляють нову, кінці якої розвальцьовують в решітках або приварюють до них.

Вставляються нові трубки відрізають по довжині трубного пучка з надбавкою 8-10 мм довжини. Кінці трубок зачищають до металевому блиску на довжину, рівну товщині решітки з надбавкою 10 мм на сторону. У трубній решітці всі отвори зачищають від задирок, іржі і бруду. Наявність поздовжніх рисок в отворах трубної решітки не допускається. Перед установкою трубок отвори в решітці продувають повітрям і насухо протирають. Зазор між зовнішнім діаметром трубки і отвором в решітці повинен бути не більше 1,5% діаметра трубки.

Кінці трубок кріпляться в трубних решітках зварюванням. При цьому отвір під трубу обробляються не нижче 7 класу шорсткості. Кінці трубок повинні виступати на 3-5 мм у зовнішнього торця кожної решітки. З огляду на те, що трубки при зварюванні подовжуються, спочатку приварюють всі кінці тру-пліч в одній решітці, а потім в інший. При цьому варять 4 трубки крестнакрест, потім все трубки по периметру і далі інші.

Корпус апарату, що має різні випучіни і вм'ятини, виправляється ударами кувалди по мідній підкладці. Якщо неможливо усунути зазначені вище дефекти ударами і нагріванням, то пошкоджені частини або видаляються, або на них ставляться накладки.

Дефектні штуцери і трубні решітки при досягненні максимальних величин зносу і прогину підлягають заміні.

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

За допомогою кольорової дефектоскопії визначають протяжність і положення кінців тріщин, виявлених в корпусі. Ці кінці до заварки засверливаються

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



свердлами діаметром 3-4 мм. Некрізні тріщини глибиною не більше 0,4 товщини стінки обробляється під заварку односторонньої вируб-кою на максимальну глибину тріщини зі зняттям крайок під кутом 50-60 °. При тріщині більше 100 мм зварювання ведуть обратноступенчатим методом. Наскрізні і некрізні тріщини глибиною більше 0,4 товщини стінки обробляють на всю товщину вирубкою зубилом або газорізкою. При появі гніздоподібної тріщини пошкоджені місця вирізаються і закриваються латками, які не повинні мати гострих кутів. Латки ввариваються врівень з основним металом. Площа латки не повинна перевищувати одну третю площі листа апарату.

При частковій заміні корпусу апарату необхідно виконувати наступні вимоги:

- матеріал для виготовлення нових частин корпусу повинен бути за механічними і хімічними властивостями однаковий з матеріалом ремонтovanого корпусу;

- товщиною листа заміної частини повинна бути не менше проектної;

- електроди повинні відповідати зварюваному матеріалу;

- замикаючі обичайки повинні бачь шириною не менше 400 мм;

- поздовжні шви в горизонтальних апаратах не повинні бути в нижній частині апарату;

- кромки поверхні обичайки і основного металу на ширині 10 мм повинні бути зачищені перед зварюванням до чистого металу;

- поздовжні шви в окремих обичайках циліндричної частини апарату, а також меридіональні або Хордові шви днищ, що примикають до обичайок, повинні бути зміщені відносно один одного не менше ніж на 100 мм;

- відстань між поздовжніми швами в окремих обичайках має бути не менше 200 мм;

- при зварюванні стиків необхідно передбачити плавний перехід від одного елемента до іншого.

Після ремонту теплообмінник при знятих кришках піддають опресуванню, потім навішують і закріплюють кришки. Зібраний апарат піддають остаточній опресуванню водою на контрольний тиск. Відсутність течі свідчить про надійної щільності і міцності. Після зняття заглушек апарат здають в експлуатацію.

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

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	6.133.20.08.00.00.00 ПЗ	Лист
						49



Перелік технологічних операцій із зазначенням їх категорійності та небезпеки при виготовленні ефіру наведено в таблиці 6.1.

Відомості про вибухо-, пожежонебезпеку, токсичність і електростатичні властивості застосовуваних матеріалів вказані в таблиці 6.2.

Таблиця 6.1-перелік технологічних операцій із зазначенням їх категорійності та небезпеки

№ п/п	Найменування операції	Категорійність операції
1	2	3
1	Приготування етилсерної кислоти	О
2	Подача етилсерної кислоти в ефіризатор	О
3	Приготування одоризаційної суміші	Б
4	Подача етилового спирту в підігрівач	Б
5	Приготування розчину їдкого натру	О
6	Подача розчину їдкого натру в напірний бак	Б
7	Обслуговування напірних баків	Б
8	Обслуговування ефіризатора	Б
9	Обслуговування нейтралізатора	Б
10	Обслуговування дефлегматора і холодильника конденсату	Б
11	Обслуговування спиртоіспарителя і підігрівача спирту.	Б
12	Обслуговування ефірної та спиртової колон	Б
13	Відбір проб аналізу	Б
14	Перекачування ефіру на склад	Б
15	Перекачування спирту на склад	Б

Таблиця 6.2-відомості про вибухо-, пожежонебезпеку, токсичність і електростатичні властивості застосовуваних матеріалів

№ п/п	Найменування матеріалу	Відомості про вибухо-, пожежонебезпеку	Відомості про електростатичні властивості	Токсичність і характер дії на організм людини	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Клас небезпеки по ГОСТ 12.1.007-76
1	2	3	4	5	6	7
1	Спирт етиловий	Легкозаймиста рідина. Категорія і група вибухонебезпечної суміші етилового спирту з повітрям 11а-Т2 (ГОСТ 12.1.011-78). Температурні межі займання насичених парів спирту в повітрі: нижній-11° С; верхній-41° С. Область вибуховості 3,6- 19% (за обсягом), температура спалаху 13° С. Температура самозаймання 404° С.	Мінімальна енергія запалювання (0,2- 0,246) мДж, питомий об'ємний електричний опір 0,88·107 Ом·м, гранично-допустимий поверхневий потенціал 1,36-1,55 кН, по чутливості до розрядів статичної електрики відносився до 2 класу.	Наркотик, що викликає спочатку збудження, а потім параліч нервової системи. При тривалому хронічному впливі великих доз може викликати важкі органічні захворювання нервової системи, травного тракту, серцево-судинної системи і інш.	1000	3

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

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

6.133.20.08.00.00.00 ПЗ

Лист  
51

Продовження таблиці 6.2

1	2	3	4	5	6	7
2	етилсерний ефір	Легкозаймиста рідина. Температура спалаху--41° С, температура самозаймання парів ефіру в повітрі 164° С, межі самозаймання парів ефіру в повітрі: нижній-1,7%; верхній-49% , температурні межі займання ефіру в повітрі: нижній--45° С; верхній- 13 °с. Нижня об'ємна частка вибуховості 1,25%. Мінімальна вибухонебезпечна масова частка кисню при розведенні пароповітряних сумішей азоту 10,7%, вуглекислим газом – 13 %, гелієм – 10%. Максимальна швидкість горіння пароповітряної суміші 0,498 м/с	Максимальна енергія запалювання 0,19 мДж, питомий об'ємний електричний опір більше 1010 Ом * м, діелектричне проникність-4,22, по чутливості до електричного розряду відноситься до високо-чутливих речовин (2 Група).	Наркотик, що діє злегка дратівливо на дихальні шляхи. При гострих отруєннях можливі бронхіти і запалення легенів, подразнення нирок і важкі нервові захворювання, у виняткових випадках смерть. Рідкий ефір при впливі на шкіру викликає почервоніння. В організм можливе проникнення ефіру через шкіру, але головним чином у вигляді парів через легені, при цьому близько 90% адсорбованого ефіру видихається.	300	3

**5.1 Аналіз потенційних небезпек які виникають під час експлуатації обладнання та методи їх запобігання [1]**

Під час роботи обладнання можливі наступні потенційні небезпеки і шкідливості:

- отримання травм при обслуговуванні обладнання;
- отримання опіків через можливу протоку етилсерної і сірчаної кислот;
- отримання опіків при можливому розливі їдкого натру;
- виникнення пожежі при можливому розливі етилового ефіру та етилового спирту;
- отруєння парами етилового спирту і етилового ефіру.

Основна причина виникнення аварійних ситуацій аварії обладнання та порушення правил техніки безпеки обслуговуючим виробництво персоналом.

При строгому дотриманні правил техніки безпеки, пожежної безпеки, електробезпеки, дотриманні всіх вимог ведення технологічного процесу, перераховані вище небезпеки і шкідливості зводяться до мінімуму ці робочі місця повинні бути забезпечені інструкціями з охорони праці, технологічними плануваннями, технологічними схемами та іншої НТД, необхідної для роботи.

У всіх приміщеннях Вогне - і вибухонебезпечного виробництва (на робочих місцях, тамбурах, проходах і інш.), повинна підтримуватися чистота і порядок. Не допускається накопичення пилу на обладнанні та вентиляційних трубопроводах.

У кожній зміні повинна проводитися повна ретельне прибирання робочих місць і приміщень.

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

Речовини, випадково розсипані або пролиті під час роботи на підлогу, робочі майданчики та обладнання повинні бути обережно зібрані і поміщені в тару для відходів і кошторисів, а місце, на якому знаходилися прокидані або політі речовини, повинні бути ретельно очищені за допомогою піску, тирси.

Для зберігання тари з відходами і кошторисами повинні бути відведені спеціальні місця.

Кількість Вогне - і вибухонебезпечних продуктів на робочих місцях, в робочих приміщеннях і в складських приміщеннях не повинна перевищувати кількість, передбачену нормами, затвердженими в установленому порядку.

Для кожного виробничого приміщення повинен бути складений, підписаний начальником цеху і вивішений перелік використовуваного інструменту, необхідного для роботи, із зазначенням його кількості, номер креслення, матеріалу, з якого він виготовлений.

Застосовуваний інструмент повинен відповідати кресленням і зберігатися в спеціально відведених місцях.

Забороняється зберігати у виробничих приміщеннях матеріали і предмети, невикористовувані безпосередньо в даному виробництві, і, особливо, сторонні горючі матеріали.

Всі роботи у вогні - і вибухонебезпечних приміщеннях повинні проводитися під безпосереднім керівництвом ІТП.

Перед початком роботи повинні бути перевірені справність обладнання, комунікацій, пристосувань, контрольно-вимірювального інструменту, приладів, освітлення, вентиляції, блокуючих пристроїв, засобів пожежогасіння, сигналізації, аварійних і запасних пристроїв для пуску і зупинки обладнання, наявність енергії, пари, води, сировини і матеріалів.

Забороняється вести роботи на несправному і забрудненому обладнанні і з несправними приладами, некондиційними продуктами і матеріалам, невідповідним інструментом, а також при непрацюючій вентиляції, несправній системі пожежогасіння або при відсутності відповідних засобів пожежогасіння, класти одяг, матеріали на паропроводи, обладнання та комунікації.

Забороняється носіння прикрас і одягу з синтетичних, вовняних тканин.

Виробничі приміщення, в яких проводяться роботи з вогне - і вибухонебезпечними матеріалами та шляхи руху транспорту і людей повинні бути оснащені знаками безпеки.

Робітникам і майстрам забороняється йти з роботи до тих пір, поки вони не здадуть і не оформлять задачу і прийом зміни з реєстраціями та розписами в журналі. Нормативні завантаження Вогне - і вибухонебезпечними речовинами виробничих приміщень, майданчиків, робочих місць, складів повинні бути мінімальними, виходячи з вимог технологічного процесу.

Видрукувані розрахунки нормативних завантажень повинні бути підписані особами, які проводили і перевіряли розрахунок, начальником цеху, головним технологом, головним інженером, узгоджені з начальником ОТБ і затверджені керівником підприємства.

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

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	6.133.20.08.00.00.00 ПЗ	Лист
						53

Затверджені нормативні Завантаження із зазначенням маси вогне-вибухонебезпечних продуктів і числа ємностей, ящиків і т. д. повинні бути вивішені у вигляді табличок, підписаних начальником цеху, в кожному приміщенні і біля кожного робочого місця, де можуть накопичуватися вогне-вибухонебезпечні матеріали. Де це можливо, нормативні Завантаження повинні бути написані (продубльовані олійною фарбою на стінах приміщення близько робочих місць).

Всі роботи в спирто-ефірному виробництві повинні проводитися на ісправному, заземленому обладнанні, при діючій припливно - витяжної вентиляції, інструментом з кольорового металу.

Не допускати переливів спирту, ефіру, потрійний суміші, кислоти з ємностей, тому що при цьому створюється вибухонебезпечна концентрація парів в повітрі перевищуючи ГДК.

Ємнісна технологічна апаратура з ЛЗР повинна мати пристрій для звільнення перед ремонтом або в разі аварії або пожежі. Для виключення переливу ЛЗР ємнісна технологічна апаратура забезпечується переливними трубопроводами в аварійну ємність. Аварійна ємність оснащується поплавковими рівнемірами і звуковою сигналізацією верхнього рівня.

Спорожнення вищевказаної апаратури за допомогою насосів або іншими способами може проводитися в складські ємності в проміжних і сировинних (товарних) складах, технологічні апарати. При цьому має бути забезпечено повне звільнення трубопроводів.

Після використання аварійної ємності має бути звільнена від продукту і в залежності від цього продукту ємність повинна бути продута інертним газом або пропарена, а якщо потрібно, промита водою.

Забороняти:

допускати переповнення приймальних витратних, напірних баків і сховищ ефіром, спиртом, потрійною сумішшю;

стукати інструментом або іншими предметами по кранах, вентилях або інший запірної арматури в разі її заїдання;

працювати в недозволеному спецодязі і без передбачених засобів захисту;

користуватися інструментом з чорного металу, що дає іскру;

зберігати промаслену ганчір'я, папір в приміщеннях відділення;

працювати під час грози при відкритих вікнах і дверях;

використовувати ЛЗР не за прямим призначенням (для миття підлог, прання, чищення одягу і д. р.);

проводити внутрішній огляд ємностей без попередньої їх підготовки та оформлення наряду на роботи з підвищеною небезпекою;

приймати і зберігати їжу на робочих місцях.

Надання першої медичної допомоги

При отриманні травми - роботу припинити, потерпілому надати першу допомогу, доповісти адміністрації цеху і, при необхідності, потерпілого відправити в медпункт або викликати швидку допомогу. До прибуття комісії зберегти обста-

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

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

6.133.20.08.00.00.00 ПЗ

новку виникнення нещасного випадку без зміни, якщо це не загрожує безпеці оточуючих.

У разі потрапляння сірчаної кислоти на шкіру тіла-негайно промити обпалену ділянку рясно струменем проточної води протягом 10 хвилин, після чого зробити примочки з 3% розчину соди.

При попаданні кислоти в очі необхідно промити їх рясно струменем води і звернутися до лікаря.

При появі ознак отруєння парами кислот через дихальні шляхи роботу припинити, при необхідності звернутися в медпункт.

У разі отруєння парами спирту, ефіру, потерпілого негайно вивести або вивести на свіже повітря і викликати швидку медичну допомогу. При втраті свідомості-робити штучне дихання "рот в рот" і непрямий масаж серця.

При попаданні луку на ділянки шкірного покриву – промити їх великою кількістю води. При попаданні луку в очі-промити їх великою кількістю води і звернутися в медпункт.

При ураженні електричним струмом потерпілого необхідно звільнити від дії електричного струму за допомогою сухого дерев'яного предмета або, надівши гумові рукавички і стоячи на сухому місці. При необхідності повідомити в медпункт, надати першу медичну допомогу.

## 5.2 Розрахунок вентиляції. [1]

Завданням вентиляції є забезпечення чистоти повітря і заданих метеорологічних умов у виробничих приміщень. Вентиляція досягається видаленням забрудненого або нагрітого повітря.

За способом переміщення повітря Вентиляція буває з природним спонуканням (природною) і з механічним (механічною). Можливо також поєднання природної і механічної (змішана вентиляція).

Залежно від того, для чого служить система вентиляції - для подачі (припливу) або видалення (витяжки) повітря з приміщення або (і) для того і іншого одночасно, вона називається припливної, витяжної або припливно - витяжної.

За місцем дії вентиляція буває загальнообмінної і місцевої.

Загальна характеристика поверху і умов праці.

1-розміри приміщення 54×18×20.

2 – Приміщення має 12 вікон розміром 4,3=3,9 м з подвійним склінням і дерев'яними палітурками.

3-одні подвійні ворота 5x4 і чотири двері 1,8x2,2 м.

4-стіни приміщення цегляні, перекриття бетонне.

5-обладнання з сумарною витрачається потужністю 154 кВт / год.

6-Споживана потужність одночасно включених світильників 18 кВт/год.

7- у приміщенні одночасно працює 6 осіб.

8-температура зовнішнього повітря

зимою  $t_3 = - 14 \text{ }^\circ \text{C}$ ;

Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № дубл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дубл.	6.133.20.08.00.00.00 ПЗ				Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					55	

влітку  $t_{л} = 25^{\circ}\text{C}$ .

9 – Розрахункова температура повітря на поверсі -  $25^{\circ}\text{C}$ .

10 – Цех знаходиться в північній частині країни.

Наведений розрахунок виконаний відповідно до СніП II-33-75.

Зробимо визначення теплового балансу на поверсі 0

$$Q_{б} = Q_{\text{выд}} - Q_{\text{ух}}$$

де  $Q_{\text{выд}}$  – кількість тепла одержуване з різних джерел;

$Q_{\text{ух}}$  – кількість тепла, що йде з поверху.

$$Q_{\text{вых}} = Q_{\text{дв}} + Q_{\text{ос}} + Q_{\text{об}} + Q_{\text{люд}}$$

$$Q_{\text{ух}} = Q_{\text{пот}} + Q_{\text{доп}}$$

Тепловиділення від електрообладнання

$$Q = \Sigma N \cdot 3603 \cdot \Psi_1 \cdot \Psi_2 \cdot \Psi_3 \cdot \Psi_4, \text{ кДж/год}$$

де  $\Sigma N$  – сумарна витрачається потужність електрообладнання, кВт / год;

3603,4-теплоелектричний еквівалент, кДж/кВт;

$\Psi_1$  – Середній ККД електрообладнання, рівний 0,95;

$\Psi_2$  – коефіцієнт використання, дорівнює 0,5;

$\Psi_3$  – коефіцієнт одночасності роботи, дорівнює 0,7;

$\Psi_4$  – коефіцієнт характеризує частку переходу механічної енергії в теплову, дорівнює 0,5.

$$Q_{\text{дв}} = 3603,4 \cdot 154 \cdot 0,95 \cdot 0,5 \cdot 0,7 \cdot 0,5 = 92256 \text{ кДж/год}$$

Теплонадходження від штучного освітлення

$$Q_{\text{ос}} = \Sigma N \cdot 3603,4, \text{ кДж/год}$$

де  $\Sigma N$  – споживана потужність одночасно включаються світильників кВт / год.

$$Q_{\text{ос}} = 18 \cdot 3603,4 = 64861 \text{ кДж/час}$$

Теплонадходження на Поверх від сонячної радіації.

Враховуються при зовнішній температурі від  $-10^{\circ}\text{C}$  і вище.

Для закслених прорізів:

$$Q_o = q_o \cdot F_o \cdot A_o, \text{ кДж/год}$$

Для покриттів

$$Q_n = q \cdot F_n \cdot K_n, \text{ кДж/час}$$

де  $q_o, q$  – величини радіації;

$F, F_n$  – поверхні скління і покриттів,  $\text{м}^2$ ;

$A_o$  – коефіцієнт, що враховує вид скління;

$K_n$  – коефіцієнт тепловіддачі покриття;

$$Q_{\text{ос.окон}} = 12 \cdot 4,3 \cdot 3,9 \cdot 1,15 \cdot 4,19 = 968 \text{ кДж/год}$$

$$Q_{\text{п.пот}} = 54 \cdot 18 \cdot 54 \cdot 0,75 \cdot 4,19 = 164943 \text{ кДж/год.}$$

$Q_{\text{п.стен}}$  – не враховується через масивні стіни;

$$Q_{\text{ср}} = Q_{\text{ос.окон}} + Q_{\text{п.пот}} = 968 + 164943 = 165911 \text{ кДж/год.}$$

Тепловиділення людьми

$$Q_{\text{люд}} = Q_{\text{яв}} + Q_{\text{скр}}, \text{ кДж/год}$$

де  $Q_{\text{яв}}$  - явне "відчутне" тепло (суха тепловіддача тепла).

Ив. № подл.	Подп. и дата	Ив. № дубл.	Взам. инв. №	Подп. и дата	Ив. № подл.
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	6.133.20.08.00.00.00 ПЗ
					Лист
					56



$Q_{\text{люд}} - \text{"приховане" тепло (при випаровуванні вологи з поверхні дихання)}$ .

$$Q_{\text{люд}} = (125 + 100) \cdot 6 \cdot 4,19 = 5657 \text{ кДж/год.}$$

Тепло, що виділяється обладнанням:

$$Q_{\text{об}} = 3603,4 \cdot n \cdot Q_{\text{пот}}, \text{ кДж/год}$$

де  $Q_{\text{пот}}$  – тепловтрати одного апарату;

$n$  – кількість апаратів.

$$Q_{\text{об}} = 12 \cdot 200 \cdot 3603,4 = 8648160 \text{ кДж/ год}$$

Тепло, що виділяється в цеху:

а) зимою  $Q^3_{\text{выд}} = 92256 + 64861 + 8648160 + 5657 = 8810934 \text{ кДж/год};$

б) влітку  $Q^l_{\text{выд}} = 8810934 + 165911 = 8976845 \text{ кДж/год.}$

Втрати тепла в цеху через огорожувальні пристрої:

$$Q_{\text{пот}} = \Sigma F \cdot n \cdot K_n \cdot (t_b - t_n), \text{ кДж/год}$$

де  $F$  – поверхня огорожі,  $\text{м}^2$ ;

$K_n$  – коефіцієнт тепловіддачі конструкції;

$n$  – поправочний коефіцієнт до розрахункової різниці температур, рівний 0,6;

$t_b, t_n$  - температура повітря всередині приміщення і зовні;

а) для зимових умов:

$$Q_{\text{пот.ост}} = 12 \cdot 4,3 \cdot 3,9 \cdot 0,6 \cdot 2,5 \cdot (25 + 14) \cdot 4,19 = 49329 \text{ кДж/год};$$

$$Q_{\text{пот.вор}} = (20 + 10,56) \cdot 0,6 \cdot 5 \cdot 39 \cdot 4,19 = 14983 \text{ кДж/ год};$$

$$Q_{\text{пот.пол}} = 54 \cdot 18 \cdot 0,6 \cdot 0,19 \cdot 39 \cdot 4,19 = 18109 \text{ кДж/ год};$$

$$Q_{\text{пот.ст}} = 2880 \cdot 0,6 \cdot 0,67 \cdot 39 \cdot 4,19 = 189191 \text{ ккал/ год};$$

$$Q_{\text{пот.пот}} = 25 \cdot 18 \cdot 0,6 \cdot 0,75 \cdot 39 \cdot 4,19 = 71477 \text{ кДж/ год};$$

$$Q^3_{\text{пот}} = 49329 + 14893 + 18109 + 189191 + 71477 = 343089 \text{ кДж/ год.}$$

б) для літніх умов:

при  $t_b = 25^\circ\text{C}$ ,  $t_n = 25^\circ\text{C}$ ,  $t_b - t_n = 0$

$$Q^l_{\text{пот}} = 0.$$

Тепло, що витрачається на нагрівання повітря надходить в цех

$$Q_{\text{доп}} = 1 \cdot G \cdot (t_b - t_n), \text{ кДж/час,}$$

де 1 - теплоємність сухого повітря,  $\text{кДж}/(\text{кг} \cdot \text{град})$ ;

$G_b$  - кількість повітря, що надходить в цех,  $\text{кг} / \text{год}$ ;

$$Q_{\text{доп}} = 0,24 \cdot 1350 \cdot (25 + 14) = 52650 \text{ кДж/ год.}$$

Кількість тепла, що йде через огорожувальні пристрої

Зимою  $Q^3_{\text{ух}} = 343089 + 52650 = 395739 \text{ кДж/час.}$

влітку  $Q^l_{\text{ух}} = 0 \text{ кДж/год.}$

Тепловий баланс цеху.

Инд. № дубл.	Подп. и дата					
Инд. № подл.	Подп. и дата					
Взам. инв. №						
Инд. № подл.						
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	6.133.20.08.00.00.00 ПЗ	Лист
						57

Зимую  $Q^3_6 = 8810934 - 395739 = 8415195$  кДж/час.

влітку  $Q^л_6 = 8976845$  кДж/час.

Визначення шкідливих виділень в цеху:

$$G_{\text{вв}} = g_{\text{вв}} \times n, \text{ г/ч}$$

де  $g_{\text{вв}}$  – кількість шкідливих речовин від одного джерела г / год;

$n$  – кількість джерел шкідливих речовин;

$G_{\text{CO}_2}$  – кількість вуглекислоти, що виділяється 1 людиною, визначається по таблиці в залежності від характеру робіт.

$$G_{\text{CO}_2} = 70 \times 30 = 210 \text{ г/ч.}$$

Виділення етанолу

$$G_{\text{эт}} = 50 \text{ г/г,}$$

виділення ефіру

$$G_{\text{эф}} = 30 \text{ г/г.}$$

Зробимо визначення повітрообміну в цеху.

Визначення повітрообміну при видаленні надлишкового тепла:

$$L_{\text{пр}} = \frac{Q_{\text{изб}}}{1,0 \cdot \rho_{\text{пр}} \cdot (t_{\text{выт}} - t_{\text{пр}})},$$

де  $Q_{\text{изб}} = Q_6$ ;

1,0 – масова теплоємність повітря, кДж/(кг·град);

$\rho_{\text{пр}}$  – щільність припливного повітря, кг/м<sup>3</sup>;

$t_{\text{выт}}, t_{\text{пр}}$  – температура минає( в місці витяжки з приміщення)

і припливного повітря, °С;

$$t_{\text{выт}} = t_{\text{р.з}} + \Delta t(H - h),$$

де  $t_{\text{р.з}}$  – температура в робочій зоні, °С;

$\Delta t$  – температурний градієнт, °С ;

$H$  - висота приміщення, м;

$h$  - висота робочої зони, м.

$$t_{\text{выт}} = 25 + 2 \cdot (20 - 17) = 31^\circ\text{C.}$$

$$\rho^3_{\text{пр}} = \frac{1,29 \cdot 273}{259} = 1,36 \text{ кг/м}^3;$$

$$\rho^л_{\text{пр}} = \frac{1,29 \cdot 273}{298} = 1,18 \text{ кг/м}^3;$$

$$L^л_{\text{пр}} = \frac{8976845}{1,0 \cdot 1,18 \cdot (31 - 25)} = 1267916 \text{ м}^3/\text{час.}$$

Визначення необхідного повітрообміну при боротьбі зі шкідливими газами і ПИЛОМ:

Инд. № подл.	Подп. и дата				6.133.20.08.00.00.00 ПЗ	Лист
Взам. инв. №	Инд. № дубл.					58
Подп. и дата		Изм	Лист	№ докум.		Подп.

$$L = \frac{G}{p - p_1} \text{ м}^3/\text{ч};$$

де  $G$  – кількість шкідливих домішок, що підлягають розведенню в повітря, г/ч;

$p$  – ГДК газів в повітрі приміщення, г/м<sup>3</sup>;

$p_1$  - концентрація газів в припливному повітрі, г/м<sup>3</sup>;

$p_1 = 0$ .

Повітрообмін по CO<sub>2</sub>:

$$P_{\text{CO}_2} = 1,25 \cdot \frac{44}{22,4} = 2,5 \text{ г/м}^3.$$

$$L_{\text{CO}_2} = \frac{210}{(2,5 - 0)} = 84 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Повітрообмін по етанолу:

$$P_{\text{ет}} = 1000 \text{ мг/м}^3 = 1 \text{ г/м}^3,$$

Повітрообмін по ефіру:

$$P_{\text{эф}} = 300 \text{ мг/м}^3 = 0,3 \text{ г/м}^3,$$

$$L_{\text{ет}} = \frac{50}{1} = 50 \text{ м}^3/\text{ч},$$

$$L_{\text{эф}} = \frac{30}{0,3} = 100 \text{ м}^3/\text{ч}.$$

Зробимо вибір вентилятора.

Максимальний теплообмін по надмірному теплу( влітку) 1267916м<sup>3</sup> / год = 35,2 м<sup>3</sup>/с.

По [ 10 , 15] вибираємо 3 вентилятора в-Ц12- 49- 8- 01, кожен з яких характеризується:  $L = 12,5 \text{ м}^3/\text{с}$ ;

$$pgh = 5500 \text{ Па};$$

$$n = 24,15 \text{ об/с};$$

$$\eta = 0,68.$$

Вентилятор забезпечений електродвигуном 4a280s4 номінальною потужністю  $N = 110 \text{ кВт}$  и  $\eta = 0,92$ .

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	6.133.20.08.00.00.00 ПЗ	Лист
						59
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

## Висновки

Розроблений дефлегматор парів етилового спирту забезпечує задану продуктивність.

Відповідно до виконаними технологічними, конструктивними розрахунками, проектно-конструкторськими розрахунками обрана конструкція апарату, який відповідає пропонованим до нього вимогам.

При виборі конструкції розробленого апарату були враховані наступні фактори: уніфікація і технологічні вимоги до продукції.

Розрахунками визначено основні розміри дефлегматора:

- площа поверхні теплообміну апарату  $F = 9 \text{ м}^2$ .

- діаметр апарату  $D = 500 \text{ мм}$ ;

- довжина трубного пучка  $L = 6000 \text{ мм}$ ;

Наведено обґрунтування компоновання обладнання, наведені відомості про монтаж і ремонт розробленого апарату.

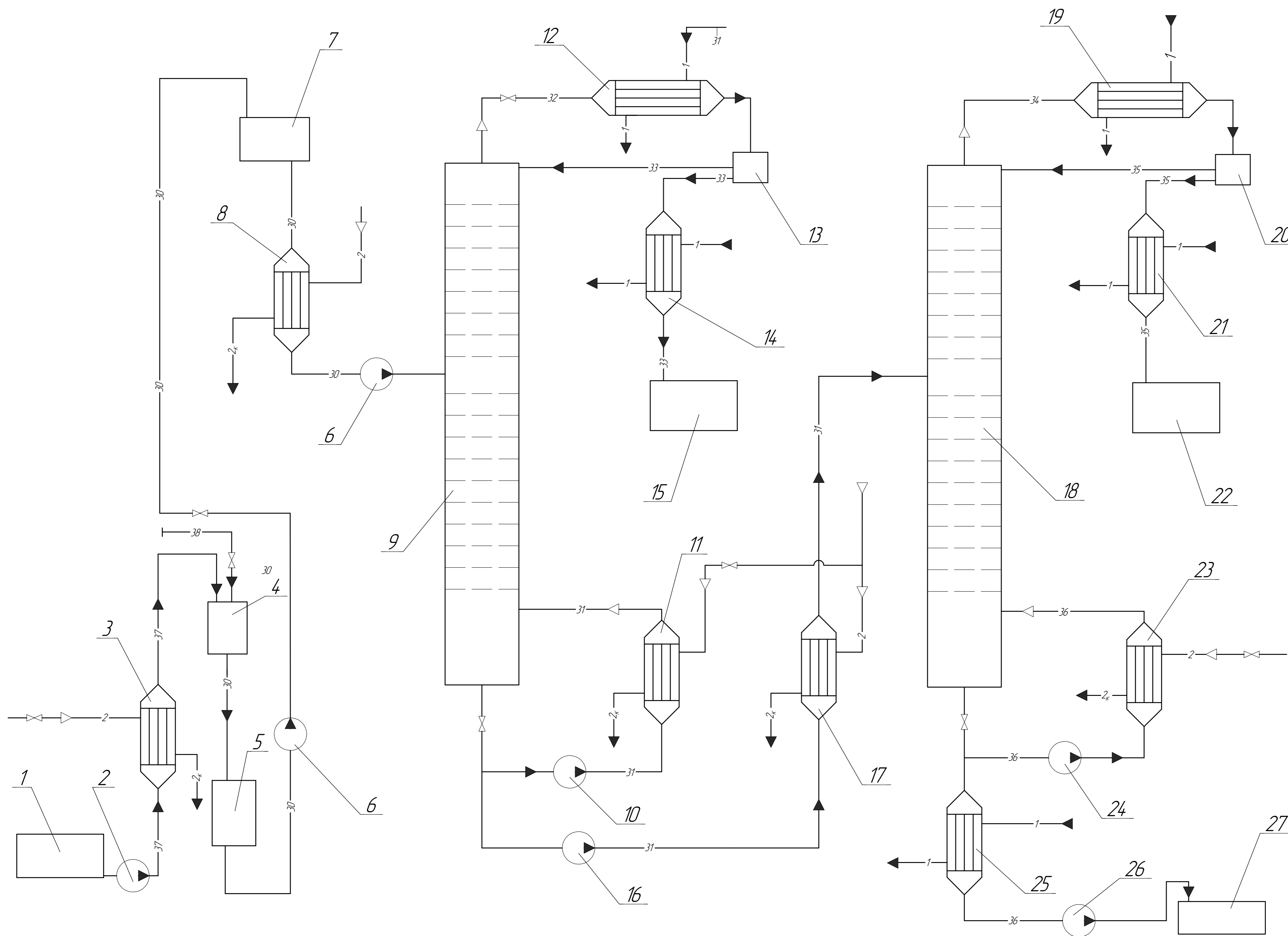
З урахуванням вимог до умов праці проведено аналіз потенційних небезпек і шкідливостей, що виникають при роботі обладнання, розрахована вентиляція і передбачені заходи безпеки при експлуатації обладнання.

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	6.133.20.08.00.00.00 ПЗ	Лист
						60
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

## Література

1. Плановский А. Н., Рамм В. М., Каган С. З. Процессы и аппараты химической технологии. Москва, Химия, 1968, 848 с.
2. Павлов К. Ф., Романков П. Г., Носков А. А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Ленинград, Химия, 1987, 576с.
3. Соколов В. Н. Машины и аппараты химических производств. Примеры и задачи. Ленинград, Машиностроение, 1982, 384 с.
4. Генкин.А.Э. Оборудование химических заводов. Москва, Высшая школа, 1978, 272 с.
5. Криворот А.С. конструкция и основы проектирования машин и аппаратов химической промышленности. Москва, Машиностроение, 1976, 376 с.
6. Михалев М. Ф. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств. Примеры и задачи. Ленинград, Машиностроение, 1984, 301 с.
7. Каталог «Стандартные кожухотрубчатые теплообменные аппараты общего назначения», ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ, Москва,1982, 32 с.
- 8.. Лацинский А. А. Конструирование сварных химических аппаратов. Справочник. Ленинград, Машиностроение, 1981, 382 с.
9. Лацинский А.А., Толщинский А.Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры. Машиностроение. 1970г. 752 с.
- 10.Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. Москва, Химия, 1983, 271с.
- 11 Фарамазов С.А. Ремонт и монтаж оборудования химических и нефтеперерабатывающих заводов. Москва, Химия, 1971, 296 с.
12. Макаров Г.В., Стрельчук Н.А. Охрана труда в химической промышленности. М. Химия, 1977, 568с.
13. Голубятников В.А., Шувалов В.В. Автоматизация производственных процессов в химической промышленности. Москва, Химия, 1972, 248 с.
14. Клюев А.С., Глазов Б.В., Дубровский А.Х.; М.; Проектирование систем автоматизации технологических процессов; М. Энергия, 1980, 512с.
- 15 Кошарский Б.Д. Автоматические приборы, регуляторы и вычислительные системы. Справочное пособие. Ленинград, Машиностроение, 1976, 488с.
16. Закгейм И.Г., Савинский А.В. Производство этилового эфира. Москва, 1947, 215с.
17. Кольман-Иванов Э. Э. Конструирование и расчет машин химических производств. Москва, Машиностроение, 1985, 380 с.

Инд. № подл.		Подп. и дата		Инд. № дубл.		Взам. инв. №		Подп. и дата		
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>6.133.20.08.00.00.00 ПЗ</b>					Лист
										61

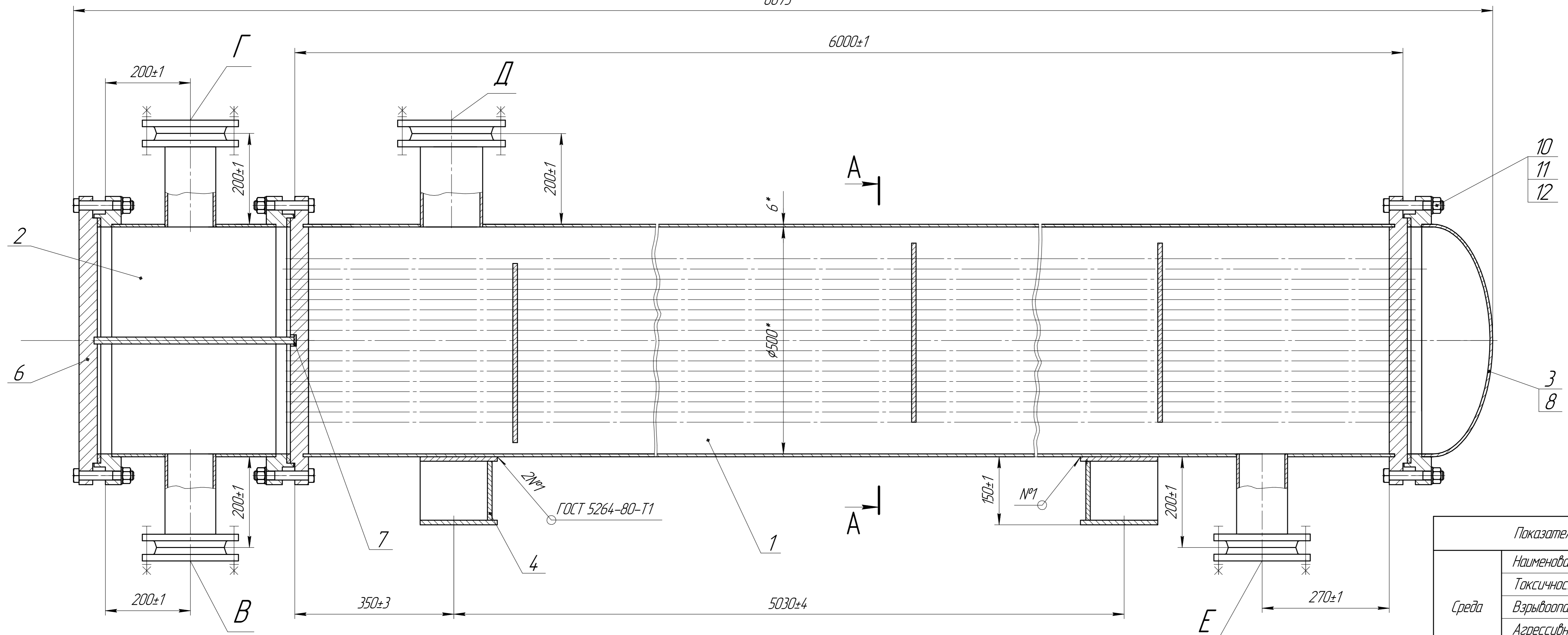


Условное обозначение	Наименование среды
—1—	Вода
—2—	Пар
—2к—	Конденсат
—30—	Тройная смесь
—31—	Кубовый остаток
—32—	Пары эфира этилового
—33—	Эфир этиловый
—34—	Пары спирта этилового
—35—	Спирт этиловый
—36—	Кубовый остаток
—37—	Спирт сырец
—38—	Кислота этилсерная

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол-во	Прим.
1		Емкость спирта сырья	1	
2		Насос	1	
3		Подогреватель	1	
4		Эфирезатор	1	
5		Нейтрализатор	1	
6		Насос	2	
7		Емкость тройной смеси	1	
8		Подогреватель	1	
9		Колонна ректификационная	1	
10		Насос	1	
11		Кипятильник	1	
12		Дефлегматор	1	
13		Распределитель	1	
14		Холодильник	1	
15		Емкость эфира	1	
16		Насос	1	
17		Подогреватель	1	
18		Колонна ректификационная	1	
19		Дефлегматор	1	
20		Распределитель	1	
21		Холодильник спирта	1	
22		Емкость спирта	1	
23		Кипятильник	1	
24		Насос	1	
25		Холодильник	1	
26		Насос	1	
27		Емкость	1	

				6.133.20.08.00.00.00 ТС		
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Технологическая схема	
Разраб.	Швец	Бочиневский			Лист	Масса
Проб.					Листов	Масштаб
Т.контр.					1	
И.контр.					ШИ Сум ГУ	
Удб.					Копирован	
					Формат А1	

Лист 1 из 1  
 Разраб. Швец  
 Проб. Бочиневский  
 Т.контр.  
 И.контр.  
 Удб.



10  
11  
12

3  
8

Техническая характеристика

Показатели	Трубное пространство	Межтрубное пространство
	Наименование	Вода
Токсичность	-	-
Взрывоопасность	-	Пожароопасен
Агрессивность	Слабо коррозионная среда	Слабо коррозионная среда
Температура, °C		
Рабочее давление, МПа		
Емкость, м <sup>3</sup>		
Поверхность теплообмена, м <sup>2</sup>	9	
Расход, кг/с	-	0,12

A-A(1:2,5)

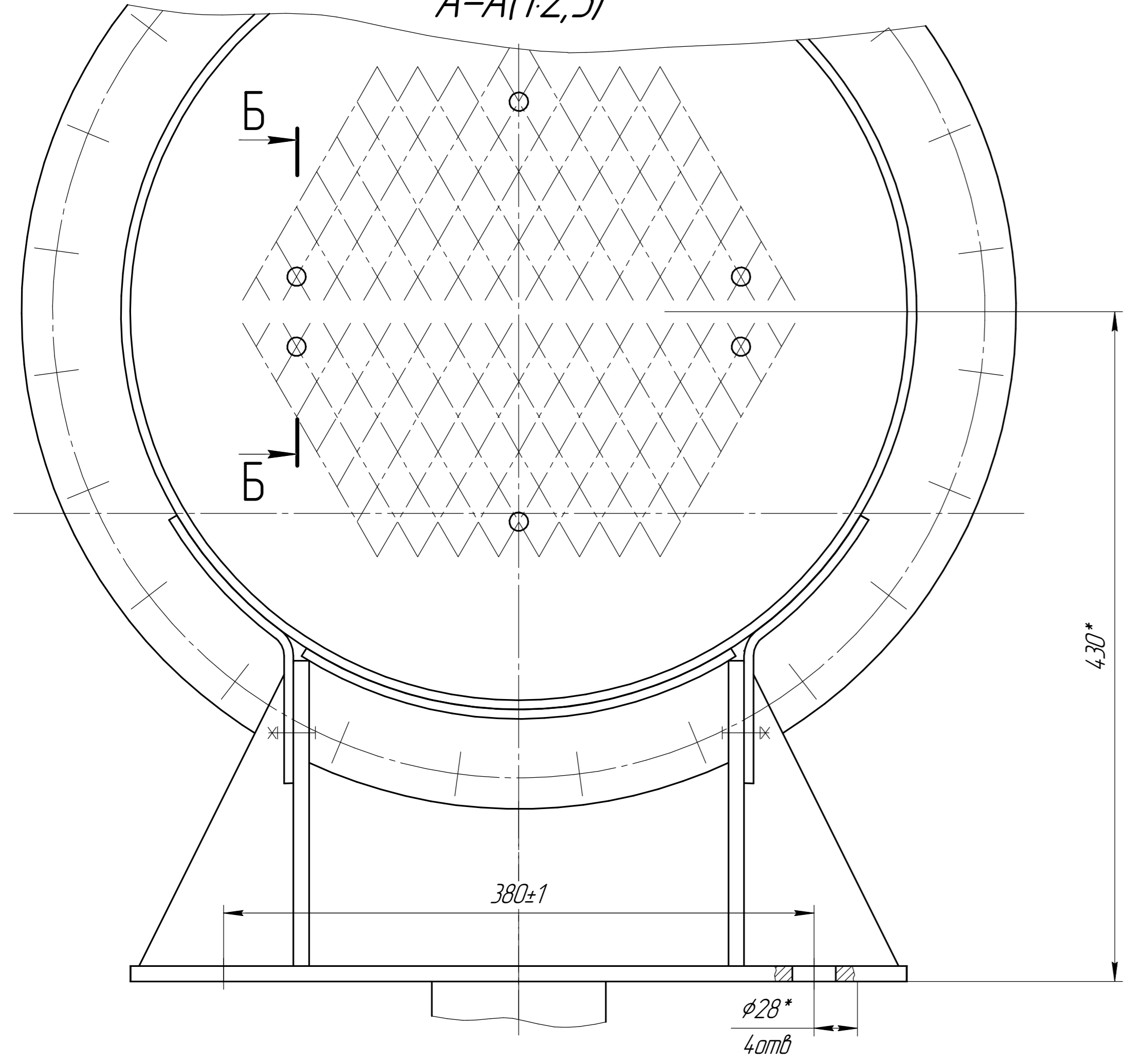
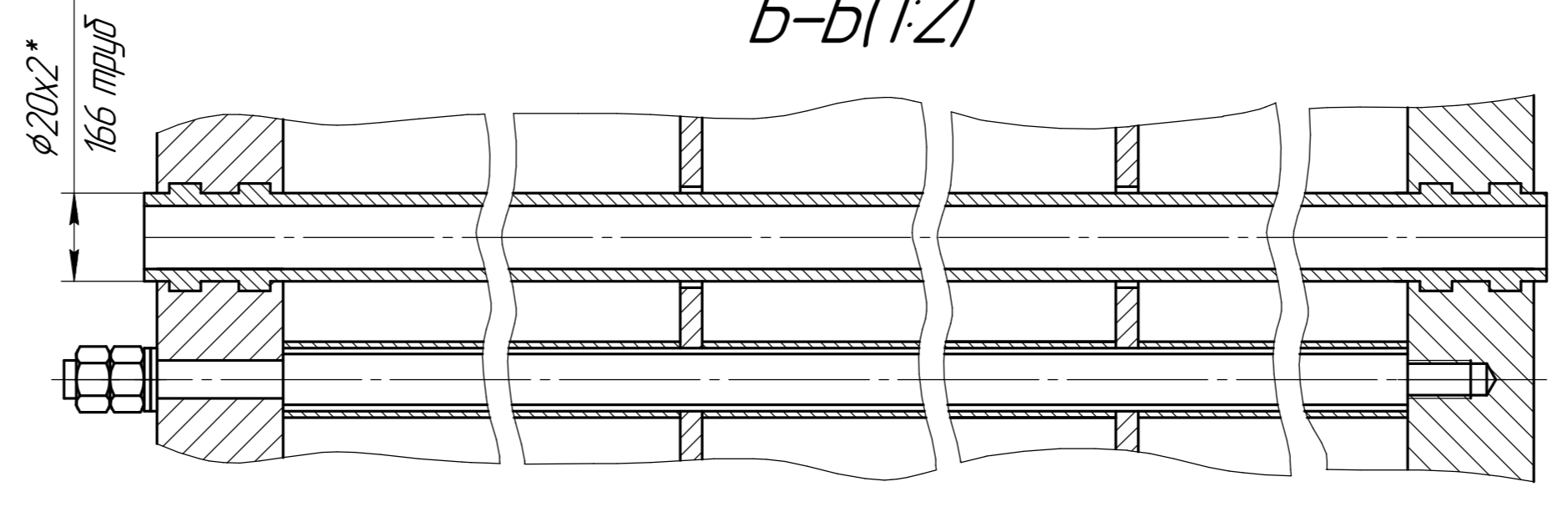


Таблица штуцеров

Обозн.	Наименование	Кол.	Ду, мм	P <sub>у</sub> , МПа
В	Вход воды	1	100	0,16
Г	Выход воды	1	100	0,16
Д	Вход паров продукта	1	125	0,125
Е	Выход продукта	1	100	0,125

Б-Б(1:2)



Технические требования

- Аппарат изготовить в соответствии с ГСТУ 3-17-191-2000 "Посудины та аппараты стальные зварні. Загальні технічні умови" и ДНАОП 0.00-107-94 "Правилами устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением".
- Сварные швы контролировать в объеме 25% УДЗ или рентгенопросвечиванием. Недоступные для УДЗ или рентгенопросвечивания швы контролировать в соответствии с РД 26-11-01-85.
- Аппарат испытать гидравлическим давлением (порядок испытания согласно ГСТУ 3-17-191-2000) в горизонтальном положении:
  - трубное пространство, МПа
  - межтрубное пространство, МПа
- Покрытие наружных поверхностей аппарата - грунт ГФ.021 ГОСТ 26129-89 (1слой) и эмаль ПФ115 серая ГОСТ 6465-85 (2слоя).
- H14, h14, ± 1/14.
- \*Размеры для справок.
- Монтаж аппарата произвести в соответствии со СНи ПЗ.05.05-84.
- На месте эксплуатации аппарат заземлить.

6.133.20.08.00.00.00 СБ				Лист	Масса	Масштаб
Дефлегматор						15
Сборочный чертеж				Лист	Листов	1
				ШИ Сум ГУ		

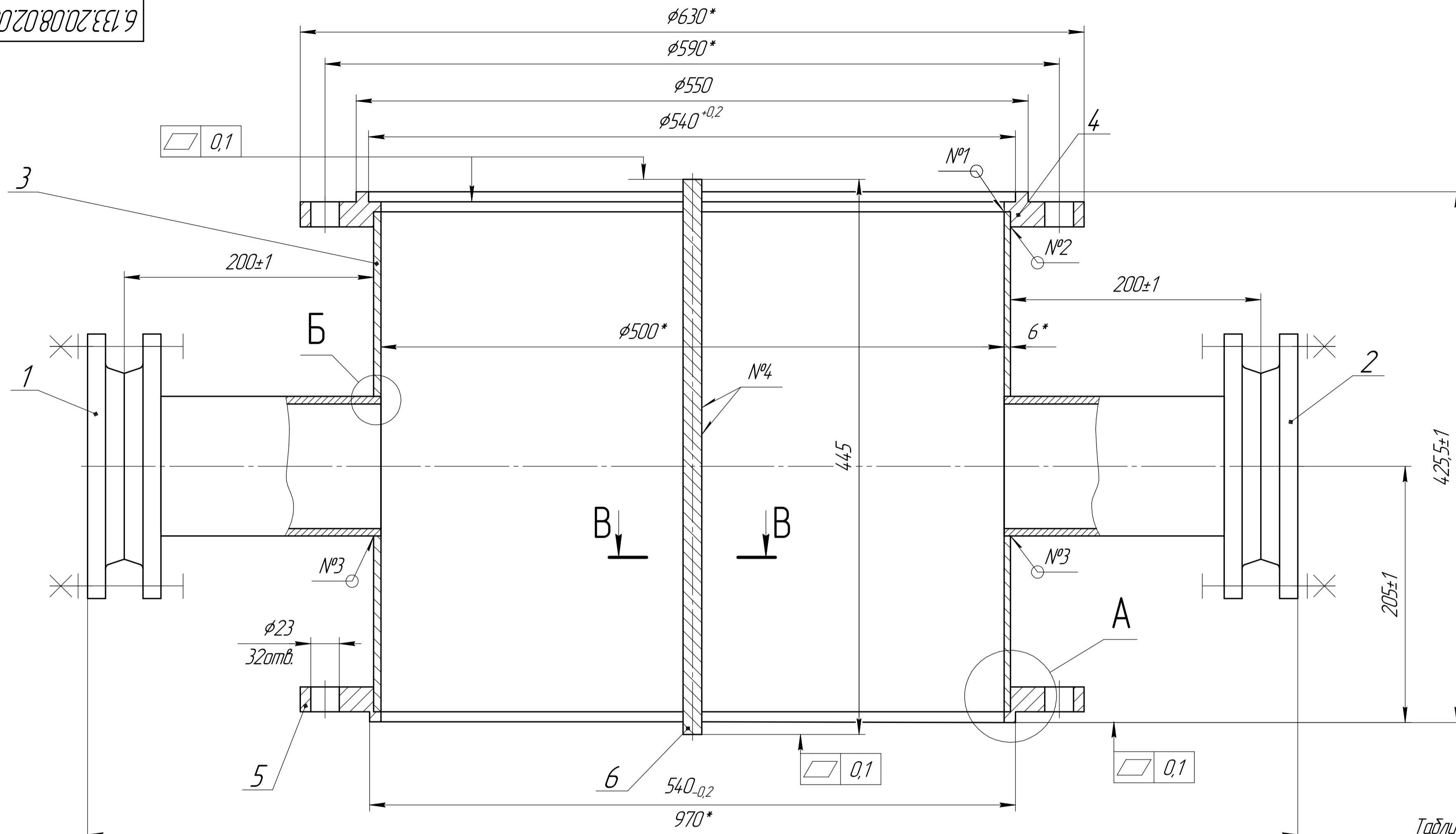
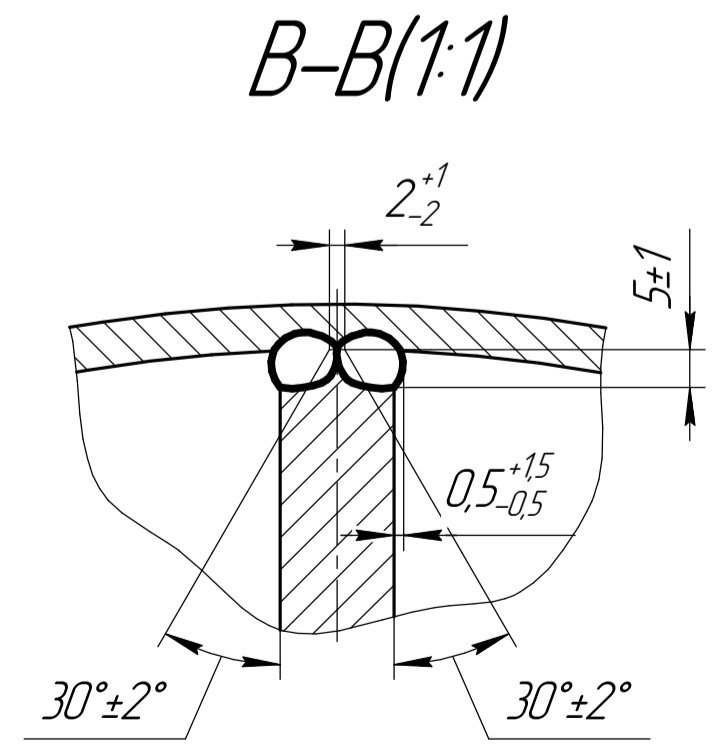
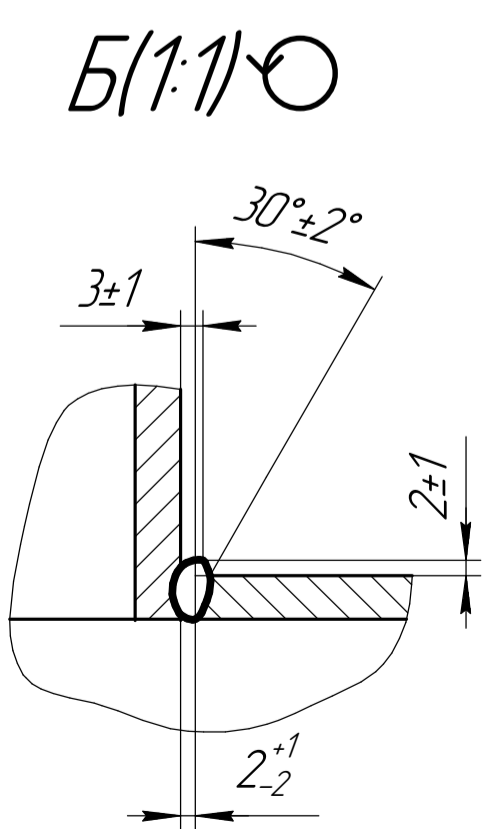
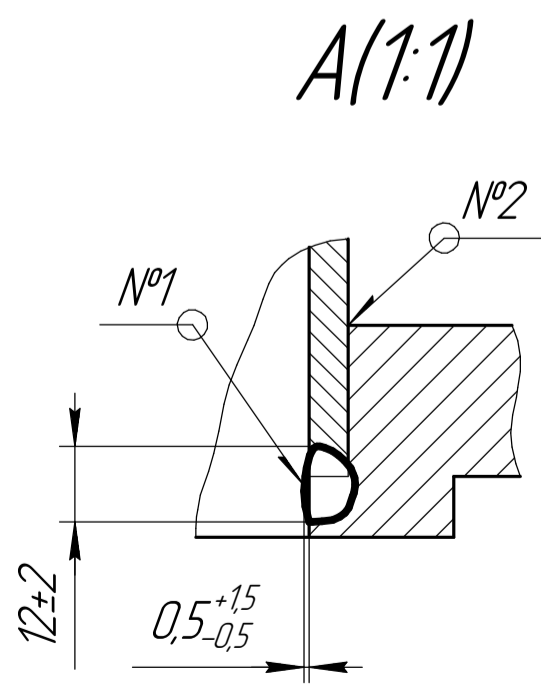


Таблица сварных швов

№ шва	Обозначение или способ сварки	Конструктивные элементы шва	Кол. швов	Электрод или сварочная проволока (марка, тип, диаметр)
1	ГОСТ 5264-80	A	2	Ц/А-11-5,0
2	ГОСТ 5264-80-Т1	Катет 6 <sup>+1</sup>	2	Ц/А-11-5,0
3	СО 32 ТУ	Р-3/Р	2	Зсв-06Х22Н9Т
4	ГОСТ 5264-80	В-В	2	Ц/А-11-5,0

1. \*Размеры для справок.



Перв. примен.  
Справ. №  
Подп. и дата  
Изм. № д/дл.  
Взам. инв. №  
Подп. и дата  
Инд. № подл.

6.133.20.08.02.00.00 СБ				Лит.	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Камера распределительная	
Разраб.	Швец				Сборочный чертеж	
Пробв.	Банишевский				Лист	Листов 1
Т.контр.					ШИ СМУ ГУ	
Н.контр.					Копировал	
Утв.					Формат А2	



