

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ШОСТКИНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра: Хімічної технології високомолекулярних сполук

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВР
зі спеціальності 6.133: Галузеве машинобудування

Тема роботи: Виробництво технічного толуолу. Конденсатор колони ректифікації.

Виконав студент

Арехович В.А.

Залікова книжка:

№ _____

Захищений з оцінкою:

Керівник проекту

Банишевський В.В.

ШІ Сум ДУ 2021

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ШОСТКИНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
СУМСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
 Спеціальність: Галузеве машинобудування

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. Кафедрою

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВР

Студенту: Арехович В.А.

група ХМзт-71ш курс IV

1. **Тема курсової роботи:** «Виробництво технічного толуолу. Конденсатор колони ректифікації.»

2. **Вихідні дані:** Витрати пари в дефлегматорі $G_1 = 2600$ кг/годину. Охолодження здійснюється водою з початковою $t_n = 15^\circ\text{C}$. Температура конденсації пари дистилляту $t_1 = 100^\circ\text{C}$.

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

3.1 Загальний вигляд 2хА1;

3.2 Технологічна схема А1;

3.3 Складальні креслення 1хА1.

4. Література та матеріали, які рекомендуються: Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств: Примеры и задачи: Учеб. пособие для студентов / М.Ф. Михайлев, Н.П. Третьяков, А.И. Мильченко, В.В. Зобнин; Под общ. ред. М.Ф. Михайлева. Л.: Машиностроение, Ленингр. отдние, 1984. - 301 с., ил.

5. Контрольні терміни виконання: травень

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

6. Дата видачі завдання Березень 2021 р

7. Термін захисту курсової роботи Червень 2021р.

Керівник комплексної курсової роботи Банишевський В.В.

Реферат

Пояснювальна записка: 64 с, 2 рисунків, 12 літературних джерел.
Графічні матеріали: складальне креслення апарата, технологічна схема, креслення складальних одиниць листів 4 формату А1.

Тема: Виробництво технічного толуолу. Конденсатор колони ректифікації.

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

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

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

Описаний монтаж і ремонт апарату та охорона праці.

Ключові слова: АПАРАТ, КОРПУС, КОНДЕНСАЦІЯ, ДЕФЛЕГМАТОР, ТОЛУОЛ, ВОДА.

Зміст

Вступ.....	5
1 Технологічна частина	6
1.1 Опис технологічної схеми виробництва	6
1.2 Теоретичні основи процесу	8
1.3 Опис конструкції апарата	9
2 Технологічні розрахунки процесів і апарату.....	12
2.1 Матеріальний та тепловий баланси.....	12
2.2 Конструктивні розрахунку апарату.....	14
2.3 Гідрравлічні розрахунки.....	19
2.4 Вибір допоміжного обладнання.....	20
3 Проектно-конструкторська частина	25
3.1 Вибір конструкторських матеріалів	25
3.2 Розрахунки на міцність та герметичність.....	25
3.2.1 Розрахунок товщини стінки корпусу і кришки апарата.....	25
3.2.2 Розрахунок товщини трубної решітки	27
3.2.3 Розрахунок фланцевого з'єднання	29
3.2.4 Розрахунок і вибір опори апарату	42
4 Монтаж та ремонт апарата	45
4.1 Обумовлення розміщення обладнання	45
4.2 Опис монтажу апарата	46
4.3 Опис ремонтних робіт апарата	48
5 Охорона праці	53
5.1 Аналіз потенційних небезпек які можуть виникнути під час роботи обладнання	54
5.2 Характеристики готового продукту	54
5.3 Розрахунок вентиляції	55
Висновки	63
Література	64

					6.133.21.02.00.00.00 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум	Подпись	Дата				
Разраб.	Арехович				Виробництво технічного толуолу	Лит.	Лист	Листов
Провер.	Банішевський						4	64
Н. Контр.					ШІ Сум ДУ			
Утверд.								
					Пояснювальна записка			

Вступ

Конденсація пара завжди пов'язана з одночасним і спільним протіканням процесів тепло- і масообміну. При цьому утворюється маса конденсату яка визначає кількість переданої речовини, а теплота пароутворення - кількість переданої теплоти одиницею маси сконденсованої речовини.

У техніці можливі два види конденсації пари: на охолоджуваній поверхні і безпосередньо в обсязі парового потоку.

Перший вид конденсації становить найбільший інтерес, так як він переважно має місце в теплообмінних апаратах. Другий вид конденсації при деяких умовах може супроводжувати конденсації на охолоджуваних поверхнях з утворенням туману в ядрі парового потоку.

За характером утворення рідкої фази на твердій поверхні охолодження розрізняють три види конденсації пари: плівкову, крапельну і змішану. Плівкова конденсація має місце на поверхнях, добре змочуваних конденсатом даної речовини, а також на слабо змочуваних поверхнях при інтенсивній конденсації. При плівковій конденсації рідина відразу ж розтікається по всій поверхні і утворює суцільну плівку, яка під дією сил тяжіння і тертя з боку рухомого пара безперервно стікає з поверхні і весь час поповнюється новими порціями конденсату. Умови змочуваності поверхні рідиною визначаються співвідношенням сил поверхневого натягу на краях краплі.

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

1 Технологічна частина

1.1 Опис технологічної схеми виробництва

Початкова суміш надходить зі складу в ємність E1. На ємності встановлюють прилад для вимірювання рівня, який показує і сигналізує про граничний верхньому і нижньому його значенні. При досягненні верхньої позначки припиняють подачу вихідної суміші в ємність, при досягненні нижньої - відновлюють.

Із ємності E1 рідина суміш закачується відцентровим насосом Н1. Насос продубльований на випадок відмови запасним насосом Н2. Також передбачена обводна (байпасна) лінія, що працює в разі зупинки установки на ремонт або профілактику, яка служить для спуску рідини з трубопроводу.

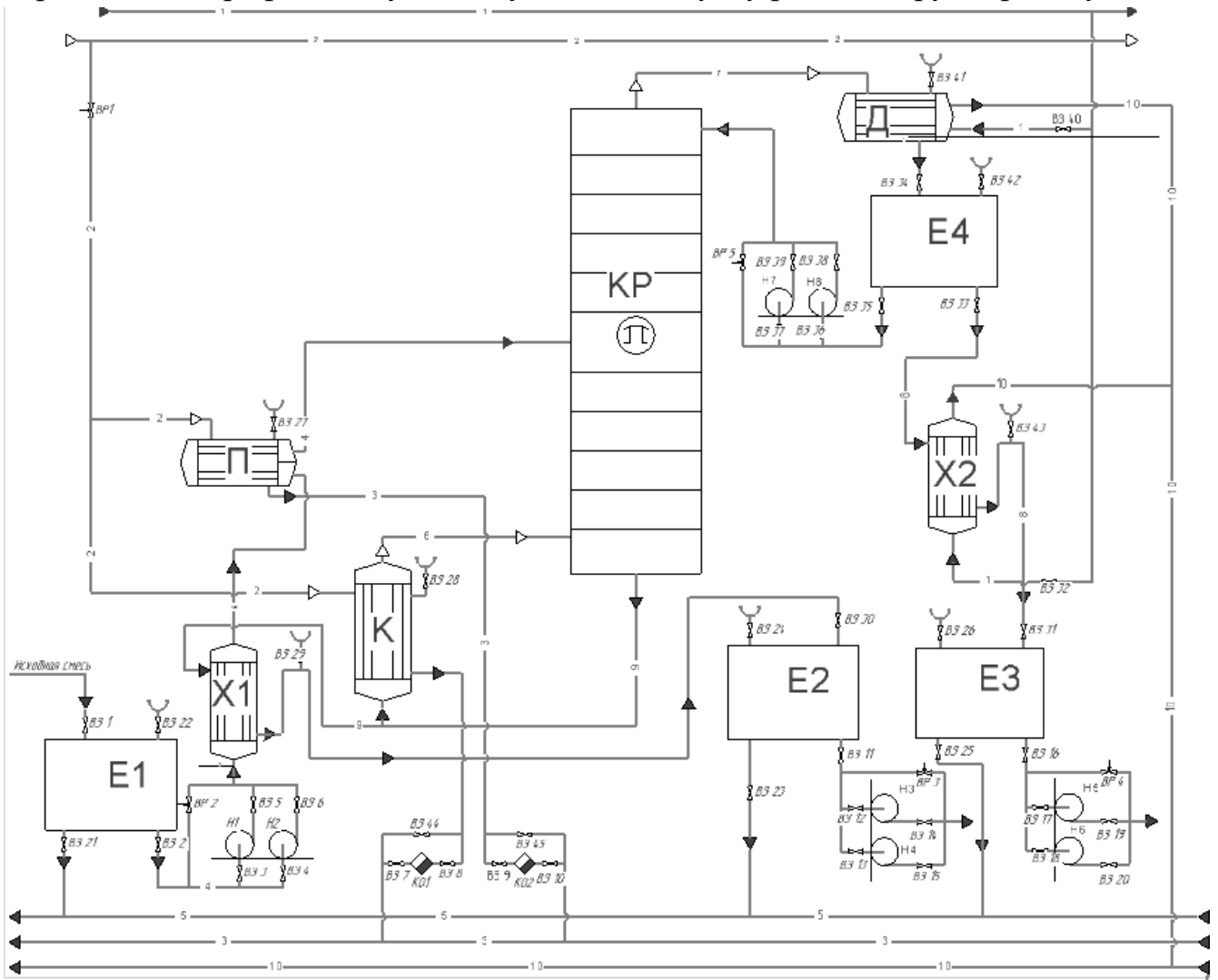


Рисунок 1.1 – Технологічна схема виробництва толуолу

Д – конденсатор, КР – колона ректифікаційна, К – кип'ятильник, П – підігрівач, Х 1-2 – холодильник, Е 1-4 – ємності, Н 1-8 – насоси, ВЗ 3-45 – вентиль регульований, КО 1-2 – конденсатовідвідник.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

6.133.21.02.00.00.00 ПЗ

Арк.

6

В установці передбачено раціональне використання тепла. Тепло відведених потоків використовується для нагрівання висхідний, тобто нагрівають початкову суміш за рахунок тепла рідини, віддається з нижньої частини колони, так званого кубового залишку. Даний теплообмін здійснюється в рекуператорі Х1. Це теплообмінний кожухотрубчасті апарат, в один простір якого подається насосом вихідна суміш, а в інше - кубовий залишок.

Після виходу з рекуператора вихідна суміш нагрівається, але не до температури кипіння. Подальший нагрів суміші здійснюють в підігрівачі П. В трубний простір цього кожухотрубчатого теплообмінника надходить підігріта початкова суміш, а в міжтрубний - гріючий пар, що подається по трубопроводу з котельні. Пар, конденсуючись, віддає своє тепло початкової суміші, нагріваючи її до температури кипіння. Температура початкової суміші регулюється спеціальним приладами.

Далі кипляча суміш надходить в колону на ректифікацію.

У колоні пари вихідної суміші йдуть вгору, збагачуючись толуолом, а рідка фаза йде на зрошення нижньої частини. Рідина, що виводиться з нижньої частини колони, частково відводиться в ємність Е2, проходячи при цьому через рекуператор Х1 (див. Вище), а частково подається в кип'ятильник К, який нагріває залишок до температури кипіння і повністю випаровує його. Після виходу з кип'ятильника кубовий залишок повністю переходить в пар. Нагрівання здійснюють гріючою парою, що надходять з котельні.

Сконденсованої пари, що гріє з підігрівача і кип'ятильника видаляють за допомогою конденсатовідвідників КО2 і КО1 відповідно. Для забезпечення безперервної роботи установки при ремонті і огляді водовідвідників їх постачають обвідною (байпасною) лінією.

Пар з кип'ятильника піднімається вгору по колоні, з'єднується з парами вихідної суміші, і, все більше збагачуючись толуолом, виходить через верхній штуцер. Потім він направляється на конденсацію в конденсатор (дефлегматор) Д.

У конденсаторі пари толуолу конденсуються за рахунок води, що охолоджує.

Конденсат надходить в ємність Е4. Тут він ділиться на два потоки: рідина, відбирається на зрошення колони - флегму і готовий продукт - дистилат. Флегма закачується в колону насосом Н7, який продубльований насосом Н8. Для спуску рідини при зупинці установки передбачена обвідна (байпасна) лінія.

					6.133.21.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Флегма, подана в колону на зрошення, змішується з початковою сумішшю і стікає по тарілках в куб колони.

Дистилят, протікаючи по трубопроводу, підводиться до холодильника Х2, де він охолоджується до потрібної температури холодною водою. Охлажденний дистилят надходить в ємність Е3. Тут також встановлено прилад для вимірювання рівня, що включає насос Н6 при досягненні кількістю готового продукту - толуол - заданої позначки.

Оборотна вода надходить по трубопроводу 1 і видаляється після виконання заданих функцій по трубопроводу 10.

Гріючий пар подається по трубопроводу 2 і видаляється у вигляді конденсату по лінії 3.

1.2 Теоретичні основи процесу

Якщо пар стикається зі стінкою, температура якої нижча за температуру 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 незмочених поверхнях охолодження).

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

При крапельній конденсації можна отримувати високі коефіцієнти тепловіддачі. Наприклад, коефіцієнти тепловіддачі при плівковій конденсації водяної пари атмосферного тиску мають порядок $(7\div 12) \cdot 10^3$ Вт/(м²·К), а при крапельній конденсації - $(4\div 10) \cdot 10^4$ Вт/(м²·К).

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

Практично в сучасних конденсаторах завжди відбувається плівкова конденсація пара.

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

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

При плівковій конденсації на вертикальній поверхні у верхній частині плівки, коли її товщина l , відповідно, швидкість течії невеликі, має місце чисто ламінарний рух з плоскою межею поділу фаз.

Надалі на поверхні плівки починають виникати хвилі, що призводять до деякого зменшення товщини плівки конденсату. На поверхні конденсату встановлюється температура, практично рівна температурі насичення $t_{\text{нас}}$.

Зміст 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 пара до поверхні теплообміну.

Оцінити швидкість переміщення плівки дуже важко, тому для опису гідродинаміки стікання плівки використовують критерії Галілея, який характеризує співвідношення сил тяжкості і тертя:

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

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 $K = r / (c_{\text{ж}} \Delta t)$ – критерій фазового переходу, або критерій конденсації, є мірою відношення теплоти, що витрачається на фазове перетворення, до теплоти переохолодження фази: r - питома теплота конденсації; $c_{\text{ж}}$ – питома теплоємність конденсату; $\Delta t = t_{\text{нас}} - t_{\text{ст}}$.

1.3 Опис конструкції апарата

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

Залежно від конструктивних особливостей розрізняють кожухотрубні, кожухозмійовікові, вертикальнотрубні і ін. конденсатори.

Найбільшого поширення набули кожухотрубні конденсатори.

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

Пар підводиться у верхню частину конденсатора в міжтрубний простір, де він конденсується і заповнює конденсатор на висоту 0,5-0,6 діаметру корпусу. Конденсат видаляється з конденсатора знизу через патрубок. По трубах зі швидкістю 0,8-1,5 м / с циркулює охолодне середовище.

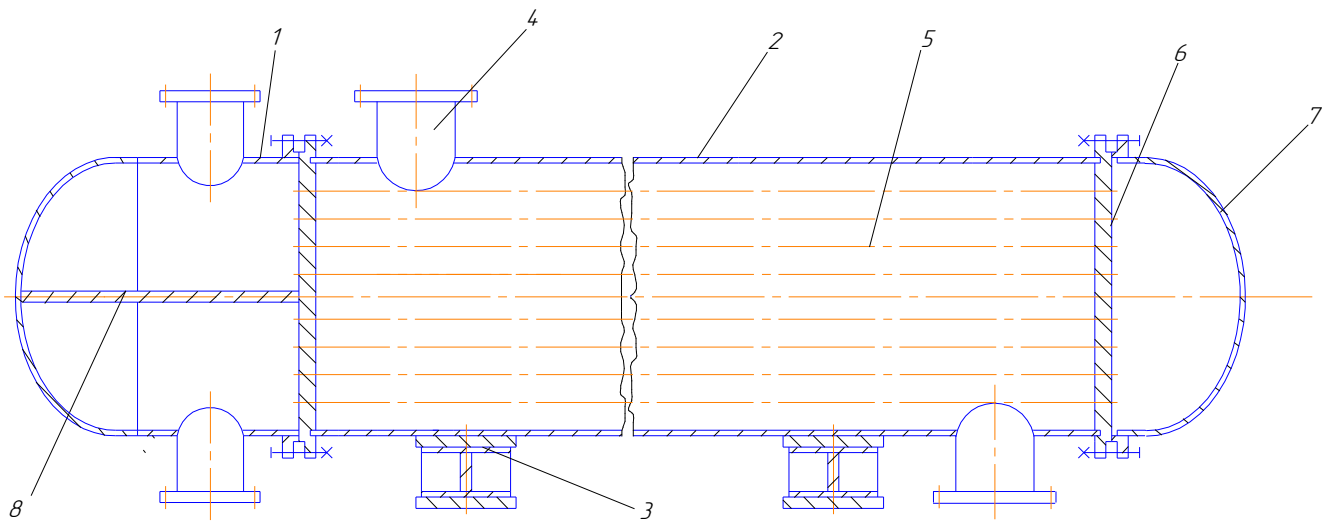


Рисунок 12 – Кожухотрубчастий горизонтальний багатотрубний теплообмінник — Конденсатор (дефлегматор):

- 1 – розподільна камера, 2 – гріюча камера, 3 – опора, 4 – штуцер;
5 – трубочатка, 6 – трубна решітка, 7 – кришка, 8 – перегорядка

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

Матеріал кожуха, звичайний для конденсаторів, зварена з листової сталі обичайка. Труби обрані сталевими, які завальцьовані в трубну решітку.

Завданням конструктивного розрахунку конденсатора є визначення його основних розмірів.

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

Корпус апарату виконаний у вигляді циліндричної обичайки з листового матеріалу, причому внутрішній діаметр корпусу приймається відповідно до стандартного значенням ряду чисел. Товщина стінки корпусу визначається з розрахунку на міцність.

Кінці трубок закріплюють в решітці. Трубна решітка представляє собою диск, в якому висвердлені отвори під трубки і служить разом з трубками для поділу трубного і міжтрубному простору. Розміщення отворів в решітці і їх

									Арк.
									10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	6.133.21.02.00.00.00 ПЗ				

крок регламентуються нормативними документами. Кріплення труб в трубній решітці повинна бути міцною, герметичним і забезпечувати легку заміну труб.

Розподільні камери і кришки призначені для розподілу потоку робочого середовища за теплообмінних труб. Для створення необхідного числа ходів розподільної камери встановлюють перегородки.

Також в конструкції теплообмінника присутні фланці, прокладки і кріпильні елементи, які призначені для з'єднання складових частин апарату і повинні забезпечувати герметичність з'єднання.

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

2 Технологічні розрахунки процесів і апарату

2.1 Матеріальний та тепловий баланси

Секундна витрата пари толуолу

$$G_1 = \frac{2600}{3600} = 0,7 \text{ кг/с.}$$

Температура конденсації пари толуолу при $P_k=1,25$ ата по рис. XV [2]

$$t_{\text{кг}} = 100 \text{ }^\circ\text{C}$$

Теплота конденсації толуолу при $t_{\text{кг}} = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ по таблиці VII [1]

$$r_1 = 347 \text{ кДж/кг.}$$

Кількість теплоти, що виділяється при конденсації пари

$$Q_k = G_1 \cdot r_1 \quad (2.1)$$

$$Q_k = 0,7 \cdot 347 = 243 \text{ кВт.}$$

Теплоємність парів толуолу при середній температурі парів

$$t_{\text{ср1}} = \frac{t_{\text{к2}} + t_{\text{нр}}}{2} = \frac{100 + 50}{2} = 75 \text{ }^\circ\text{C}$$

згідно таблиці XIII [1]

$$c_1 = 2,41 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{K).}$$

Кількість теплоти, витрачений на охолодження пари толуолу

$$Q_{\text{ох}} = G_1 \cdot c_1 (t_{\text{нр}} - t_{\text{кг}}) \quad (2.2)$$

$$Q_{\text{ох}} = 0,7 \cdot 2,41 (100 - 75) = 42 \text{ кВт}$$

					6.133.21.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Теплове навантаження конденсатора

$$Q = Q_k + Q_{ox} = 243 + 42 = 285 \text{ кВт}$$

Так як теплота, витрачена на охолодження пари толуолу в порівнянні з тепловим навантаженням апарату, складає 2,3%, то при розрахунку теплової зони охолодження конденсатора можна не враховувати. Допустима похибка в технічних розрахунках дорівнює 3%.

Прийmemo температурний перепад теплоносіїв на гарячому кінці апарату рівним 25 °С, тоді кінцева температура охолоджуючої води

$$t_{кх} = t_{нг} - 30 = 75 - 30 = 45 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Середня температура охолоджуючої води

$$t_{cp2} = \frac{t_{нх} + t_{кх}}{2} = \frac{15 + 45}{2} = 30^{\circ}\text{C}$$

Фізичні параметри води при цій температурі (додатки I, II, III, IV) [1] :

густина	$\rho_2 = 998 \text{ кг/м}^3$;
в'язкість	$\mu_2 = 1,0 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$;
теплоємність	$c_2 = 4,19 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{К)}$;
теплопровідність	$\lambda_2 = 0,597 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$.

З рівняння теплового балансу

$$Q = Q_k + Q_{ox} = Q_{нагр} + Q_{нот} \quad (2.3)$$

Витрата охолоджуючої води з урахуванням 3% втрат тепла

$$G_2 = \frac{Q}{1,05 \cdot c_2 (t_{кх} - t_{нх})} \quad (2.4)$$

$$G_2 = \frac{285}{1,03 \cdot 4,19 \cdot (45 - 15)} = 2,2 \text{ кг/с}.$$

					6.133.21.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зобразимо температурну схему процесу взаємодій теплоносіїв

$$\begin{array}{ccc} 80 & \rightarrow & 75 \\ & & \\ 45 & \leftarrow & 15 \\ \hline \Delta t_M = 35^\circ\text{C} & & \Delta t_6 = 60^\circ\text{C} \end{array}$$

Середня різниця температур:

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_6 - \Delta t_M}{\ln \frac{\Delta t_6}{\Delta t_M}} \quad (2.5)$$

$$\Delta t_{cp} = \frac{60 - 35}{\ln \frac{60}{35}} = 46^\circ\text{C};$$

Необхідна площа теплообміну

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{cp}} \quad (2.6)$$

де $K = 150 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ – орієнтовне значення коефіцієнта тепловіддачі [2].

$$F = \frac{285 \cdot 10^3}{150 \cdot 46} = 41,3 \text{ м}^2$$

2.2 Конструктивні розрахунки апарату

За табл. 5.10 [7] попередньо приймаємо кожухотрубний конденсатор, який має параметри:

діаметр кожуха	$D = 600 \text{ мм};$
число ходів	$Z = 2;$
загальне число труб	$n_T = 66;$
довжина труб	$l_T = 6,0 \text{ м};$

					6.133.21.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

поверхню теплообміну $F = 62 \text{ м}^2$;
 площа перерізу одного ходу $f_{\text{тр}} = 0,023 \text{ м}^2$,
 площа перетину міжтрубному
 простору $f_{\text{мтр}} = 0,03 \text{ м}^2$.
 Уточнене значення швидкості руху води в трубах

$$\omega_2 = \frac{G_2}{\rho_2 \cdot f_{\text{тр}}} \quad (2.7)$$

$$\omega_2 = \frac{2,2}{998 \cdot 0,023} = 0,09 \text{ м/с.}$$

Значення критерію Re для води

$$\text{Re}_2 = \frac{\omega_2 \cdot d_{\text{в}} \cdot \rho_2}{\mu_2} \quad (2.8)$$

$$\text{Re}_2 = \frac{0,09 \cdot 0,021 \cdot 998}{1,0 \cdot 10^{-3}} = 1886 < \text{Re} = 2300$$

режим руху ламінарний.

Значення критерію Pr для води

$$\text{Pr}_2 = \frac{c_2 \cdot \mu_2}{\lambda_2} \quad (2.9)$$

$$\text{Pr}_2 = \frac{4,19 \cdot 10^3 \cdot 1,0 \cdot 10^{-3}}{0,597} = 7,0$$

Орієнтовно температуру стінки прийmemo на $20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ вище [3] середньої температури води, тобто

$$t_{\text{ст}} = t_{\text{ср2}} + 10 = 30 + 20 = 50 \text{ }^{\circ}\text{C.}$$

Тоді значення критерію Pr при температурі стінки по рисунку XIII [2]

$$\text{Pr}_{\text{ст}} = 5,8.$$

					<i>6.133.21.02.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Значення критерію Nu для води

$$Nu = 1,55 \cdot \varepsilon_1 \left(Re \frac{d}{L} \right)^{1/3} \left(\frac{Pr}{Pr_{ct}} \right)^{0,14} \quad (2.10)$$

$$Nu = 1,55 \cdot 1 \cdot \left(1886 \cdot \frac{0,021}{3,0} \right)^{1/3} \left(\frac{7,0}{5,8} \right)^{0,14} = 6,3$$

Коефіцієнт тепловіддачі для води

$$\alpha_2 = \frac{Nu_2 \cdot \lambda_2}{d_{BH}} \quad (2.11)$$

$$\alpha_2 = \frac{6,3 \cdot 0,597}{0,021} = 180 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

Параметри толуолу при температурі конденсації (1, Додатки I, II, III, IV):

густина

$$\rho_1 = 867 \text{ кг/м}^3;$$

в'язкість

$$\mu_1 = 0,199 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с};$$

теплоємність

$$C_1 = 2,41 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{К)};$$

теплопровідність

$$\lambda_1 = 0,136 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)};$$

теплота конденсації

$$r_1 = 347 \text{ кДж/кг.}$$

Коефіцієнт тепловіддачі при конденсації пари толуолу [7]

$$\alpha_1 = 0,728 \cdot \varepsilon^4 \sqrt{\frac{\lambda_1^3 \cdot \rho_1^2 \cdot \tau_1 \cdot q}{\mu_1 \cdot \Delta t \cdot d_H}} \quad (2.12)$$

де $\varepsilon = 0,7$ [7, с. 34]; Δt – різницю температур між температурою конденсації і стінкою

$$\Delta t = t_{кр} - t_{ст} = 100 - 50 = 50 \text{ }^\circ\text{C.}$$

Тоді

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

$$\alpha_1 = 0,728 \cdot 0,7 \sqrt[4]{\frac{0,136^3 \cdot 867^2 \cdot 347 \cdot 10^3 \cdot 9,81}{0,199 \cdot 10^{-3} \cdot 50 \cdot 0,025}} = 1675 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Термічний опір стінок апарату [3] для труб з вуглецевої сталі

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

Сумарний термічний опір забруднень [3]

$$\tau = 2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт},$$

Тоді коефіцієнт теплопередачі

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}} + \tau} \quad (2.13)$$

$$K = \frac{1}{\frac{1}{1675} + \frac{1}{180} + \frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}} + \tau} = \frac{1}{\frac{1}{1675} + \frac{1}{180} + 0,43 \cdot 10^{-4} + 2 \cdot 10^{-4}} = 156 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Необхідна поверхню теплообміну конденсатора

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{\text{cp}}} = \frac{285 \cdot 10^3}{156 \cdot 46} = 40,1 \text{ м}^2.$$

За табл. П.4 [4] вибираємо конденсатор з поверхнею теплообміну, що має параметри:

діаметр кожуха	D = 500 мм;
число ходів	Z = 2;
загальне число труб	n _т = 82;
довжина труб	l _т = 6,0 м;
поверхню теплообміну	F = 38 м ² ;
площа перерізу одного ходу	f _{тп} = 0,014 м ² ;
площа перетину міжтрубному	

простору

$$f_{\text{мтр}} = 0,019 \text{ м}^2.$$

Уточнене значення швидкості руху води в трубах

$$\omega_2 = \frac{2,2}{998 \cdot 0,014} = 0,042 \text{ м/с.}$$

Тоді

$$\text{Re} = \frac{\omega_2 \cdot d_{\text{в}} \cdot \rho_2}{\mu_2} = \frac{0,042 \cdot 0,021 \cdot 998}{1,0 \cdot 10^{-3}} = 880 \text{ – режим руху ламінарний,}$$

отже,

$$\text{Nu}_2 = 1,55 \cdot \varepsilon_1 \cdot \left(\text{Re} \cdot \frac{d}{L} \right)^{1/3} \cdot \left(\frac{\text{Pr}}{\text{Pr}_{\text{ст}}} \right)^{0,14}. \quad (2.14)$$

Значення коефіцієнта ε_1 по табл. 4.3 [2] при відношенні

$$\frac{L}{d} > 50 \quad \varepsilon_1 = 1$$

Тоді

$$\text{Nu}_2 = 1,55 \cdot 1 \cdot \left(880 \cdot \frac{0,021}{6} \right)^{1/3} \cdot \left(\frac{7,0}{5,8} \right)^{0,14} = 7,1$$

Коефіцієнт тепловіддачі для води

$$\alpha_2 = \frac{\text{Nu}_2 \cdot \lambda_2}{d_{\text{вн}}} = \frac{7,1 \cdot 0,597}{0,021} = 202 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К.}$$

коефіцієнт теплопередачі

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}} + \tau} = \frac{1}{\frac{1}{1675} + \frac{1}{202} + 0,43 \cdot 10^{-4} + 2 \cdot 10^{-4}} = 178 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К.}$$

					<i>6.133.21.02.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Поверхня теплообміну конденсатора

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{285 \cdot 10^3}{178 \cdot 46} = 37,2 \text{ м}^2.$$

що збігається з прийнятим раніше значенням поверхні теплообміну.

2.3 Гідравлічні розрахунки

Коефіцієнт тертя для охолоджуючої води при перехідному режимі руху

$$\lambda = \frac{64}{\text{Re}} \quad (2.15)$$

$$\lambda = \frac{64}{880} = 0,073$$

Втрата тиску по довжині труб теплообмінника

$$\Delta p_T = \lambda \cdot \frac{L}{d_{BH}} \cdot \frac{\omega^2 \cdot \rho}{2} \quad (2.16)$$

$$\Delta p_T = 0,073 \cdot \frac{6}{0,021} \cdot \frac{0,042^2 \cdot 998}{2} = 184 \text{ Па.}$$

Коефіцієнт місцевих опорів для трубного простору [(2, с.26)]:

- вхідні або вихідна камера, $\zeta = 1,5$;
- вхід в труби або вихід з них, $\zeta = 1,0$.

Втрати тиску на місцевих опорах

$$\Delta p_M = \sum \zeta \cdot \frac{\omega^2 \cdot \rho}{2} \quad (2.17)$$

$$\Delta p_M = (2 \cdot 1,5 + 2 \cdot 1) \cdot \frac{0,042^2 \cdot 998}{2} = 88 \text{ Па.}$$

					6.133.21.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загальна втрата тиску для охолоджуючої води

$$\Delta p = \Delta p_T + \Delta p_M = 184 + 88 = 272 \text{ Па.}$$

2.4 Вибір допоміжного обладнання

Виконаємо розрахунок відцентрового насоса для подачі охолоджуючої води в конденсатор.

Витрати води

$$V = \frac{G}{\rho} \quad (2.18)$$

$$V = \frac{2,2}{998} = 0,02 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с.}$$

в конденсаторі під надлишковим тиском 0,1 МПа. Температура води 15 ° С; геометрична висота підйому 2 м. Довжина трубопроводу на лінії всмоктування 3 м, на лінії нагнітання 10 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 1 м / с. Тоді діаметр трубопроводу

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot \omega}}, \quad (2.19)$$

де ω - швидкість води, м/с;

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,002}{3,14 \cdot 1}} = 0,026.$$

Приймаємо трубопровід зі сталі марки 08Х18Н10Т, діаметром 30 × 2 мм.

Визначаємо величину критерію Re

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

$$Re = \frac{\omega \cdot d \cdot \rho}{\mu} = \frac{1 \cdot 0,026 \cdot 998}{1,0 \cdot 10^{-3}} = 25948,$$

режим руху турбулентний.

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

$$\frac{d}{\epsilon} = \frac{26}{0,2} = 130.$$

По рис 1.5 [2, с. 22] знаходимо значення коефіцієнта тертя

$$\lambda = 0,0305$$

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

- вхід в трубу $\epsilon = 0,5$;
- вентиль для $d = 0,013$ мм $\epsilon = 6,7$.

$$\Sigma \epsilon_{\text{вс}} = 0,5 + 6,7 = 7,2;$$

для нагнітальної лінії

- вихід з труби $\epsilon = 1,0$;
- нормальний вентиль $\epsilon = 6,7$;
- дросельна заслонка $\epsilon = 0,9$;
- коліно під кутом 90° $\epsilon = 1,6$.

Отже,

$$\Sigma \epsilon_{\text{н}} = 1 + 6,7 + 0,9 + 2 \cdot 1,6 = 11,8.$$

Визначаємо втрати напору:
у всмоктувальній лінії

$$h_{\text{вс}} = \left(0,0305 \cdot \frac{3}{0,026} + 11,8 \right) \cdot \frac{1^2}{2 \cdot 9,81} = 0,78 \text{ м.}$$

нагнітальної лінії

					<i>6.133.21.02.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$h_H = \left(0,0305 \cdot \frac{10}{0,026} + 11,8 \right) \cdot \frac{1^2}{2 \cdot 9,81} = 1,2 \text{ м.}$$

Загальні втрати напору

$$h_{\Pi} = 0,78 + 1,2 = 1,98 \text{ м.}$$

Визначаємо повний напір [2]

$$H = \frac{\Delta p}{\rho \cdot g} + H_r + h_{\Pi} \quad (2.20)$$

де Δp – надлишковий тиск, Па; H_r – геометричний напір;

$$H = \frac{0,1 \cdot 10^6}{998 \cdot 9,81} + 2 + 1,98 = 14,2 \text{ м.}$$

Корисна потужність насоса

$$N_{\Pi} = \frac{\rho \cdot g \cdot H \cdot V}{1000} \quad (2.21)$$

де V – витрати води, м³/с;

$$N_{\Pi} = \frac{998 \cdot 9,81 \cdot 14,2 \cdot 0,002}{1000} = 1,0 \text{ кВт.}$$

Потужність на валу двигуна

$$N_{\text{дв}} = \frac{N_{\Pi}}{\eta_H \cdot \eta_{\Pi}} \quad (2.22)$$

де η_H – к.к.д. насоса; η_{Π} – к.к.д. передачі;

					6.133.21.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$N_{\text{дв}} = \frac{1,0}{0,7 \cdot 1,0} = 1,42 \text{ кВт.}$$

Установча потужність двигуна з урахуванням пускових моментів

$$N_{\text{уст}} = \frac{1,2 \cdot N_{\text{дв}}}{\eta_{\text{дв}}} = \frac{1,2 \cdot 1,42}{0,85} = 2,0 \text{ кВт.}$$

встановлюємо при $V = 3,02 \text{ м}^3/\text{ч}$ відцентровий насос марки X 8/18 з наступною характеристикою: продуктивність $8 \text{ м}^3/\text{ч}$, напір 18 м .

Розрахунок ємності проміжного зберігання толуолу

Вихідні дані з виконаних розрахунків: масова продуктивність $G = 0,7 \text{ кг/с}$, температура конденсату парів толуолу $t_{\text{нт}} = 100^\circ\text{C}$.

Об'ємна витрата толуолу

$$V = \frac{G}{\rho}, \quad (2.23)$$

де ρ - щільність толуолу при температурі конденсації, кг/м^3 ;

$$V = \frac{0,7}{867} = 0,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с.}$$

Прийmemo, що об'єм ємності повинен забезпечити роботу ректифікаційної установки, тобто

$$V_{\text{тр}} = 8 \cdot 3600 V \quad (2.24)$$

де V – об'ємна витрата толуолу, $\text{м}^3/\text{с}$;

$$V_{\text{тр}} = 8 \cdot 3600 \cdot 0,8 \cdot 10^{-3} = 23 \text{ м}^3.$$

Необхідний обсяг резервуара

$$V_p = V_{\text{тр}} \varphi; \quad (2.25)$$

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

де $\varphi = 0,7 \div 0,85$ коефіцієнт заповнення при спокійному стані рідини:

$$V_p = 0,7 \cdot 23 = 16,1 \text{ м}^3$$

По ГОСТ 9931-79 «Типы и основные размеры емкостных сосудов и аппаратов» приймаємо горизонтальний резервуар, що має номінальний обсяг $V_p = 18 \text{ м}^3$, внутрішній діаметр $D = 2800 \text{ мм}$, довжину циліндричного корпусу $L = 2500 \text{ мм}$.

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

3 Проектно-конструкторська частина

3.1 Вибір конструкторських матеріалів

Вибір конструкційного матеріалу, який визначається умовою експлуатації проєктованого елемента, вузла або апарата (температура, тиск, величина навантаження, характер агресивного впливу середовища, вимоги до якості, що переробляється продукту і т.д.), слід виконувати так, щоб при низькій вартості і не дефіцитності матеріалу забезпечувати ефективну технологію виготовлення елемента (вироби).

Так як в апараті здійснюється технологічний процес із застосуванням матеріалу з підвищеним вимогою до його якості, то для забезпечення умов роботи апарату прийнята корозійностійка сталь аустенітного класу 08X18H10T, 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 зварювальних швів. До недоліків цієї стали слід віднести те, через велику в'язкості вона гірше піддається механічній обробці. Однак, з огляду на, що механічна обробка конструктивних елементів апарату здійснюється тільки за місцем стику зварюваних елементів конструкції, то цей фактор не має істотного впливу в цілому на вартість виготовлення апарату. Матеріал зовнішньої оснастки, арматури, кріпильних елементів і т.д., що не мають контакту з переробляемого середовищем, приймаємо конструкційну сталь 20. Вибір на користь цієї стали, заснований на її порівняно низькій вартості, хорошій оброблюваності і досить високими фізико - механічними властивостями.

3.2 Розрахунки на міцність та герметичність

3.2.1 Розрахунок товщини стінки корпусу і кришки апарата

Прийmemo коефіцієнт міцності зварних швів $\varphi = 0,9$ (ручна дугова електрозварювання), напруга для стали 08X18H10T при $t = 100^{\circ}\text{C}$ [6]

$$\sigma = 134 \text{ МПа.}$$

					6.133.21.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Надлишковий тиск толуолу в міжтрубному просторі приймаємо розрахунковий тиск з нормального ряду тисків $p = 0,1$ МПа.

Для листового матеріалу допустима напруга

$$[\sigma] = \eta \cdot \sigma = 1 \cdot 134 = 134 \text{ МПа.}$$

Розрахункова товщина стінки кожуха

$$s_p = \frac{p \cdot D}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] - p} \quad (3.1)$$

$$s_p = \frac{0,1 \cdot 500}{2 \cdot 0,9 \cdot 134 - 0,1} = 0,2 \text{ мм.}$$

Пробний тиск при гідравлічних випробуваннях при дозволений за напрузі

$$[\sigma]_n = \frac{\sigma_T}{1,1} = \frac{210}{1,1} = 191 \text{ МПа,}$$

$$p_n = 1,25 \cdot p \cdot \frac{[\sigma]_n}{[\sigma]} \quad (3.2)$$

$$p_n = 1,25 \cdot 0,1 \cdot \frac{191}{134} = 0,22 \text{ МПа.}$$

У цьому випадку розрахункова товщина стінки кожуха

$$s_p = \frac{p \cdot D}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma]_n - p} \quad (3.3)$$

$$s_p = \frac{0,22 \cdot 500}{2 \cdot 0,9 \cdot 191 - 0,22} = 0,3 \text{ мм.}$$

					<i>6.133.21.02.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймемо надбавку до розрахункової товщини за весь термін служби апарату (10 років) $c = 10 \cdot 0,1 = 1,0$ мм, тоді виконавча товщина стінки кожуха

$$s = s_p + c = 0,3 + 1,0 = 1,3 \text{ мм.}$$

З запасом приймаємо стандартне значення товщини стінки кожуха $s = 4,0$ мм.[6]

Розрахункова товщина стінки кришки при проведенні гідравлічних випробувань

$$s_p = \frac{p_n \cdot D}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma]_n - 0,5 \cdot p_n} \quad (3.4)$$

$$s_p = \frac{0,22 \cdot 500}{2 \cdot 0,9 \cdot 191 - 0,5 \cdot 0,22} = 0,3 \text{ мм.}$$

Виконавча товщина кришки

$$s_{кр} = s_p + c = 0,3 + 1,0 = 1,3 \text{ мм.}$$

приймаємо $s_{кр} = 4,0$ мм.

3.2.2 Розрахунок товщини трубної решітки

Вихідні дані для розрахунку:

- | | |
|---|-----------------------|
| - внутрішній діаметр | $D = 500$ мм; |
| - розрахунковий тиск в трубному просторі | $p_T = 0,16$ МПа; |
| - розрахунковий тиск в міжтрубному просторі | $p_{MT} = 0,1$ МПа; |
| - допустиме напруження при згині для сталі 08X18H10T $[\sigma_n]$ | $= 146$ МПа; |
| - діаметр труб | $d = 25 \times 2$ мм; |
| - кількість труб | $n_T = 82$. |

					<i>6.133.21.02.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Мінімальний крок між трубками

$$t = 1,3 \cdot d = 1,3 \cdot 25 = 32,5 \text{ мм.}$$

Коефіцієнт ослаблення решітки отворами

$$\varphi_o = \frac{D_{\Pi} - z \cdot d_{\Pi}}{D_{\Pi}}, \quad (3.5)$$

де D_{Π} – середній діаметр ущільнюючої прокладки, м; z - число труб на діаметрі решітки, що визначається за формулою [4]

$$z = 2 \cdot \sqrt{\frac{n_{\Gamma} - 1}{3} + 0,25} \quad (3.6)$$

$$z = 2 \cdot \sqrt{\frac{82 - 1}{3} + 0,25} = 5.$$

Тоді

$$\varphi_o = \frac{0,55 - 5 \cdot 0,025}{0,55} = 0,77.$$

Товщина трубної решітки [(4, IV.27)]

$$h = K \cdot D_{\Pi} \cdot \sqrt{\frac{\rho_{\Gamma}}{\varphi_o \cdot [\sigma_{\Pi}]} + c}, \quad (3.7)$$

					6.133.21.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де K – коефіцієнт, що залежить від типу решітки; z - надбавка на корозію.

Для решітки типу I [(4, с.80)]

$$K = 0,47;$$

отже

$$h = 0,47 \cdot 0,55 \cdot \sqrt{\frac{0,16 \cdot 10^6}{0,77 \cdot 146 \cdot 10^6}} + 0,001 = 0,011 \text{ м.}$$

Висота решітки зовні (4, IV.29)

$$h_1 = K_1 \cdot D_{\text{п}} \cdot \sqrt{\frac{\rho_{\text{г}}}{[\sigma_{\text{н}}]}} + c, \quad (3.8)$$

де $K_1 = 0,28$ – коефіцієнт для решіток типу I.

$$h_1 = 0,28 \cdot 0,55 \cdot \sqrt{\frac{0,16 \cdot 10^6}{146 \cdot 10^6}} + 0,001 = 0,005 \text{ м.}$$

Приймаємо стандартні значення товщини решітки: $h = 28$ мм і $h_1 = 20$ мм.

3.2.3 Розрахунок фланцевого з'єднання

Фланцеве з'єднання кришки і корпусу апарату при $D_{\text{вн}} = 500$ мм і $p = 0,22$ МПа вибирається по ОСТ 26-426-79 з плоскими приварними фланцями і ущільнювальної поверхнею.

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

Товщина втулки фланця [6]

$$s_0 \leq 1,35 \cdot s, \quad (3.9)$$

де $s = 4$ мм – товщина обичайки апарату.

$$s_0 = 1,35 \cdot 4 = 5,4 \text{ мм},$$

приймаємо $s_0 = 6$ мм.

Перевіряємо виконання умови

$$s_0 - s \leq 5$$

$$6 - 4 = 2 \leq 5 \text{ – умова виконується.}$$

Визначимо діаметр болтової окружності. з [6] с.263

$$D_{\sigma} = D_{\text{вн}} + 2 \cdot (2 \cdot s_0 + d_{\sigma} + u), \quad (3.10)$$

де $d_{\sigma} = 20$ мм – діаметр болтів при $D_{\text{вн}} = 500$ мм і $p = 0,22$ МПа (табл. 1.40 [6]); $u = 6$ мм – нормативний зазор між гайкою і втулкою ($u = 4 \div 6$, табл.9 [8]).

$$D_{\sigma} = 0,5 + 2 \cdot (2 \cdot 0,006 + 0,02 + 0,006) = 0,576 \text{ м},$$

приймаємо $D_{\sigma} = 0,58$ м. (см. с.263 [6]).

По [6] с.264 зовнішній діаметр фланця

					<i>6.133.21.02.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$D_{\phi} \geq D_{\phi} + a, \quad (3.11)$$

де $a = 30$ мм (табл.13.27 [6])

$$D_{\phi} = 0,58 + 0,03 = 0,61 \text{ м},$$

приймаємо $D_{\phi} = 0,61$ м [6, с.264].

Зовнішній діаметр прокладки визначається за формулою [6]

$$D_{\Pi} \geq D_{\phi} - e, \quad (3.12)$$

де $e = 30$ мм [6, табл.13,27];

$$D_{\Pi} = 0,58 - 0,03 = 0,55.$$

Середній діаметр прокладки [6]

$$D_{\text{ср.}\Pi} \geq D_{\Pi} - b_{\Pi}, \quad (3.13)$$

де $b_{\Pi} = 15$ мм – ширина прокладки [6, табл.1.42];

$$D_{\text{ср.}\Pi} = 0,55 - 0,015 = 0,535 \text{ м}.$$

Еквівалентна ширина прокладки

$$b_e = b = 15 \text{ мм};$$

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

Застосовуємо матеріал прокладки - Пароніт по ГОСТ 481-80 товщиною 2 мм.

Кількість болтів, необхідна для забезпечення герметичності з'єднання, визначається за формулою [6]

$$Z_{\text{б}} = \frac{\pi \cdot D_{\text{б}}}{t_{\text{б}}}, \quad (3.14)$$

де $t_{\text{б}}$ – крок болтів, $t_{\text{б}} = (4,2 \div 5) \cdot d_{\text{б}} = 4,5 \cdot 20 = 90$ мм [6, табл.13.20]

$$Z_{\text{б}} = \frac{3,14 \cdot 0,58}{0,09} = 16,7.$$

Приймаємо найближче більше кратне чотирьом значення $Z_{\text{б}} = 20$ мм.

Висота фланця визначається за формулою

$$h = \lambda \cdot \sqrt{D_{\text{вп}} \cdot s_{\text{е}}}, \quad (3.15)$$

де $\lambda = 0,38$ – коефіцієнт [6, рис.13.14]; $s_{\text{е}}$ – еквівалентна товщина втулки фланця

$$s_{\text{е}} = \alpha \cdot s_0, \quad (3.16)$$

де $\alpha = 1,0$ – для плоского приварного фланця

$$s_{\text{е}} = 1,0 \cdot 4 = 4 \text{ мм};$$

$$h = 0,38 \cdot \sqrt{0,58 \cdot 0,004} = 0,017 \text{ м},$$

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

приймаємо $h = 28$ мм.

Розрахункова довжина болта між опорними поверхнями головки болта і гайки

$$l_{\text{б}} = l_{\text{б0}} + 0,28 \cdot d_{\text{б}}; \quad (3.17)$$

$$l_{\text{б0}} = 2 \cdot (h_{\text{сп}} + s_{\text{п}}); \quad (3.18)$$

$$l_{\text{б0}} = 2 \cdot (28 + 2) = 60 \text{ мм};$$

$$l_{\text{б}} = 60 + 0,28 \cdot 20 = 65,6 \text{ мм};$$

з урахуванням товщини трубної решітки приймаємо $l_{\text{б}} = 85$ мм.

Навантаження, що діє на фланцеве з'єднання

$$Q_{\text{д}} = \frac{p_{\text{R}} \cdot \pi \cdot D_{\text{сп.п}}^2}{4}, \quad (3.19)$$

де $p_{\text{R}} = 0,22$ МПа – внутрішній тиск в апараті; $D_{\text{сп.п}} = 1,27$ м – середній діаметр прокладки

$$Q_{\text{д}} = \frac{0,16 \cdot 3,14 \cdot 0,535^2}{4} = 0,024 \text{ МН}.$$

Реакція прокладки при робочих умовах [6]

$$R_{\text{п}} = \pi \cdot D_{\text{сп}} \cdot b_{\text{е}} \cdot m \cdot p_{\text{R}}, \quad (3.20)$$

					<i>6.133.21.02.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $m = 2,5$ – коефіцієнт, що залежить від матеріалу прокладки (табл.13.28 [8]);

$$R_n = 3,14 \cdot 0,535 \cdot 0,015 \cdot 0,025 \cdot 0,16 = 0,82 \cdot 10^{-4} \text{ МН.}$$

Зусилля, що виникає від температурних деформацій

$$Q_t = \gamma \cdot Z_6 \cdot f_6 \cdot E_6 \cdot (\alpha_{cp} \cdot t_{cp} - \alpha_6 \cdot t_6), \quad (3.21)$$

де $\alpha_{cp} = 12,5 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$ - коефіцієнт лінійного розширення матеріалу фланця; $\alpha_6 = 12,5 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$ – коефіцієнт лінійного розширення матеріалу болтів; $t_6 = 0,96 \cdot t_p = 0,96 \cdot 84 = 81^\circ\text{C}$ – розрахункова температура неізолюваних болтів; γ – безрозмірний коефіцієнт; Z_6 – кількість болтів; $f_6 = 1,1 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ – розрахункова площа поперечного перерізу болта по зовнішньому діаметру; $E_6 = 1,91 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ – модуль поздовжньої пружності стали 20к при $t_6 = 81^\circ\text{C}$.

$$\gamma = A \cdot Y_6, \quad (3.22)$$

де Y_6 – лінійна податливість болта.

$$Y_6 = \frac{l_6}{E_6 \cdot f_6 \cdot Z_6} \quad (3.23)$$

$$Y_6 = \frac{0,09}{1,91 \cdot 10^5 \cdot 1,1 \cdot 10^{-4} \cdot 20} = 21,4 \cdot 10^{-5} \text{ м/МН;}$$

$$A = [Y_{II} + Y_6 + 0,25 \cdot (Y_{\phi 1} + Y_{\phi 2}) \cdot (D_6 - D_{cp.п})]^{-1}, \quad (3.24)$$

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

де Y_{Π} – лінійна податливість прокладки; $Y_{\text{cp}} = Y_{\phi 1} = Y_{\phi 2}$ – кутова податливість фланця;

$$Y_{\Pi} = \frac{s_{\Pi}}{\pi \cdot D_{\text{cp.}\Pi} \cdot b_{\Pi} \cdot E_{\Pi}} \quad (3.25)$$

$$Y_{\Pi} = \frac{0,002}{3,14 \cdot 0,535 \cdot 0,015 \cdot 2000} = 48,8 \cdot 10^{-6} \text{ м/МН};$$

$$Y_{\text{cp}} = \frac{[1 - \omega \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda)] \cdot \psi_2}{h^3 \cdot E}, \quad (3.27)$$

де ω – безрозмірний параметр; ψ_2 – коефіцієнт, який визначається по рис.13.17 [6].

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

де ψ_1, j – коефіцієнти

$$\psi_1 = 1,28 \cdot \lg K; \quad (3.29)$$

$$K = \frac{D_{\text{cp}}}{D_{\text{вп}}} \text{ – для плоских фланців;}$$

$$K = \frac{0,535}{0,5} = 1,1;$$

$$\psi_1 = 1,28 \cdot \lg 1,1 = +0,045,$$

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

$$\psi_2 = \frac{k+1}{k-1} = \frac{1,1+1}{1,1-1} = 21; \quad (3.30)$$

$$j = \frac{h}{s_e} = \frac{0,028}{0,004} = 7. \quad (\text{с.226 [2]})$$

Тоді

$$\omega = [1 + 0,9 \cdot 0,38 \cdot (1 + 0,045 \cdot 7^2)]^{-1} = 0,48;$$

$$Y_\phi = \frac{[1 - 0,58 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,38)] \cdot 21}{0,028^3 \cdot 1,9 \cdot 10^5} = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ м/МН};$$

$$A = [48,8 \cdot 10^{-6} + 21,4 \cdot 10^{-5} + 0,25 \cdot 3,6 \cdot 10^{-5} \cdot (0,58 - 0,535)^2]^{-1} = 479,5 \text{ МН/м};$$

отже

$$\gamma = 479,5 \cdot 21,4 \cdot 10^{-5} = 0,103;$$

зусилля, що виникає від температурних деформацій

$$Q_t = 0,103 \cdot 20 \cdot 1,1 \cdot 10^{-4} \cdot 1,91 \cdot 10^5 \cdot (12,5 \cdot 10^{-6} \cdot 81 - 12,5 \cdot 10^{-6} \cdot 80) = 0,00054 \text{ МН.}$$

Визначимо коефіцієнт жорсткості фланцевого з'єднання

$$k_{\text{ж}} = \frac{Y_\phi + 0,5Y_{\text{ср}}(D_\phi - D - s_o) \cdot (D_\phi - D_{\text{ср.п}})}{Y_{\text{п}} + Y_\phi + Y_\phi(D_\phi - D_{\text{ср.п}})^2} \quad (3.31)$$

					<i>6.133.21.02.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$k_{жс} = \frac{21,4 \cdot 10^{-5} + 0,5 \cdot 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot (0,58 - 0,4 - 0,006) \cdot (0,58 - 0,535)}{48,8 \cdot 10^{-6} + 21,4 \cdot 10^{-5} + 1,8 \cdot 10^{-5} \cdot (0,58 - 0,535)^2} = 0,82.$$

Визначимо болтові навантаження. В умови монтажу [6]

$$p_{б1} = \max \left\{ \begin{array}{l} k_{ж} \cdot Q_{д} + R_{п} \\ 0,5 \cdot \pi \cdot D_{ср.п} \cdot b_{п} \cdot p_{пр} \end{array} \right\}, \quad (3.32)$$

де $p_{пр}$ – пробний тиск стиснення прокладки, для пароніту по табл. 4 [6]
 $p_{пр} = 20$ МПа.

$$p_{б1} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,82 \cdot 0,024 + 0,82 \cdot 10^{-4} \\ 0,5 \cdot 3,14 \cdot 0,535 \cdot 0,015 \cdot 20 \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,02 \\ 0,204 \end{array} \right\} = 0,204 \text{ МПа.}$$

При робочих умовах [6]

$$p_{б2} = p_{б1} + (1 - k_{ж}) \cdot Q_{д} + Q_{т} \quad (3.33)$$

$$p_{б2} = 0,204 + (1 - 0,82) \cdot 0,024 + 0,00054 = 0,209 \text{ МПа.}$$

Перевірка міцності та герметичності з'єднання
 умова міцності болтів [6]

$$\frac{p_{б1}}{Z_{б} \cdot f_{б}} \leq [\sigma_{б}]^{20}, \quad (3.34)$$

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

$$\frac{P_{62}}{Z_6 \cdot f_6} \leq [\sigma_6]^t, \quad (3.35)$$

де $[\sigma_6]^{20} = 200$ МПа – для матеріалу болтів при температурі 20°C;
 $[\sigma_6] = 134$ МПа – для матеріалу болтів при температурі 84°C.

$$\frac{0,204}{20 \cdot 1,1 \cdot 10^{-4}} \leq 200 = 93 \leq 200 \text{ – умова виконується;}$$

$$\frac{0,209}{20 \cdot 1,1 \cdot 10^{-4}} \leq 134 = 95 \leq 134 \text{ – умова виконується.}$$

Визначимо приведений згинальний момент за формулою 1.145 [1]

$$M_0 = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,5 \cdot (D_6 - D_{\text{ср.п}}) \cdot p_{61} \\ 0,5 \cdot (D_6 - D_{\text{ср.п}}) \cdot p_{62} \end{array} \right\} \quad (3.36)$$

$$M_0 = \left\{ \begin{array}{l} 0,5 \cdot (0,58 - 0,535) \cdot 0,204 \\ 0,5 \cdot (0,58 - 0,535) \cdot 0,209 \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,0046 \\ 0,0047 \end{array} \right\} = 0,0047 \text{ МН}\cdot\text{м.}$$

За формулою 1.141 [6] для прокладки з пароніту

$$\frac{P_{\text{бмак}}}{\pi \cdot D_{\text{ср.п}} \cdot b} \leq p_{\text{п.р}} \quad (3.37)$$

де $p_{\text{п.р}}$ – допускається тиск на прокладку по табл. 1.44 [6] $p_{\text{п.р}} = 130$ МПа;

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

$$p_{\sigma_{\max}} = \max\{p_{\sigma_1}; p_{\sigma_2}\} \quad (3.38)$$

$$p_{\sigma_{\max}} = \max\{0,204; 0,209\} = 0,209 \text{ МН.}$$

$$\frac{p_{\sigma_{\max}}}{\pi \cdot D_{\text{ср.н}} \cdot b} = \frac{0,209}{3,14 \cdot 0,535 \cdot 0,015} = 10,2 \text{ МПа} \leq 130 \text{ МПа,}$$

умова міцності виконується.

Для перетину, обмеженого розміром s_0 перевіряємо умова за формулою 1.147 [6]:

$$\sqrt{(\sigma_0 + \sigma_m)^2 + \sigma_t^2} - (\sigma_0 + \sigma_m) \cdot \sigma_t < \varphi \cdot [\sigma_0], \quad (3.39)$$

де σ_0 – максимальна напруга в перетині, обмеженому розміром s_0 , яка визначається за формулою 1.148 [6]; $\varphi = 0,95$ – коефіцієнт міцності зварних швів; $[\sigma_0]$ – Допустиме напруження для фланця в перерізі s при кількості навантажень з'єднання (складання-розбирання) не більше $2 \cdot 10^3$; σ_t – тангенціальна напруга у втулці від внутрішнього тиску; σ_m – меридіальна напруга у втулці від внутрішнього тиску;

за формулою 1.149 [6]

$$\sigma_m = \frac{p_p \cdot D_{\text{вп}}}{4 \cdot (s_0 - c)} \quad (3.40)$$

$$\sigma_m = \frac{0,16 \cdot 0,55}{4 \cdot (0,006 - 0,001)} = 4 \text{ МПа;}$$

за формулою 1.149 [6]

					<i>6.133.21.02.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sigma_t = \frac{p_p \cdot D_{\text{ВП}}}{2 \cdot (s_0 - c)} \quad (3.41)$$

$$\sigma_t = \frac{0,16 \cdot 0,55}{2 \cdot (0,006 - 0,001)} = 8 \text{ МПа};$$

по формулам 1.143 і 1.148 [6]

$$\sigma_0 = \psi_3 \cdot \frac{T_{\text{ср}} \cdot M_0 \cdot v}{D^* \cdot (s_0 - c)^2}, \quad (3.42)$$

де $\psi_3 = 1$ – для плоских приварних фланців; $T_{\text{ср}}$ – безрозмірний коефіцієнт;

за формулою 1.144 [6]

$$T_{\text{ср}} = \frac{D_{\text{п}}^2 \cdot \left(1 + 8,55 \cdot \lg \frac{D_{\text{п}}}{D_{\text{ВП}}}\right) - D_{\text{ВП}}^2}{(1,05 \cdot D_{\text{ВП}}^2 + 1,945 \cdot D_{\text{п}}^2) \cdot \left(\frac{D_{\text{п}}}{D_{\text{ВП}}} - 1\right)} \quad (3.43)$$

де $D_{\text{п}} = 0,55$ м – зовнішній діаметр прокладки;

$$T_{\text{ср}} = \frac{0,55^2 \cdot \left(1 + 8,55 \cdot \lg \frac{0,55}{0,5}\right) - 0,4^2}{(1,05 \cdot 0,5^2 + 1,945 \cdot 0,55^2) \cdot \left(\frac{0,55}{0,5} - 1\right)} = 0,0083,$$

$$\sigma_0 = \frac{1 \cdot 0,0083 \cdot 0,0047 \cdot 0,48}{0,5 \cdot (0,006 - 0,001)^2} = 2 \text{ МПа};$$

					<i>6.133.21.02.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$[\sigma]_0 = 0,003 \cdot E = 0,003 \cdot 1,9 \cdot 10^5 = 570 \text{ МПа.}$$

Умова міцності

$$\sqrt{(2+4)^2 + 8^2} - (2+4) \cdot 8 \leq 0,95 \cdot 570$$

12 < 542 – умова міцності виконано.

Окружний тиск в кільці фланця

$$\sigma_k = \frac{M_0 \cdot [1 - \omega \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda_{cp})] \cdot \Psi_2}{(D_{BH} \cdot h_{\Psi}^2)} \quad (3.44)$$

$$\sigma_k = \frac{0,0047 \cdot 21 \cdot [1 - 0,48 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,38)]}{0,5 \cdot 0,028^2} = 111 \text{ МПа.}$$

Визначаємо кут повороту фланця за формулою 1.150 [1]

$$\Theta = \frac{\sigma_k \cdot D_{BH}}{E \cdot h_{cp}} \leq [\Theta], \quad (3.45)$$

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

$$\Theta = \frac{111 \cdot 0,5}{1,9 \cdot 10^5 \cdot 0,028} = 0,008 < 0,009 \text{ рад,}$$

тобто умова герметичності з'єднання виконується.

					<i>6.133.21.02.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2.4 Розрахунок і вибір опори апарату

Маса обичайки кожуха

$$m_k = \left[\frac{\pi \cdot (D + 2 \cdot s)^2}{4} - \frac{\pi \cdot D^2}{4} \right] \cdot H \cdot \rho \quad (3.46)$$

де $\rho = 7850 \text{ кг/м}^3$ – щільність сталі.

$$m_k = \left[\frac{3,14 \cdot (0,5 + 2 \cdot 0,004)^2}{4} - \frac{3,14 \cdot 0,5^2}{4} \right] \cdot 6 \cdot 7850 = 220 \text{ кг},$$

Маса кришки і днища [6]

$$m_{кр} = 1,24 \cdot D^2 \cdot s_{кр} \cdot \rho \quad (3.47)$$

$$m_{кр} = 1,24 \cdot 0,5^2 \cdot 0,004 \cdot 7850 = 6 \text{ кг}.$$

Маса труб

$$m_{тр} = \frac{\pi}{4} \cdot (d_H^2 - d_{BH}^2) \cdot H \cdot n \cdot \rho \quad (3.48)$$

$$m_{тр} = \frac{3,14}{4} \cdot (0,025^2 - 0,021^2) \cdot 6 \cdot 82 \cdot 7850 = 558 \text{ кг},$$

Маса фланця з решіткою

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

$$m_{\phi} = \frac{\pi \cdot D_{\phi}^2}{4} \cdot h_{\phi} \cdot \rho \quad (3.49)$$

де D_{ϕ} – зовнішній діаметр фланця, h_{ϕ} – висота фланця.

$$m_{\phi} = \frac{3,14 \cdot 0,51^2}{4} \cdot 0,028 \cdot 7850 = 45 \text{ кг},$$

Об'єм міжтрубного простору

$$V_M = f_{\text{мтр}} \cdot H \quad (3.50)$$

$$V_M = 0,019 \cdot 6 = 0,114 \text{ м}^3.$$

При коефіцієнті заповнення $\varphi = 0,7$ маса толуолу

$$m_{\bar{6}} = V_M \cdot \rho_{\bar{6}} \cdot \varphi \quad (3.51)$$

$$m_{\bar{6}} = 0,114 \cdot 731 \cdot 0,7 = 58 \text{ кг}.$$

Сила тяжіння апарату в робочому стані

$$G = g \cdot (m_k + 2 \cdot m_{\text{кр}} + m_{\text{тр}} + 2 \cdot m_{\phi} + m_{\bar{6}}) \quad (3.52)$$

$$G = 9,81 \cdot (220 + 2 \cdot 6 + 558 + 2 \cdot 45 + 58) = 9200 \text{ Н} = 9,2 \text{ кН}.$$

					<i>6.133.21.02.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо кількість опор $n = 2$ шт.

Навантаження на одну опору

$$Q = \frac{G}{n} = \frac{9,2}{2} = 4,6 \text{ кН.}$$

Обираємо сідлову опору типу 1 з допускається навантаження $Q = 16$ кН.
позначення опори: Опора 16-269-1 ОСТ 26-1265-75.

					6.133.21.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 Монтаж та ремонт апарата

4.1 Обумовлення розміщення обладнання [11]

З метою забезпечення стабільних умов експлуатації обладнання, а також зручності його обслуговування, технологічне і допоміжне обладнання встановлюємо в будівлі. При цьому враховано, що будівля складається із залізобетонних елементів прямокутної форми в плані з використанням уніфікованих типових прольотів і по можливості однакової висоти.

Розміри прольотів, розташування розбивочних осей (кроків колон) і висоти будівлі приймаємо по ГОСТ 23838-79 і 24336-80; розміри прольотів і кроки колон одноповерхових будівель - кратними 6 м.

При розміщенні обладнання передбачені проходи, що забезпечують безпечне обслуговування обладнання, рух обслуговуючого персоналу і транспортних пристроїв, а також зручну очищення робочих поверхонь обладнання. Проходи в світлі (між більш виступаючими частинами обладнання, щитів, конструкцій) по фронту обслуговування беруться не менше 1,0 м. По фронту обслуговування насосів ширина проходу в світлу - не менше 1,5 м. Проходи, службовці для періодичного обслуговування обладнання і щитів управління, повинні мати ширину не менше 0,8 м.

В цілому, компоновка обладнання здійснена по ходу технологічного процесу з раціональним використанням виробничих площ, максимальним скороченням довжини трубопроводів, дотриманням необхідних умов для зручного і безпечного обслуговування машин і апаратів, їх монтажу і ремонту.

При розміщенні обладнання здійснювалася мета щодо спрощення виробничого потоку, скорочуючи при цьому кількість передавальних пристроїв і використовуючи, по можливості, гравітаційні сили для переміщення продукту на окремих ділянках технологічного процесу.

Ґрунтуючись на перерахованих вище умовах компоновки обладнання передбачається розміщення напірних ємностей, дефлегматорів на естакадах у верхній частині виробничого приміщення, а габаритне і масивне обладнання - на нульовій позначці.

Для зручності обслуговування технологічного устаткування, огляду і ремонту, за місцем встановлені майданчики і сходи, які не повинні порушувати міцність і стійкість обладнання. Висота обслуговуючих майданчиків не менше 2,0 м.

					6.133.21.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2 Опис монтажу апарата [11]

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

Маса і розміри випущених в даний час кожухотрубчасті теплообмінники дозволяють транспортувати їх до місця монтажу в повністю зібраному на заводі-виробнику. Для транспортування використовують залізничні платформи, трейлери, автомашини, сани і тому подібне.

Теплообмінники встановлюють горизонтально або вертикально на різних відмітках відповідно до проекту. Опорною конструкцією для них можуть служити: фундаменти у вигляді двох бетонних або залізобетонних стовпів з анкерними болтами (при низькому горизонтальному положенні) і балки висотних металоконструкцій (при горизонтальному розташуванні на великих висотах і вертикальному положенні).

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

У переважній більшості випадків теплообмінники встановлюють в проектне положення за допомогою самохідних кранів. Якщо в конкретних умовах підйому вантажопідйомність кранів недостатня, то практикується установка теплообмінників двома кранами, які працюють строго узгоджено.

Теплообмінники, розміщені в два яруси і більше, доцільно піднімати великими блоками з кількох апаратів після їх взаємної трубопровідної обв'язки, якщо це дозволяють підйомні кошти. Для стикування однотипних теплообмінників та уніфікації їх трубопровідної обв'язки строго витримують при виготовленні установчі розміри штуцерів на корпусі і на розподільчій камері. При підйомі блок обв'язаних теплообмінників укладають в ґратчастий контейнер, за який і виробляють строповку.

До трубопровідної обв'язки приступають після остаточної перевірки стану 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 теплообмінників температурні деформації корпусу між опорами можуть досягати декількох міліметрів, тому

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

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

Монтовані теплообмінники повинні бути опресовані на пробний тиск на заводі-виробнику, тому на монтажному майданчику їх окремо не обпресовують, обмежуючись перевіркою загальної системи теплообміну разом з трубопровідної обв'язкою після завершення монтажних робіт. У тих випадках, коли відсутня акт заводського випробування або апарат довгий час зберігався на складі або 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 що був в експлуатації теплообмінника.

Під час вивірення 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 - ± 20 мм;
- фактичної висотної позначки встановленого апарату - ± 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 контрольної лінійкою;
- осей опорних стійок, каркасів - схилом;
- площин кронштейнів опорних стійок (несучих труби або секції) від розташування їх в одній горизонтальній площині - по натягнутій струні.

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

- осей опорних стійок між собою - ± 3 мм;
- осі опорних стійок від вертикальності - 1мм 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.

					6.133.21.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У процесі тривалої роботи теплообмінні апарати піддаються забрудненню і зносу. Поверхня їх покривається накипом, відкладеннями солей, маслом і тощо. Зі збільшенням відкладень збільшується термічний опір стінки і погіршується теплообмін.

4.3 Опис ремонтних робіт апарата [11]

Знос теплообмінного апарату виражається в наступному:

- зменшення товщини стінки корпусу, трубних решіток, кришок;
- випучини 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;
- заклинювання плаваючих головок і пошкодження їх струбцин;
- порушення гідро- і теплоізоляції.

Підготовка до ремонту включає в себе наступні заходи:

- знижується надлишковий тиск в апараті до атмосферного і апарат звільняється від продукту;
 - відключається арматура, ставляться заглушки на всіх підвідних і відвідних трубопроводах;
 - проводиться продування азотом або водяною парою з наступним промиванням водою і продувкою повітрям;
 - виконується аналіз на наявність отруйних і вибухонебезпечних продуктів;
 - складається план і виходить дозвіл на вогневі роботи, якщо вони необхідні в процесі ремонту;
 - 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 та пневматичним випробуваннями на робочий тиск;
 - часткова зміна або відключення дефектних трубок, кріплення труб гнуття або зварюванням;
 - ремонт футеровки і антикорозійних покриттів деталей з частковою заміною;
 - ремонт або заміна арматури з виробкою, трубопроводів, регулювання запобіжних клапанів;
 - зміна ущільнень розбірних з'єднань;

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

- витяг трубок, чистка внутрішньої поверхні корпусу апарату і теплообмінних трубок, зачистка отворів в трубних решітках, зачистка решт трубок;

- заміна частини корпусу, кришок і зношених деталей;

- виготовлення нових трубок;

- монтаж трубного пучка і вальцювання труб в решітці;

- ремонт плаваючих головок;

- монтаж різьбових з'єднань;

- гідравлічне випробування міжтрубному і трубної частин апарату пробним тиском;

- пневматичне випробування апарату.

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

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

Очищення трубок від відкладень включає обробку як зовнішніх, так і внутрішніх поверхонь. Використовуються такі методи очистки: хімічні, абразивні (для нерозчинних відкладень), спеціальні.

Хімічне очищення виконується без розкриття і розбирання теплообмінника. Для очищення від накипу застосовують 5-15% розчин соляної кислоти з добавками інгібіторів. Для очищення від органічних відкладень використовуються вуглеводневі розчинники. Очищення від твердих відкладень виявляється ефективною при заповненні теплообмінника на добу 5% -м розчином соляної кислоти з добавкою рідкого скла. Твердий осад розпушується в цьому розчині і потім легко змивається водою.

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

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 єршом зі сталевого дроту, приварених до прутків.

					6.133.21.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Гідромеханічна очищення полягає в наступному. Насосом високого тиску по напірним 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 очищуються. Перевага такого методу - можливість очищення внутрішньої і зовнішньої поверхонь трубок, а також корпусу безпосередньо на місці установки апарату. 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 видаляти відкладення практично будь-якої складності.

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

До спеціальних методів відноситься ультразвукове очищення. Ультразвукові перетворювачі за посередництвом головок з вібраторами, що встановлюються в рідині (воді) в середині очищуваного обсягу, дозволяє повністю видалити тверді відкладення, що руйнуються під дією ультразвукових коливань і вимиваються звукопередаюче середовище.

При ремонті трубного пучка допускається установка пробок на 15% трубок в кожному потоці пучка. При виході з ладу понад 15% трубок всі вони замінюється повністю. Вибір матеріалу трубок здійснюється з урахуванням характеристики середовища, її параметрів і відповідно до діючих норм. Застосування вживаних трубок допускається, якщо вони втратили в наслідок зносу не більше 30% початкової ваги.

При заміні завальцованих труб, що не виступає над решіткою, відрізають ножівкою або спеціальним пристосуванням за трубної решіткою. Трубки, що виступають над трубної ґратами, відрізають головкою з різцем. Що залишилися в гніздах решіток кінці трубок сплющують і вибивають.

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

					6.133.21.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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 розвальцюванням. При цьому отвір під розвальцювання обробляються не нижче 7 класу шорсткості. Кінці трубок повинні виступати на 3-5 мм у зовнішнього торця кожної решітки і бути відбортований. З огляду на те, що трубки при розвальцюванні подовжуються, спочатку розвальцюють всі кінці трубок в одній решітці, а потім в іншій. При цьому вальці 4 трубки хрест-навхрест, потім все трубки по периметру і далі інші.

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

За допомогою кольорової дефектоскопії визначають протяжність і положення кінців тріщин, виявлених в корпусі. Ці кінці до заварки засверлюють свердлами діаметром 3-4 мм. Некрізні тріщини глибиною не більше 0,4 товщини стінки обробляється під заварку односторонньої вирубкою на максимальну глибину тріщини зі зняттям крайок під кутом 50-60°. При тріщині понад 100 мм зварювання ведуть обернено ступінчастим методом. Наскрізні і ненаскрізні тріщини глибиною більше 0,4 товщини стінки обробляють на всю товщину вирубкою зубилом або газорізки. При появі гніздо подібних тріщини пошкоджені місця вирізують і закриваються латками, які не повинні мати гострих кутів. Латки зварювати 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 по механічним і хімічним властивостям однаковий з матеріалом ремонтується корпусу;
- товщиною листа заміної частини повинна бути не менше проектної;

									Арк.
									51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	6.133.21.02.00.00.00 ПЗ				

- електроди повинні відповідати зварювального матеріалу;
- замикають обичайки повинні бути 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 менш 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.

Опресовування теплообмінників жорсткої конструкції проводиться при знятих кришках. Вода при гідравлічному випробуванні подається в міжтрубний простір. Поява води в будь-якій з трубок або в місці вальцювання трубки в трубній решітці вказує на дефекти ремонту. У теплообмінниках з плаваючою головкою одна з трубних грат не прикріплена до корпусу. При гідравлічному випробуванні з боку плаваючої головки знімається кришка теплообмінника і на її місце встановлюється сальникове пристосування, призначене для створення герметичності між корпусом і плаваючою головкою.

					<i>6.133.21.02.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						52
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

5 Охорона праці

Технологічний процес отримання толуолу повинен проводитися відповідно до вимог наступних документів:

- «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств», утвержденных 06.09.88 г. Ростехнадзором Украины;
- «Правила эксплуатации предприятий...», утвержденные приказом Министерства оборонной промышленности Украины № 93 ДСП;
- «Правила защиты от статического электричества в производствах отрасли», утвержденные приказом Министра от 12.04.93 г;
- «Правила устройства предприятий...», утвержденные приказом Министерства машиностроения Украины № 109с от 28.03.95 г. и др.

Для кожного промислового виробництва складається нормативно-технічна документація, в якій вказується:

- характеристика властивостей переробляється продукту, вихідної сировини та допоміжних матеріалів;
- опис технологічного процесу зі схемою виробництва;
- норми технологічного режиму із зазначенням гранично допустимих відхилень;
- можливі неполадки технологічного процесу, їх причини та способи усунення;
- основні правила пуску, безпечного ведення процесу і зупинки устаткування;
- аналітичний і автоматичний контроль виробництва;
- правила аварійної зупинки виробництва;
- відходи виробництва, стічні води і викиди в атмосферу: їх со-ставши, способи утилізації або очищення і порядок скидання;
- перелік інструкцій, знання яких є обов'язковим для осіб, які ведуть технологічний процес і які обслуговують дане виробництво.

Точне дотримання нормативно-технічної документації та регла-мента забезпечує задану продуктивність, якість продукції, безпеку і санітарні умови праці.

Порушення послідовності операцій, відхилення (більше допустимих) від заданих кількостей сировини, що завантажується, температур, тиску і тому подібне можуть призвести до аварії. [12]

					6.133.21.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.1 Аналіз потенційних небезпек які можуть виникнути під час роботи обладнання [12]

Під час роботи обладнання можливі наступні потенційні небезпеки і шкідливості:

- отримання травм при обслуговуванні обладнання;
- отримання опіків через можливе протікання компонентів;
- виникнення пожежі при можливому розливі толуолу;
- отруєння парами.

Основна причина виникнення аварійних ситуацій аварії обладнання і порушення правил техніки безпеки обслуговуючим виробництвом персоналом.

При строгому дотриманні правил техніки безпеки, пожежної безпеки, електробезпеки, дотриманні всіх вимог ведення технологічного процесу, перераховані вище небезпеки і шкідливості зводяться до мінімуму.

Всі робочі місця повинні бути забезпечені інструкціями з охорони праці, технологічними плануваннями, технологічними схемами та іншою НТД, необхідної для роботи.

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

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

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

5.2 Характеристики готового продукту

Толуол - безбарвна рідина з характерним запахом. Погано розчиняється у воді, добре розчиняється в інших вуглеводнях.

Основний спосіб промислового отримання: обробка (наприклад, дегідроціклізації) вуглеводнів нафти з наступним виділенням толуолу з суміші шляхом ректифікації.

Використовується як сировина в різних хімічних синтезах і як розчинник для полімерів, лаків, фарб і ін.

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

Токсичний і при цьому летючий, тому при використанні на виробництвах важливо запобігання парів толуолу, а також від контакту зі шкірою.

Сировина для виробництва бензолу, бензойної кислоти, нітротолуолів (в тому числі тринітротолуолу), толуїлендіізоціанатів (через динітротолуол і толуїлендіамін) бензілхлоріда та інших органічних речовин.

Застосовується як розчинник для багатьох органічних речовин і полімерів, входить до складу різних товарних розчинників для лаків і фарб. Входить до складу розчинників марок: Р-40, Р-4, 645, 646, 647, 648. Застосовується як розчинник в хімічному синтезі.

Толуол - токсична речовина, його ГДК в повітрі робочої зони залишає 50 мг / м³ (середньозмінна, за 8 годин) і 150 мг / м³ (максимально разова). А поріг сприйняття запаху цієї речовини може становити (в середньому, в групі людей) ~ 260 мг / м³, і навіть ~ 590 мг / м³; причому у окремих людей він може бути значно більше середнього значення. Тому можна очікувати, що використання широко поширених фільтруючих ЗІЗОД поєднанні з «заміною фільтрів по появі запаху під маскою» (як це майже завжди рекомендується постачальниками) призведе до надмірного впливу парів толуолу на, принаймні, частина працівників - через запізнілої заміни протигазні фільтрів. Тому для захисту від толуолу слід використовувати більш ефективні технології і засоби колективного захисту.

5.3 Розрахунок вентиляції

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 й іншого одночасно, вона називається припливної, витяжної або припливно-витяжної.

За місцем дії вентиляція буває загальнообмінною і місцевою.

Загальна характеристика поверху і умов праці.

1 – Розміри приміщення 54 × 18 × 20.

					6.133.21.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 2 - Приміщення має 12 вікон розміром $4,3 \times 3,9$ м з подвійним склінням і дерев'яними палітурками.
- 3 - Одні подвійні ворота 5×4 і четверо дверей $1,8 \times 2,2$ м.
- 4 - Стіни приміщення цегляні, перекриття бетонне.
- 5 - Устаткування з сумарною витрачається потужністю 154 кВт / год.
- 6 - Потужність одночасно включених світильників 18кВт / год.
- 7 – У приміщенні одночасно працює 6 осіб.
- 8 – Температура зовнішнього повітря
взимку $t^{\circ}_3 = - 14$ С;
влітку $t^{\circ}_л = 25$ С.
- 9 – Розрахункова температура повітря на поверсі - 25° С.
- 10 - Цех знаходиться в північній частині країни.
- Наведений розрахунок виконаний відповідно до СніП II-33-75.

Зробимо визначення теплового балансу на нульовому поверсі

$$Q_б = Q_{в\text{ыд}} - Q_{у\text{х}} \quad (5.1)$$

де $Q_{в\text{ыд}}$ – кількість тепла що отримується з різних джерел;
 $Q_{у\text{х}}$ – кількість тепла, що минає з поверху.

$$Q_{в\text{ых}} = Q_{д\text{в}} + Q_{о\text{с}} + Q_{о\text{б}} + Q_{л\text{юд}} \quad (5.2)$$

$$Q_{у\text{х}} = Q_{п\text{от}} + Q_{д\text{оп}} \quad (5.3)$$

Тепловиділення від електроустаткування

$$Q = \Sigma N \cdot 3603 \cdot \Psi_1 \cdot \Psi_2 \cdot \Psi_3 \cdot \Psi_4, \text{ кДж/год} \quad (5.4)$$

де ΣN – сумарна потужність електрообладнання, кВт / год;

3603,4 - теплоелектричний еквівалент, кДж/кВт;

Ψ_1 – середній ККД електрообладнання, рівний 0,95;

Ψ_2 – коефіцієнт використання, дорівнює 0,5;

Ψ_3 – коефіцієнт одночасності роботи, дорівнює 0,7;

Ψ_4 – коефіцієнт характеризує частку переходу механічної енергії в теплову, дорівнює 0,5.

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

					<i>6.133.21.02.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тепло надходження від штучного освітлення

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

де ΣN – споживана потужність одночасно включаються світильників кВт / год.

$$Q_{oc} = 18 \cdot 3603,4 = 64861 \text{ кДж/год}$$

Тепло надходження на поверх від сонячної радіації.
Враховуються при зовнішній температурі від -10°C і вище.
Для зашкленних прорізів:

$$Q_o = q_o \cdot F_o \cdot A_o \text{ , кДж/год} \quad (5.5)$$

для покриттів

$$Q_n = q \cdot F_n \cdot K_n \text{ , кДж/год} \quad (5.6)$$

де q_o, q – величини радіації;

F, F_n – поверхні скління і покриття, м^2 ;

A_o – коефіцієнт, що враховує вид скління;

K_n – коефіцієнт тепловіддачі покриття;

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

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

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

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

тепловиділення людьми

$$Q_{люд} = Q_{яв} + Q_{скр} \text{ , кДж/год} \quad (5.7)$$

де $Q_{яв}$ – явне «відчутне» тепло (суха тепловіддача тепла).

$Q_{люд}$ – «приховане» тепло (при випаровуванні вологи з поверхні дихання).

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

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

Тепло, що виділяється обладнанням:

$$Q_{об} = 3603,4 \cdot n \cdot Q_{пот}, \text{кДж/год} \quad (5.8)$$

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

n - кількість апаратів.

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

Тепло, що виділяється в цеху:

а) зимою

$$Q_{ввд}^3 = 92256 + 64861 + 8648160 + 5657 = 8810934 \text{ кДж/год};$$

б) влітку

$$Q_{ввд}^л = 8810934 + 165911 = 8976845 \text{ кДж/год.}$$

Втрати тепла в цеху через огорожувальні пристрої:

$$Q_{пот} = \Sigma F \cdot n \cdot K_n \cdot (t_b - t_n), \text{кДж/год} \quad (5.9)$$

де F – поверхня огороження, m^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:

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

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

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

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

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

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

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

б) для літніх умов:

$$\text{при } t_{\text{в}} = 25^{\circ}\text{C}, t_{\text{н}} = 25^{\circ}\text{C}, t_{\text{в}} - t_{\text{н}} = 0$$

$$Q^{\text{л}}_{\text{пот}} = 0.$$

Тепло, що витрачається на нагрів повітря надходить в цех

$$Q_{\text{доп}} = 1 \cdot G \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}), \text{ кДж/год,} \quad (5.10)$$

де 1 – теплоємність сухого повітря, кДж/(кг·град);

$G_{\text{в}}$ – кількість повітря, що поступає в цех, кг / год;

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

Кількість тепла, що минає через огорожувальні пристрої

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

$$\text{Влітку } Q^{\text{л}}_{\text{ух}} = 0 \text{ кДж/год.}$$

Тепловий баланс цеху.

$$\text{взимку } Q^3_{\text{г}} = 8810934 - 395739 = 8415195 \text{ кДж/год.}$$

$$\text{Влітку } Q^{\text{л}}_{\text{г}} = 8976845 \text{ кДж/год.}$$

Визначення шкідливих виділень в цеху:

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

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

n - кількість джерел шкідливих речовин;

G_{CO_2} – кількість вуглекислоти, що виділяється 1 людиною, визначається по таблиці в залежності від характеру робіт.

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

виділення толуолу

$$G_{\text{т}} = 50 \text{ г/год,}$$

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

виділення інших компонентів

$$G_k = 30 \text{ г/год.}$$

Зробимо визначення повітрообміну в цеху.

Визначення повітрообміну при видаленні надлишкового тепла:

$$L_{\text{пр}} = \frac{Q_{\text{изб}}}{1,0 \cdot \rho_{\text{пр}} \cdot (t_{\text{выт}} - t_{\text{пр}})}, \quad (5.11)$$

де $Q_{\text{изб}} = Q_6$;

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

$\rho_{\text{пр}}$ – щільність припливного повітря, кг/м³;

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

і проточного повітря, °С;

$$t_{\text{выт}} = t_{\text{р.з}} + \Delta t(H - h), \quad (5.12)$$

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

Δt – температурний градієнт, °С ;

H – висота приміщення, м;

h – висота робочої зони, м.

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

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

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

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

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

Визначення необхідного повітрообміну при боротьбі зі шкідливими газами і пилом:

$$L = \frac{G}{p - p_1} \text{ м}^3/\text{год}; \quad (5.13)$$

де G – кількість шкідливих домішок, що підлягають розведення в повітрі, г/год;
 p – ГДК газів в повітрі приміщення, г/м³;
 p_1 – концентрація газів в припливно повітрі, г/м³;
 $p_1 = 0$.

Обмін повітря по CO₂:

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

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

Обмін повітря по толуолу:

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

Обмін повітря по домішкам:

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

$$L_T = \frac{50}{1} = 50 \text{ м}^3/\text{год},$$

$$L_d = \frac{30}{0,3} = 100 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Зробимо вибір вентилятора.

Максимальний теплообмін по надлишкового тепла (влітку)

$$1267916 \text{ м}^3/\text{год} = 35,2 \text{ м}^3/\text{с}.$$

					6.133.21.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$p_{gh} = 5500 \text{ Па};$$

$$n = 24,15 \text{ об/с};$$

$$\eta = 0,68.$$

Вентилятор забезпечений електродвигуном 4A280S4 номінальною потужністю $N = 110 \text{ кВт}$ і $\eta = 0,92$.

					<i>6.133.21.02.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						62
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Висновки

Розроблений конденсатор пари толуолу забезпечує задану продуктивність.

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

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

Розрахунками визначені основні розміри апарата.

Наведено обґрунтування компонування обладнання, наведені відомості про час монтажу та ремонту розробленого апарату.

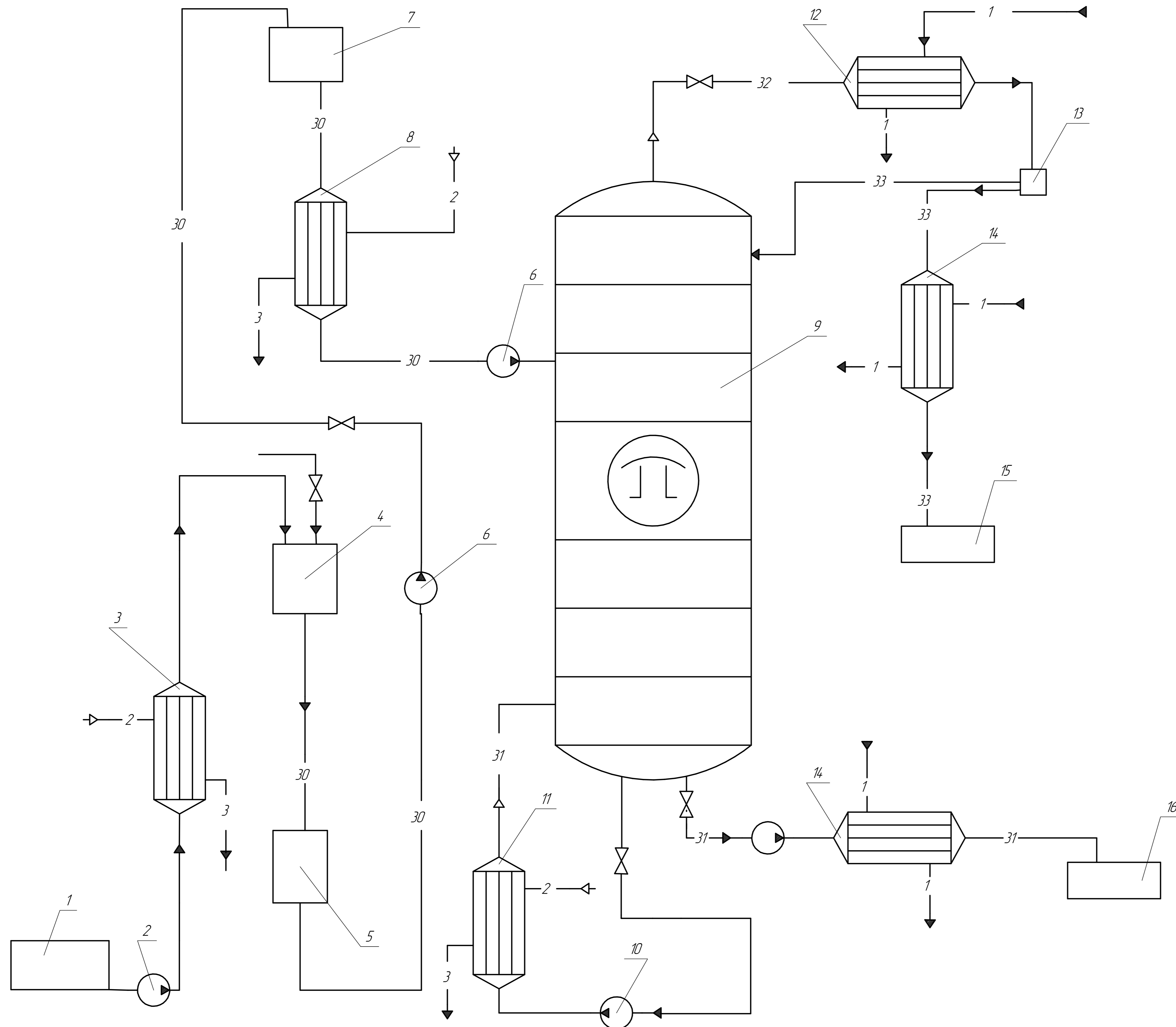
З урахуванням вимог до умов праці проведено аналіз потенційних небезпек і шкідливостей, що виникають при роботі обладнання, розрахована вентиляція та передбачити заходи безпеки при експлуатації обладнання.

					6.133.21.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	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 Лашинский А. А. Конструирование сварных химических аппаратов. Справочник. Ленинград, Машиностроение, 1981, 382 с.
- 9 Лашинский 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.

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

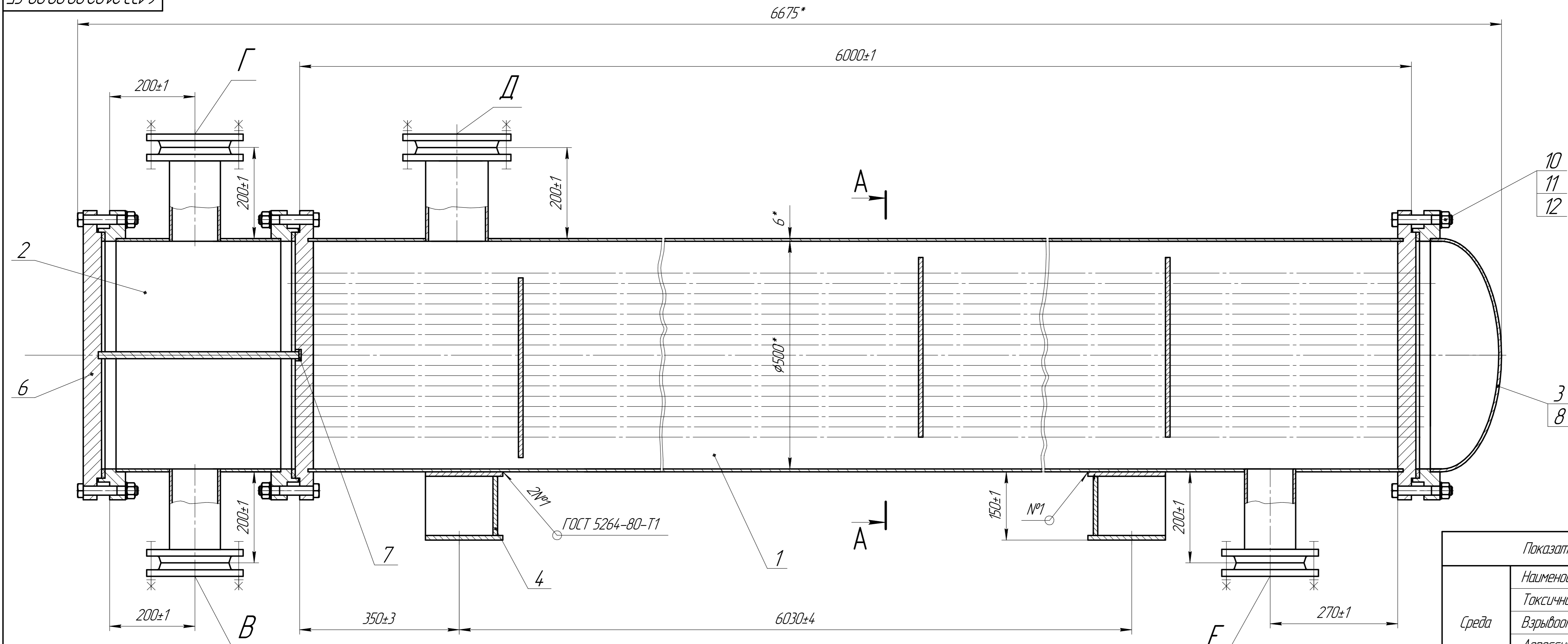


Условное обозначение	Смесь в трубопроводе
1	Вода
2	Пар
3	Конденсат
30	Смесь
31	Кубовый остаток
32	Дистиллят
33	Ректификат

Позиция	Наименование	Количество
1	Ёмкость с исходной смесью	1
2,6,10	Насос	3
3,8	Подогреватель	2
4	Смеситель	1
5	Нейтрализатор	1
7	Ёмкость с смесью	1
9	Колонна ректификационная	1
11	Кипятильник	1
12	Конденсатор	1
13	Распределитель	1
14	Холодильник	2
15	Ёмкость с ректификатом	1
16	Ёмкость с кубовым остатком	1

				6.133.20.02.00.00.00 ТЛ		
Изм. Лист	№ док.им.	Подп.	Дата	Производство технического табулятора Технологическая схема		
Разраб.	Арехович					
Проб.	Бачишевский					
Т.контр.						
И.контр.				Лист 1		
Утв.				ШИ Сум ГУ		

Имя, № подл. Подп. и дата. Взам. инв. №. Инв. № докум. Справ. №. Перв. примен.



10
11
12

3
8

Техническая характеристика

Показатели	Трубное пространство	Межтрубное пространство
	Наименование	Вода
Токсичность	-	Токсичен
Взрывоопасность	-	Пожароопасен
Агрессивность	Слабо коррозионная среда	Слабо коррозионная среда
Температура, °C	15	100
Рабочее давление, МПа	0,1	
Емкость, м ³	-	16,1
Поверхность теплообмена, м ²	38	
Расход, кг/с	2,2	0,7

A-A(1:2,5)

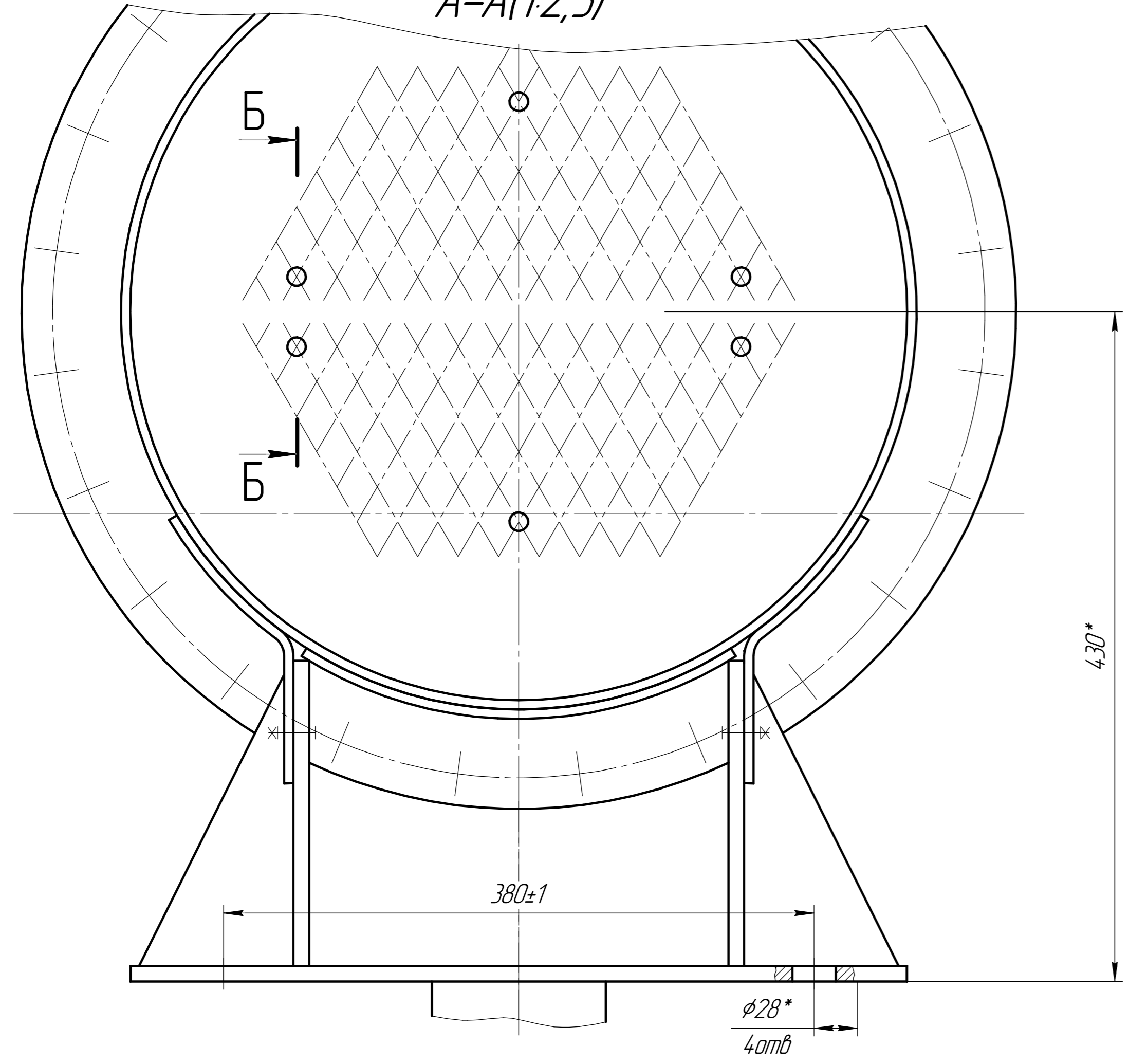
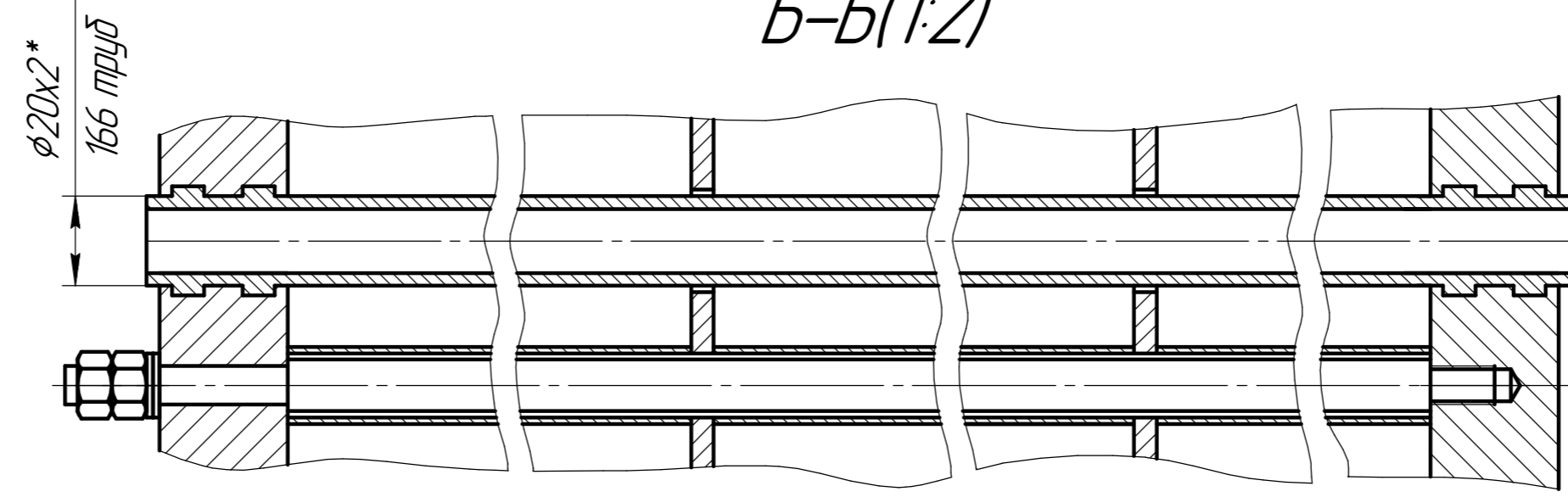


Таблица штуцеров

Обозн.	Наименование	Кол.	Ду, мм	P _y , МПа
В	Вход воды	1	100	0,16
Г	Выход воды	1	100	0,16
Д	Вход паров эфира	1	125	0,125
Е	Выход эфира	1	100	0,125

Б-Б(1:2)



- Технические требования
- Аппарат изготовить в соответствии с ГСТУ 3-17-191-2000 "Посуды из стали сварн. Загальн. техн. умов." 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 (2слой).
 - N14, h14, ± 1/14.
 - *Размеры для справок.
 - Монтаж аппарата произвести в соответствии со СНи ПЗ.05.05-84.
 - На месте эксплуатации аппарат заземлить.

6.133.21.02.00.00.00 СБ				Лист	Масса	Масштаб
Конденсатор						15
Сборочный чертеж				Лист	Листов	1
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата		
Разраб.	Александр					
Проб.	Бонниевский					
Т.контр.						
И.контр.						
Утв.						