

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 хлориду калію. Трьохкорпусна випарна установка продуктивністю 14400 кг/год.

Виконав студент

Некрашевич П.В.

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: Некрашевич П.В.

група ХМз-61ш курс IV

1. Тема курсової роботи: « Виробництво хлориду калію. Трьохкорпусна випарна установка продуктивністю 14400 кг/год.»

2. Вихідні дані: Продуктивність 14400 кг/год, початкова концентрація 12%, кінцева концентрація 32%.

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

3.1 Загальний вигляд 2хА1;

3.2 Технологічна схема А1;

3.3 Складальні креслення А1.

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: 57 с, 2 рисунки, 7 табл., 8 література.

Графічні матеріали: складальне креслення апарата, технологічна схема, креслення складальних одиниць листів 4 формату А1.

Тема: Виробництво хлориду калію. Трьохкорпусна випарна установка продуктивністю 14400 кг/год..

Описана технологічна схема виробництва, теоретичні основи процесу, вибраний матеріал апарата.

Описаний принцип дії апарату, зроблені розрахунки апарату та допоміжного обладнання.

Приведений монтаж та ремонт апарату. Зроблений аналіз небезпек які виникають на виробництві. Описані заходи з охорони праці.

Ключові слова: АПАРАТ, КОРПУС, ХЛОРИД, КАЛІЙ, ВИПАРНИЙ, ПРОЦЕС.

Зміст

Вступ.....	5
1 Технологічна частина.....	6
1.1 Опис технологічної схеми виробництва.....	6
1.2 Теоретичні основи процесу.....	8
1.3 Опис конструкції апарату та вибір матеріалів.....	9
2 Технологічні розрахунки процесу та апарату.....	13
2.1 Матеріальний та тепловий баланси.....	13
2.2 Технологічні розрахунки.....	20
2.3 Конструктивні розрахунки.....	24
2.4 Гідравлічний опір апарату.....	26
2.5 Вибір допоміжного обладнання.....	27
3 Розрахунок апарата на міцність та герметичність.....	33
3.1 Розрахунок товщини стінки корпусу та кришки.....	33
3.2 Розрахунок фланцевого з'єднання.....	35
3.3 Розрахунок і вибір опори.....	44
4 Монтаж і ремонт апарату.....	47
4.1 Монтаж апарату.....	47
4.2 Ремонт апарату.....	48
5 Охорона праці.....	51
5.1 Аналіз потенційних небезпек які виникають під час експлуатації.....	51
5.2 Характеристика працюючого обладнання.....	52
5.3 Характеристика приміщення.....	53
5.4 Система вентиляції.....	53
5.5 Освітлення.....	54
5.6 Електробезпека.....	55
5.7 Екологічна безпека.....	55
Висновок.....	56
Література.....	57

					6.133.20.05.00.00.00 ПЗ						
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Пояснительная за- писка			Лім.	Арк.	Акрушіє	
Розроб.		Некрашевич								4	57
Перевір.		Банишевський									
Реценз.											
Н. Контр.											
Затверд.											
					ШИ Сум ГУ ХМЗ-61Ш						

Вступ

У хімічній і суміжній з нею галузях промисловості рідкі суміші, концентрування яких здійснюється випаровуванням, відрізняються великою різноманітністю як фізичних параметрів (в'язкість, щільність, температура кипіння, величина критичного теплового потоку і ін.), так і інших характеристик (кристалізуються, пінисті, нетерmostійкі розчини та ін.). Властивості сумішей визначають основні вимоги до умов проведення процесу (вакуум-випарювання, прямо - і протиточно, одно - і багатостадійні багатокорпусні випарні установки), а також до конструкцій випарних апаратів.

Така різноманітність вимог викликає певні складнощі при правильному виборі схеми випарної установки, типу апарату, числа ступенів в багатокорпусної випарної установки. У загальному випадку такий вибір є завданням оптимального пошуку і виконується техніко-економічним порівнянням різних варіантів з використанням ЕОМ.

					6.133.20.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						5
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

1 Технологічна частина

1.1 Опис технологічної схеми виробництва

Багатокорпусна випарна установка складається з декількох однокорпусних випарних апаратів, з'єднаних послідовно як по згущується продукту, так і по гріє пару. У ній перший корпус обігрівается парою, що надходить з турбін або парових котлів, а для обігріву кожного наступного корпусу використовується вторинний пар попереднього корпусу. При цьому теплообмін в кожному корпусі забезпечується за рахунок різниці температур пари, що гріє і киплячого продукту. Ця різниця температур створюється завдяки зниженню тиску в кожному наступному корпусі в порівнянні з попереднім, що також сприяє самопливному переходу згущуваного продукту з одного корпусу в інший. При переході з попереднього корпусу в наступний, тобто в простір з меншим тиском і більш низькою температурою, розчин, маючи більш високу температуру, виявляється перегрітим і з нього в результаті самоіспарення видаляється у вигляді пари деяку кількість води. Таким чином, процес самоіспарення зменшує витрату пари на випарювання.

Вторинний пар, що йде з останнього корпусу, має низьку температуру і для обігріву інших теплообмінних пристроїв непридатний, тому його направляють в барометричний конденсатор. Тут в результаті безпосереднього контакту холодної води з парою він конденсується і створюється вакуум, який забезпечує необхідний режим роботи примикають до конденсатора корпусів, що працюють під вакуумом. У багатокорпусній установці, в якій головні Корпуси працюють під тиском, а хвостові – під розрідженням, завдяки багаторазовому використанню тепла значно знижується питома витрата пари, що гріє.

					6.133.20.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

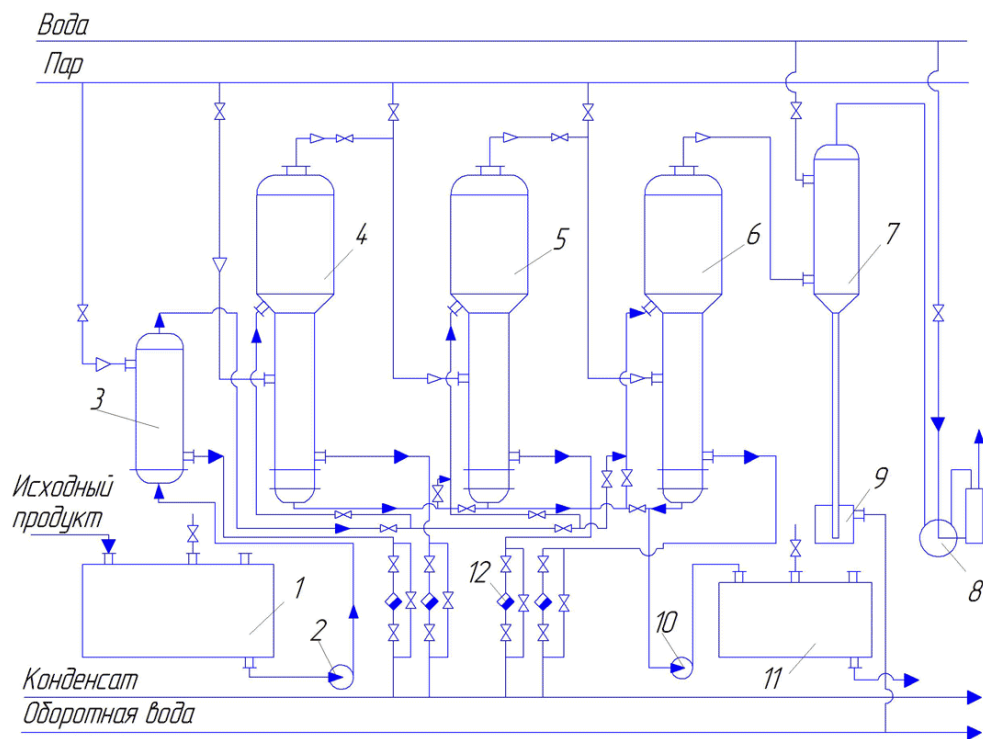


Рисунок 1 – Схема виробництва хлориду калію в трьохкорпусній випарній установці

1 – ємність, 2 – насос, 3 – теплообмінник,
 4,5,6 – випарні апарати, 7 – конденсатор змішування,
 8 – вакуум – насос, 9 – гідрозатвор, 10 – насос,
 11 – ємність, 12 – вентиль.

Принципова схема трехкорпусной випарної установки показана на малюнку 1. Вихідний розбавлений розчин з проміжної ємності 1 відцентровим насосом 2 подається в теплообмінник 3 (де підігрівається до температури, близької до температури кипіння), а потім – в перший корпус 4 випарної установки. Попередній підігрів розчину підвищує інтенсивність кипіння у випарному апараті 4.

Перший корпус обігрівається свіжим водяною парою. Вторинний пар, що утворюється при концентруванні розчину в першому корпусі, направляється в якості гріє в другій корпус 5. сюди ж надходить частково сконцентрований розчин з першого корпусу, а з другого корпусу вторинний пар в якості гріючого направляється в третій корпус.

Мимовільний перетік розчину і вторинної пари в наступний корпус можливий завдяки загальному перепаду тисків, що виникає в результаті створення вакууму конденсації вторинної пари останнього корпусу в барометричному конденсаторі змішання 7 (де заданий тиск підтримується подачею охолоджуючої води і відсмоктуванням неконденсуючихся газів вакуум-

						6.133.20.05.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			7

насосом 8). Суміш охолоджуючої води і конденсату виводиться з конденсатора за допомогою барометричної труби з гідрозатвор 9.

Конденсат гріючих парів з випарних апаратів виводиться за допомогою конденсато відвідників.

1.2 Теоретичні основи процесу

Тиск пари розчинника над розчином завжди нижче, ніж тиск над чистим розчинником. Внаслідок цього температура кипіння розчину вище температури кипіння чистого розчинника при тому ж тиску. Наприклад, вода кипить під атмосферним тиском при 100°C, так як тиск її пари при цій температурі дорівнює 1 ат; для 30% розчину солі тиск водяної пари над розчином буде при 100°C нижче 1 ат, і розчин закипить при більш високій температурі (117°C), коли тиск пари над ним досягне 1 атм.

Різниця між температурами кипіння розчину (t) і чистого розчинника (t_r) називається температурною депресією

$$\Delta' = t - t_r. \quad (1.1)$$

Температурна депресія залежить від властивостей розчиненої речовини і розчинника; вона підвищується зі збільшенням концентрації розчину і тиску. Визначається температурна депресія досвідченим (більшість досвідчених даних відноситься до температурної депресії при атмосферному тиску).

Якщо відома температурна депресія при атмосферному тиску $\Delta^{\text{атм}}$, можна знайти депресію і при інших тисках за наближеною формулою Тищенко

$$\Delta' = 16,2 \cdot \frac{T^2}{r} \cdot \Delta^{\text{атм}}, \quad (1.2)$$

де T і r – абсолютна температура кипіння (в °К) і теплота випаровування (в Дж / кг) для води при даному тиску.

Підвищення температури кипіння розчину визначається не тільки температурною депресією, але також гідростатичної і гідравлічної депресіями.

Гідростатична депресія Δ'' викликається тим, що нижні шари рідини в апараті закипають при більш високій температурі, ніж верхні (внаслідок гідростатичного тиску верхніх шарів). Якщо, наприклад, нагрівати при атмос-

					6.133.20.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ферному тиску воду до температури кипіння в трубі висотою 10 м, то верхній шар води закипить при температурі 100⁰С, а нижній шар, що знаходиться під тиском 2 ат, – при температурі -120⁰С. В даному випадку гідростатична депресія змінюється по висоті труби від 0⁰С (вгорі) до 20⁰С (внизу) і в середньому становить 10⁰С. Розрахунок гідростатичної депресії в випарних апаратах неможливий, так як рідина в них (в основному у вигляді парожидкостної суміші) знаходиться в русі. З підвищенням рівня рідини в апараті гідростатична депресія зростає. В середньому вона складає 1-3⁰С.

Гідравлічна депресія Δ''' враховує підвищення тиску в апараті внаслідок гідравлічних втрат при проходженні вторинної пари через пастку і вихідний трубопровід. При розрахунках Δ''' приймають рівною 1⁰С.

При кипінні чистої води температурний напір дорівнює різниці температури пари, що гріє і температури киплячої води, яка в цьому випадку дорівнює температурі насичення вторинного пара. При кипінні розчину температура насичення вторинної пари, відповідна тиску в апараті, не змінюється, а температура кипіння розчину підвищується на величину депресії. Отже, на ту ж величину депресії зменшується і температурний натиск. Таким чином, депресія викликає втрату температурного напору, внаслідок чого її називають температурною втратою. Повна депресія Δ дорівнює сумі температурної, гідростатичної та гідравлічної депресій

$$\Delta = \Delta' + \Delta'' + \Delta''' . \quad (1.3)$$

Температура кипіння розчину t визначається, залежно від температури насичення вторинної пари t_r , за формулою

$$t = t_r + \Delta . \quad (1.4)$$

1.3 Опис конструкції апарату та вибір матеріалів

Для підвищення інтенсивності циркуляції і коефіцієнта теплопередачі застосовуються апарати з примусовою циркуляцією.

Циркуляція рідини проводиться пропелерним або відцентровим насосом. Свіжий розчин подається в нижню частину кип'ятильника, а упарений розчин відводиться з нижньої частини сепаратора. Рівень рідини підтримується трохи нижче верхнього обрізу кип'ятильних труб. Оскільки вся циркуляційна система майже повністю заповнена рідиною, робота насоса витрачається не на підйом рідини, а лише на подолання гідравлічних опорів. Тиск внизу кип'ятильних

					6.133.20.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

труб більше, ніж вгорі, на величину тиску стовпа рідини в трубах плюс їх гідравлічний опір. Зважаючи на це на більшій частині висоти кип'ятільних труб рідина не кипить, а перегрівається в порівнянні з температурою кипіння, що відповідає тиску в сепараторі. Закипання відбувається тільки на невеликій ділянці верхньої частини труби. Кількість рідини, що перекачується насосом у багато разів перевищує кількість води, що випаровується; тому відношення маси рідини до маси пари в парожидкостній суміші, що виходить з кип'ятільних труб, дуже велике.

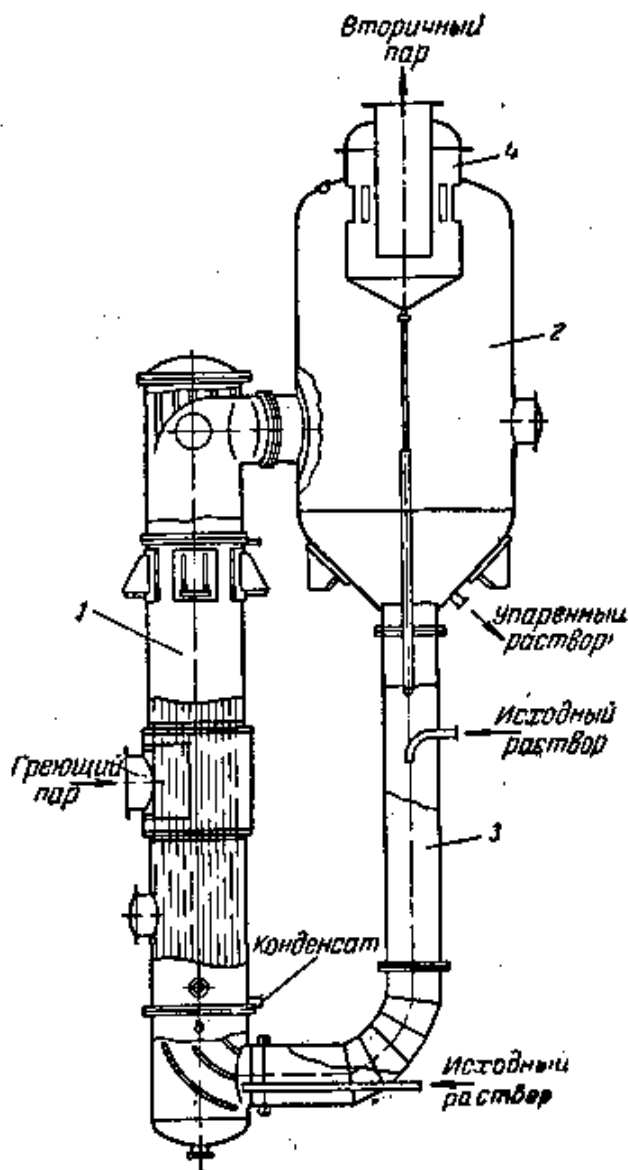


Рисунок 2 - Випарний апарат з примусовою циркуляцією

1-нагрівальна камера; 2-циркуляційна труба; 3-відцентровий бризгоуволитель; 4-сепараційний (паровий) простір

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

6.133.20.05.00.00.00 ПЗ

Лист

10

Апарати з примусовою циркуляцією придатні при роботі з малими різницями температур між гріє парою і розчином (3 – 5°C) і при випаровуванні розчинів з великою в'язкістю, природна циркуляція яких скрутна.

Перевагами апаратів з примусовою циркуляцією є високі коефіцієнти теплопередачі (в 3 – 4 рази більше, ніж при природній циркуляції), а також відсутність забруднень поверхні теплообміну при випаровуванні кристалізуються розчинів і можливість роботи при невеликих різницях температур.

Випарні апарати з примусовою циркуляцією також виготовляють з сосною або винесеної гріючої камерою. В останньому випадку циркуляційний контур, крім труби 6, включає осьовий пропелерний насос. Свіжий розчин надходить в циркуляційну трубу через штуцер і подається насосом зі швидкістю 1,5 – 3,5 м/с в трубний пучок гріючої камери, де підігрівається до температури кипіння за рахунок тепла гріючої пари, що подається в міжтрубний простір через штуцер.

При вході в сепаратор від розчину відділяється пар. Розчин потрапляє в циркуляційну трубу і разом зі свіжим розчином знову йде на кип'ятіння. Вторинний пар, пройшовши бризковіддільник, виводиться через штуцер, а упарений розчин – через штуцер. Утворюється в міжтрубному просторі гріючої камери конденсат виводиться через штуцер.

Переваги апаратів з примусовою циркуляцією: збільшення коефіцієнта тепловіддачі; можливість випаровування в'язких розчинів, для яких природна циркуляція неможлива; зменшення поверхні теплообміну; зменшення забруднення поверхні теплообмінних трубок при випаровуванні кристалізуються розчинів; можливість роботи апарату при малій різниці температур пари, що гріє і розчину.

До їх недоліків слід віднести витрати на витрату електроенергії приводом і складність обслуговування.

Як конструкційних матеріалів для випарних апаратів застосовують вуглецеві кислотостійкі сталі і мідь. Випарні апарати працюють у важких умовах, так як при дії високої температури і розчинів високої концентрації прискорюються процеси корозії. У деяких випадках випарні апарати виготовляють з кислотостійких матеріалів за умовами чистоти продукту.

Поряд з корозією апаратів в трубках в зоні найбільш інтенсивного кипіння відбувається механічне зношування (ерозія) металу.

Вибір конструкційного матеріалу, що визначається умовою експлуатації проектного елемента, вузла або апарату(температура, тиск, величина навантаження, характер агресивного впливу середовища, вимоги до якості продукту тощо), слід виконувати так, щоб при низькій вартості і не дефіцит-

ності матеріалу забезпечувати ефективну технологію виготовлення елемента(виробу).

Так як в апараті здійснюється технологічний процес із застосуванням продукту має кисле середовище, то для забезпечення умов роботи апарату прийнята корозійностійка сталь аустенітного класу 12X18H10T ГОСТ 5632-80. Сталь характеризується хорошою корозійною стійкістю в середовищі, рекомендується застосовувати в температурному інтервалі - 256°C до + 525 °C для корпусних елементів, до 600 °C - для внутрішніх пристроїв без обмеження тиску. Сталь технологічна, добре зварюється, добре деформується в холодному і гарячому стані, добре обробляється всіма видами різання, характеризується задовільними лінійними властивостями. Хімічний склад і механічні властивості представлені в таблиці 1.1

Таблиця 1.1-хімічний склад і механічні властивості сталі 12X18H10T

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

До недоліків цієї сталі слід віднести те, через велику в'язкості вона гірше піддається механічній обробці. Однак, враховуючи, 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 інш., що не мають контакту з переробляється середовищем, приймаємо конструкційну сталь 20 ГОСТ 380-71. Вибір на користь цієї сталі, заснований на її порівняно низькій вартості, хорошою оброблюваності і досить високими фізико-механічними властивостями. Хімічний склад і механічні властивості представлені в таблиці 1.2

Таблиця 1.2-хімічний склад і механічні властивості сталі 20

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

2 Технологічні розрахунки процесу та апарату

2.1 Матеріальний та тепловий баланси

Для визначення теплових навантажень Q , коефіцієнтів тепловіддачі K і корисних різниць температур $\Delta t_{\text{пол}}$ необхідно знати розподіл випаровується води, концентрацій розчину і їх температур кипіння по корпусах установки. Ці величини знаходять методом послідовних наближень.

Розглянемо перше наближення.

Загальна кількість випареної води у випарній установці

$$W = G_H \cdot \left(1 - \frac{x_H}{x_K}\right) \quad (2.1)$$

$$W = 4 \cdot \left(1 - \frac{12}{32}\right) = 2,5 \text{ кг/с,}$$

де $G_H = \frac{14400}{3600} = 4 \text{ кг/с}$ – продуктивність установки.

Попередній розподіл випареної води по корпусах виконують на основі наступних рекомендацій

$$W_1 : W_2 : W_3 = 1,0 : 1,1 : 1,2.$$

Тоді кількість випареної води:
в першому корпусі

$$W_1 = W \cdot \frac{1,0}{1,0 + 1,1 + 1,2} = 2,5 \cdot \frac{1,0}{3,3} = 0,76 \text{ кг/с;}$$

у другому корпусі

$$W_2 = W \cdot \frac{1,1}{1,0 + 1,1 + 1,2} = 2,5 \cdot \frac{1,1}{3,3} = 0,83 \text{ кг/с;}$$

у третьому корпусі

$$W_3 = W \cdot \frac{1,2}{1,0 + 1,1 + 1,2} = 2,5 \cdot \frac{1,2}{3,3} = 0,91 \text{ кг/с.}$$

					6.133.20.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Концентрація розчинів по корпусах:
в першому корпусі

$$x_1 = \frac{G_H \cdot x_H}{G_H - W_1} \quad (2.2)$$

$$x_1 = \frac{4 \cdot 0,12}{4 - 0,76} = 0,148 = 14,8\%;$$

у другому корпусі

$$x_2 = \frac{G_H \cdot x_H}{G_H - W_1 - W_2} \quad (2.3)$$

$$x_2 = \frac{4 \cdot 0,12}{4 - 0,76 - 0,83} = 0,199 = 19,9\%,$$

у третьому корпусі

$$x_3 = \frac{G_H \cdot x_H}{G_H - W_1 - W_2 - W_3} \quad (2.4)$$

$$x_3 = \frac{4 \cdot 0,12}{4 - 0,76 - 0,83 - 0,91} = 0,32 = 32\%,$$

що відповідає завданню.

Загальний перепад тисків в установці

$$\Delta p = p_{\Pi} - p = 4,0 - 0,25 = 3,75 \text{ ата} \approx 0,375 \text{ МПа.}$$

Розподілимо загальний перепад тисків між корпусами порівну

$$\Delta p_1 = \Delta p_2 = \Delta p_3 = \frac{\Delta p}{3} = \frac{0,375}{3} = 0,125 \text{ МПа.}$$

Абсолютні тиску по корпусах будуть рівні

					6.133.20.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$p_1 = p_{II} - \Delta p_1 = 0,4 - 0,125 = 0,275 \text{ МПа};$$

$$p_2 = p_1 - \Delta p_2 = 0,275 - 0,125 = 0,15 \text{ МПа};$$

$$p_3 = p_2 - \Delta p_3 = 0,15 - 0,125 = 0,025 \text{ МПа}.$$

За тисками парів знаходимо їх температури і ентальпії.

Таблиця 2.1

Тиск, МПа	Температура, °С	Ентальпія, кДж / кг
0,4	142,9	2744
0,275	130	2726
0,15	110,7	2698
0,025	64,2	2614

На підставі практичних рекомендацій приймаємо гідравлічну депресію для кожного корпусу $\Delta''' = 1$ град, тоді температура вторинних парів, тиску і теплоти пароутворення їх в корпусах будуть рівні.

Таблиця 2.2

Температура, °С	Тиск, МПа	Теплота пароутворення, кДж/кг
$t_{вп_1} = 130 + 1 = 131$	0,284	2176
$t_{вп_2} = 110,7 + 1 = 111,7$	0,155	2230
$t_{вп_3} = 64,2 + 1 = 65,2$	0,026	2345

Сума гідравлічних депресій

$$\Sigma \Delta''' = 1 + 1 + 1 = 3 \text{ °С}.$$

Для вибору висоти труби необхідно орієнтовно визначити площу поверхні теплопередачі випарного апарату $F_{ор}$, вибрати параметри апарату по ГОСТ 11987-81.

Площа поверхні теплопередачі орієнтовно визначається за формулою

$$F = \frac{Q}{g} \quad (2.5)$$

					6.133.20.05.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

Приймаємо для апаратів з примусовою циркуляцією $g = 30000 \text{ Вт/м}^2$.
Тоді по корпусах (орієнтовно):

$$F_1 = \frac{W_1 \cdot r_1}{g} = \frac{0,76 \cdot 2176 \cdot 10^3}{30000} = 55,1 \text{ м}^2;$$

$$F_2 = \frac{W_2 \cdot r_2}{g} = \frac{0,83 \cdot 2230 \cdot 10^3}{30000} = 61,7 \text{ м}^2;$$

$$F_3 = \frac{W_3 \cdot r_3}{g} = \frac{0,91 \cdot 2345 \cdot 10^3}{30000} = 71,1 \text{ м}^2.$$

Приймаємо по ГОСТ 11987-81 випарний апарат з площею поверхні теплопередачі $F = 100 \text{ м}^2$, довжиною труб 6 м, діаметром труб 38x2 мм.

Таким чином, тиск в середньому шарі кип'ятільних труб корпусів рівні

$$p_{\text{ср}} = p_{\text{ВП}_i} + \frac{\rho_i \cdot g \cdot H}{2} (1 - \varepsilon), \quad (2.6)$$

де $\varepsilon = 0,4 \div 0,6$ – паронаповнення при бульбашковому режимі кипіння; ρ_i - щільність водних розчинів при відповідних температурах і концентраціях.

$$p_{1\text{ср}} = 0,284 \cdot 10^6 + \frac{1094 \cdot 9,81 \cdot 6}{2} \cdot (1 - 0,5) = 0,3 \cdot 10^6 \text{ Па};$$

$$p_{2\text{ср}} = 0,155 \cdot 10^6 + \frac{1158 \cdot 9,81 \cdot 6}{2} \cdot (1 - 0,5) = 0,172 \cdot 10^6 \text{ Па};$$

$$p_{3\text{ср}} = 0,026 \cdot 10^6 + \frac{1234 \cdot 9,81 \cdot 6}{2} \cdot (1 - 0,5) = 0,044 \cdot 10^6 \text{ Па}.$$

Отриманим тискам відповідають наступні температури кипіння:

Таблиця 3.

Тиск, МПа	Температура кипіння, °С	Теплота пароутворення, кДж/кг
$p_{1\text{ср}} = 0,3 \cdot 10^6$	132,9	2171
$p_{2\text{ср}} = 0,172 \cdot 10^6$	114,7	2222
$p_{3\text{ср}} = 0,044 \cdot 10^6$	78,1	2314

Визначаємо гідростатичну депресію по корпусах:

$$\Delta''_1 = 132,9 - 131 = 1,9^\circ\text{C};$$

$$\Delta''_2 = 114,7 - 111,7 = 3,0^\circ\text{C};$$

$$\Delta''_3 = 78,1 - 65,2 = 12,9^\circ\text{C}.$$

Сума гідростатичних депресій

$$\Sigma\Delta'' = 1,9 + 3,0 + 12,9 = 17,8^\circ\text{C}.$$

Температурна депресія визначається за рівнянням

$$\Delta' = 1,62 \cdot 10^{-2} \left(\frac{T^2}{\Gamma_{\text{ВП}}} \right) \cdot \Delta'_{\text{атм}} \quad (2.7)$$

де T – температурна депресія в середньому шарі кип'ятільних труб;
 $\Delta'_{\text{атм}}$ – температурна депресія при атмосферному тиску.

Знаходимо значення Δ' по корпусах:

$$\Delta'_1 = 1,62 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{(132,9 + 273)^2}{2171} \cdot 1,7 = 2,1^\circ\text{C};$$

$$\Delta'_2 = 1,62 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{(114,7 + 273)^2}{2222} \cdot 3,3 = 3,6^\circ\text{C};$$

$$\Delta'_3 = 1,62 \cdot 10^{-2} \cdot \frac{(78,1 + 273)^2}{2314} \cdot 6,5 = 5,6^\circ\text{C}.$$

Сума температурних депресій

$$\Sigma\Delta' = \Delta'_1 + \Delta'_2 + \Delta'_3 = 2,1 + 3,6 + 5,6 = 11,3^\circ\text{C}.$$

Температура кипіння розчинів по корпусах:

					6.133.20.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						17
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$t_{K_1} = t_{r_1} + \Delta' + \Delta'' + \Delta''' = 130 + 2,1 + 1,9 + 1,0 = 135 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$t_{K_2} = t_{r_2} + \Delta' + \Delta'' + \Delta''' = 110,7 + 3,6 + 3,0 + 1,0 = 118,3 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$t_{K_3} = t_{r_3} + \Delta' + \Delta'' + \Delta''' = 64,2 + 5,6 + 12,9 + 1,0 = 83,7 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Загальна корисна різниця температур по корпусах:

$$\Delta t_{\Pi_1} = t_{r_1} - t_{K_1} = 142,9 - 135 = 7,9 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$\Delta t_{\Pi_2} = t_{r_2} - t_{K_2} = 130 - 118,3 = 11,7 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$\Delta t_{\Pi_3} = t_{r_3} - t_{K_3} = 110,7 - 83,7 = 27 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Загальна корисна різниця температур

$$\Sigma \Delta t_{\Pi} = 7,9 + 11,7 + 27 = 46,6 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Витрата пари, що гріє в перший корпус, продуктивність кожного корпусу по випареній воді і теплові навантаження визначимо шляхом спільного рішення рівнянь теплових балансів по корпусах і урівняння балансу по воді для всієї установки:

$$Q_1 = D \cdot (J_{r_1} - i_1) = 1,03 \cdot [G_H \cdot C_H \cdot (t_{K_1} - t_H) + W_1 \cdot (J_{ВП_1} - C_B \cdot t_{K_1}) + Q_{1\text{конц}}]; \quad (2.8)$$

$$Q_2 = W_1 \cdot (J_{r_2} - i_2) = 1,03 \cdot [(G_H - W_1) \cdot C_1 \cdot (t_{K_2} - t_{K_1}) + W_2 \cdot (J_{ВП_2} - C_B \cdot t_{K_2}) + Q_{2\text{конц}}]$$

$$Q_3 = W_2 \cdot (J_{r_3} - i_3) = 1,03 \cdot [(G_H - W_1 - W_2) \cdot C_2 \cdot (t_{K_3} - t_{K_2}) + W_3 \cdot (J_{ВП_3} - C_B \cdot t_{K_3}) + Q_{3\text{конц}}]$$

$$W = W_1 + W_2 + W_3.$$

де 1,03 – коефіцієнт, що враховує 3% втрат тепла в навколишнє середовище.

При вирішенні рівнянь можна прийняти

$$J_{ВП_1} \approx J_{r_2}; \quad J_{ВП_2} \approx J_{r_2}; \quad J_{ВП_3} \approx J_{r_3};$$

										Лист
										18
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	6.133.20.05.00.00.00 ПЗ					

C_H, C_1, C_2 – теплоємності розчинів відповідно вихідного, в першому і в другому корпусах, кДж/кг; $Q_{1\text{конц}}, Q_{2\text{конц}}, Q_{3\text{конц}}$ – теплота концентрування по корпусах, кВт; t_H – температура кипіння вихідного розчину, °С.

$$t_H = t_{\text{ВП}_1} + \Delta'_H = 131 + 2,1 = 133,1^\circ\text{C},$$

де Δ'_H – температурна депресія для початкового розчину.

Оскільки $Q_{\text{конц}}$ зазвичай становить менше 3% від Q корпусу в рівняннях теплових балансів, то величиною $Q_{\text{конц}}$ можна знехтувати.

Тоді отримаємо:

$$Q_1 = D \cdot (2744 - 602) = 1,03 \cdot [4 \cdot 3,85 \cdot (135 - 133,1) + W_1 \cdot (2726 - 4,19 \cdot 135)];$$

$$Q_2 = W_1 \cdot (2726 - 547) = 1,03 \cdot [(4 - W_1) \cdot 3,72 \cdot (118,3 - 135) + W_2 \cdot (2698 - 4,19 \cdot 118,3)]$$

$$Q_3 = W_2 \cdot (2698 - 422) = 1,03 \cdot [(4 - W_1 - W_2) \cdot 3,59 \cdot (83,7 - 118,3) + W_3 \cdot (2614 - 4,19 \cdot 83,7)]$$

$$2,5 = W_1 + W_2 + W_3.$$

Рішення системи рівнянь дає наступні результати:

$$W_1 = 0,77 \text{ кг/с}; W_2 = 0,82 \text{ кг/с}; W_3 = 0,91 \text{ кг/с}; D = 0,79 \text{ кг/с};$$

$$Q_1 = 1693 \text{ кВт}; Q_2 = 1700 \text{ кВт}; Q_3 = 1866 \text{ кВт}.$$

Найбільше відхилення обчислених навантажень по випаровуваній воді в кожному корпусі від попередньо прийнятих складають близько 3% , тому перераховувати концентрації і температури кипіння не потрібно.

Таблиця 2.4 Параметри розчинів і парів по корпусах.

Параметр	Корпус		
	1	2	3
Продуктивність по випаровуваній воді W , кг / с	0,77	0,82	0,91
Концентрація розчинів x , %	14,8	19,9	32
Тиск гріючих парів p_r , МПа	0,4	0,275	0,15
Температура гріючих парів t_r , °С	142,9	130	110,7
Температурні втрати $\Sigma\Delta$, град	5,0	7,6	19,5
Температура кипіння розчину t_k , ТС	135	118,3	83,7
Корисна різниця температур Δt_p , град	7,9	11,7	27

2.2 Технологічні розрахунки

Коефіцієнт теплопередачі для першого корпусу K_1 визначимо за рівнянням адитивності термічних опорів

$$K_1 = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (2.9)$$

Прийmemo, що сумарний термічний опір дорівнює термічному опору стінки $\frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}}$ і накипу $\frac{\delta_{н}}{\lambda_{н}}$. Термічний опір з боку пари не враховуємо.

Одержавши

$$\sum \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,002}{25,1} + \frac{0,0005}{2,42} = 2,87 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт.}$$

Коефіцієнт теплопередачі від конденсується пара до стінки α_1 рівний

$$\alpha_1 = 2,04 \cdot \sqrt[4]{\frac{r_1 \cdot \rho_{ж}^2 \cdot \lambda_{ж}^3}{\mu_{ж} \cdot H \cdot \Delta t_1}}, \quad (2.10)$$

де r_1 – теплота конденсації пари, що гріє, Дж/кг; $\rho_{ж}$, $\lambda_{ж}$, $\mu_{ж}$ – відповідно щільність (кг/м³), теплопровідність (Вт/м*К) і в'язкість (Па*с) конденсату при середній температурі плівки

$$t_{пл} = t_{2_1} - \frac{\Delta t_1}{2}, \quad (2.11)$$

де Δt_1 – різниця температур конденсації пари і стінки, град.

Розрахунок α_1 ведуть методом послідовних наближень. В першому наближенні прийmemo $\Delta t_1 = 2,0$ град.

Тоді

$$\alpha_1 = 2,04 \cdot \sqrt[4]{\frac{2141 \cdot 10^3 \cdot 926^2 \cdot 0,684^3}{0,177 \cdot 10^{-3} \cdot 6 \cdot 2,0}} = 7791 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К.}$$

					6.133.20.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						20
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Для сталого процесу передачі тепла справедливо рівняння

$$q = \alpha_1 \cdot \Delta t_1 = \frac{1}{\sum \frac{\delta}{\lambda}} \cdot \Delta t_{\text{ст}} = \alpha_2 \cdot \Delta t_2, \quad (2.12)$$

де q – питома теплове навантаження, Вт/м²; $\Delta t_{\text{ст}}$ – перепад температур на стінці, град; Δt_2 – різниця між температурою стінки з боку розчину і температурою кипіння розчину, град.

З розподілу температур в процесі теплопередачі від пари через стінку до киплячого розчину

$$\Delta t_{\text{ст}} = \Delta \alpha_1 \cdot \Delta t_1 \cdot \sum \frac{\delta}{\lambda} = 7791 \cdot 2,0 \cdot 2,87 \cdot 10^{-4} = 3,8 \text{ град},$$

тоді

$$\Delta t_2 = \Delta t_{\text{п1}} - \Delta t_{\text{ст}} - \Delta t_1 = 7,9 - 3,8 - 2,0 = 2,1 \text{ град}.$$

Коефіцієнт тепловіддачі від стінки до киплячого розчину для бульбашкового кипіння у вертикальних кип'ятильних трубках за умови примусової циркуляції розчину дорівнює

$$\alpha_2 = 780 \cdot q^{0,6} \cdot \frac{\lambda^{1,3} \cdot \rho^{0,5} \cdot \rho_{\text{п}}^{0,06}}{\sigma^{0,5} \cdot r^{0,6} \cdot \rho_0^{0,66} \cdot c^{0,3} \cdot \mu^{0,3}} \quad (2.13)$$

Тут фізичні властивості розчину КСІ в умовах кипіння наведені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5-фізичні властивості киплячих розчинів КСІ і їх парів.

Параметр	Корпус		
	1	2	3
Теплопровідність розчину λ , Вт/м·К	0,644	0,661	0,684
Щільність розчину ρ , кг/м ³	1094	1158	1234
Теплоємність розчину c , кДж/кг·К	3,85	3,72	3,59
В'язкість розчину μ , Па·с	$0,32 \cdot 10^{-3}$	$0,37 \cdot 10^{-3}$	$0,44 \cdot 10^{-3}$
Поверхневий натяг σ , Н/м	0,0696	0,0619	0,0543
Теплота пароутворення r , кДж/кг	2176	2230	2345
Щільність пари $\rho_{\text{п}}$, кг/м ³	1,49	0,89	0,16

Тоді

$$\alpha_2 = 780 \cdot q^{0,6} \cdot \frac{0,644^{1,3} \cdot 1094^{0,5} \cdot 1,49^{0,06}}{69,6^{0,5} \cdot (2176 \cdot 10^3)^{0,6} \cdot 0,579^{0,66} \cdot 3850^{0,3} \cdot (0,32 \cdot 10^{-3})^{0,3}} = 22,79 \cdot q^{0,6}$$

$$\alpha_2 = 22,79 \cdot q^{0,6} = 22,79 \cdot (\alpha_1 \cdot \Delta t_1)^{0,6} = 22,79 \cdot (7791 \cdot 2,0)^{0,6} = 7469 \text{ Вт/м}^2.$$

Перевіримо правильність першого наближення по рівності питомих теплових навантажень

$$q' = \alpha_1 \cdot \Delta t_1 = 7791 \cdot 2 = 15582 \text{ Вт/м}^2;$$

$$q'' = \alpha_2 \cdot \Delta t_2 = 7469 \cdot 2,1 = 15685 \text{ Вт/м}^2.$$

Отже

$$q' \approx q''.$$

Находимо K_1

$$K_1 = \frac{1}{\frac{1}{7791} + 2,87 \cdot 10^{-4} + \frac{1}{7469}} = 1821 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

Далі розраховуємо коефіцієнт теплопередачі K_2 для другого корпусу

$$\alpha_1 = 2,04 \cdot \sqrt[4]{\frac{2176 \cdot 10^3 \cdot 943^2 \cdot 0,59^3}{0,232 \cdot 10^{-3} \cdot 6 \cdot 3,0}} = 6372 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К};$$

$$\Delta t_{\text{ст}} = 6372 \cdot 3,0 \cdot 2,87 \cdot 10^{-4} = 5,5 \text{ град};$$

$$\Delta t_2 = 11,7 - 3,0 - 5,5 = 3,2 \text{ град};$$

$$\alpha_2 = 780 \cdot (6372 \cdot 3)^{0,6} \cdot \frac{0,661^{1,3} \cdot 1158^{0,5} \cdot 0,89^{0,06}}{0,0619^{0,5} \cdot (2230 \cdot 10^3)^{0,6} \cdot 0,579^{0,66} \cdot 3720^{0,3} \cdot (0,44 \cdot 10^{-3})^{0,3}} =$$
$$= 6071 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К};$$

					6.133.20.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$q' = 6372 \cdot 3 = 19116 \text{ Вт/м}^2;$$

$$q'' = 6071 \cdot 3,2 = 19427 \text{ Вт/м}^2.$$

Маючи $q' \approx q''$.

Знайти K_2 .

$$K_2 = \frac{1}{\frac{1}{6372} + 2,87 \cdot 10^{-4} + \frac{1}{6071}} = 1642 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

Далі розраховуємо коефіцієнт теплопередачі K_3 для третього корпусу

$$\alpha_1 = 2,04 \cdot \sqrt[4]{\frac{2230 \cdot 10^3 \cdot 978^2 \cdot 0,657^3}{0,441 \cdot 10^{-3} \cdot 6 \cdot 8,0}} = 4717 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К};$$

$$\Delta t_{\text{ст}} = 4717 \cdot 8,0 \cdot 2,87 \cdot 10^{-4} = 10,8 \text{ град};$$

$$\Delta t_2 = 27 - 10,8 - 8,0 = 8,2 \text{ град};$$

$$\alpha_2 = 780 \cdot (47172 \cdot 3)^{0,6} \cdot \frac{0,684^{1,3} \cdot 1234^{0,5} \cdot 0,16^{0,06}}{0,0543^{0,5} \cdot (2345 \cdot 10^3)^{0,6} \cdot 0,579^{0,66} \cdot 3590^{0,3} \cdot (0,44 \cdot 10^{-3})^{0,3}} =$$

$$= 4637 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К};$$

$$q' = 4717 \cdot 8 = 37736 \text{ Вт/м}^2;$$

$$q'' = 4637 \cdot 8,2 = 38036 \text{ Вт/м}^2.$$

Маючи $q' \approx q''$.

Найдемо K_3 .

$$K_3 = \frac{1}{\frac{1}{4717} + 2,87 \cdot 10^{-4} + \frac{1}{4637}} = 1399 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

					6.133.20.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2.3 Конструктивні розрахунки

Корисні різниці температур в корпусах установки знаходимо з умови рівності їх поверхонь теплопередачі

$$\Delta t_{\pi_i} = \sum \Delta t_{\pi} \cdot \frac{\frac{Q_i}{K_i}}{\sum_{i=1}^3 \frac{Q}{K}}, \quad (2.14)$$

де Δt_{π_i} , Q_i , K_i – відповідно корисна різниця температур, теплове навантаження, коефіцієнт теплопередачі для i -го корпусу.

$$\Delta t_{\pi_1} = 46,6 \cdot \frac{\frac{1693}{1821}}{\frac{1693}{1821} + \frac{1700}{1642} + \frac{1866}{1399}} = 46,6 \cdot \frac{0,93}{0,93 + 1,04 + 1,33} = 13,1 \text{ град};$$

$$\Delta t_{\pi_2} = 46,6 \cdot \frac{1,04}{3,3} = 14,8 \text{ град};$$

$$\Delta t_{\pi_3} = 46,6 \cdot \frac{1,33}{3,3} = 18,7 \text{ град}.$$

Перевіримо загальну корисну різницю температур установки

$$\sum \Delta t_{\pi} = 13,1 + 14,8 + 18,7 = 46,6 \text{ град}.$$

Тепер розрахуємо поверхню теплопередачі випарних апаратів

$$F_1 = \frac{1693 \cdot 10^3}{1821 \cdot 13,1} = 71 \text{ м}^2;$$

$$F_2 = \frac{1700 \cdot 10^3}{1642 \cdot 14,8} = 70 \text{ м}^2;$$

					6.133.20.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$F_3 = \frac{1866 \cdot 10^3}{1399 \cdot 18,7} = 71,3 \text{ м}^2.$$

Знайдені значення відповідають раніше визначеній поверхні F_{op} , отже, немає необхідності виконувати корекцію розрахункових даних по корпусах.

Остаточо вибираємо по ГОСТ 11987-81 випарний апарат з примусовою циркуляцією і винесеної гріючої камерою (тип 2, Виконання 1), що має площу теплообміну $F = 100 \text{ м}^2$ і складається з кип'ятильних труб довжиною 6 м, діаметра $d_k = 38 \text{ мм}$ і товщиною стінки $\delta_{ст} = 2 \text{ мм}$.

Внутрішній діаметр гріючої камери при розміщенні труб по вершинах рівносторонніх трикутників [4]

$$D_k = \sqrt{\frac{1,27 \cdot \sin \alpha \cdot t^2 \cdot n}{\varphi}}, \quad (2.15)$$

де t – крок між трубами, м; n – число труб гріючої камери; φ – коефіцієнт використання трубної решітки ($\varphi = 0,7 \div 0,9$).

Стандартний крок розбивки труб на решітці [4]: $t = 48 \text{ мм}$.

Число труб гріючої камери

$$n = \frac{F}{\pi \cdot d \cdot L} = \frac{71,3}{3,14 \cdot 0,038 \cdot 6} = 99,$$

приймаємо $n = 100$.

Тоді

$$D_k = \sqrt{\frac{1,27 \cdot \sin 60^\circ \cdot 0,048^2 \cdot 100}{0,7}} = 0,616 \text{ м},$$

приймаємо стандартне значення діаметра гріючої камери $D_k = 800 \text{ мм}$.

Діаметр циркуляційної труби [4]

$$D_{ц} = \sqrt{(0,9 \div 1,5) \cdot d_{вн}^2 \cdot n} = \sqrt{1,5 \cdot 0,034^2 \cdot 100} = 0,416 \text{ м},$$

приймаємо стандартне значення діаметра циркуляційної труби $D_{ц} = 500 \text{ мм}$.

					6.133.20.05.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25

2.4 Гідравлічний опір апарату

Об'ємна витрата розчину

$$V = \frac{G_H}{\rho}, \quad (2.16)$$

де ρ – щільність розчину, кг/м^3 .

$$V = \frac{4}{1094} = 3,66 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}.$$

Дійсна швидкість розчину

$$\omega = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot D^2} = \frac{4 \cdot 3,66 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 0,5^2} = 0,019 \text{ м/с}.$$

Величина критерію Re

$$\text{Re} = \frac{\omega \cdot D \cdot \rho}{\mu} \quad (2.17)$$

$$\text{Re} = \frac{0,019 \cdot 0,5 \cdot 1094}{0,32 \cdot 10^{-3}} = 32478$$

отже, режим руху-турбулентний.

Для турбулентного руху в круглих трубах коефіцієнт тертя

$$\lambda = \frac{0,316}{\text{Re}^{0,25}} \quad (2.18)$$

$$\lambda = \frac{0,316}{32478^{0,25}} = 0,0235 .$$

Втрата тиску на тертя в прямих трубах

$$\Delta p_{\text{тр}} = \lambda \cdot \frac{H}{D} \cdot \frac{\omega^2 \cdot \rho}{2} \quad (2.19)$$

					6.133.20.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$\Delta p_{\text{тр}} = 0,0235 \cdot \frac{6}{0,5} \cdot \frac{0,019^2 \cdot 1094}{2} = 55 \text{ Па.}$$

Коефіцієнти місцевих опорів:

- вхід і вихід з труби, $\xi_1 = 1,0$,

- поворот на 90° , $\xi_2 = 1,0$.

Втрати тиску на місцевих опорах

$$\Delta p_{\text{м}} = \sum \xi \cdot \frac{\omega^2 \cdot \rho}{2} \quad (2.20)$$

$$\Delta p_{\text{м}} = (2 \cdot 1,0 + 1,0) \cdot \frac{0,019^2 \cdot 1094}{2} = 59 \text{ Па.}$$

Загальна втрата тиску в трубному просторі

$$\Delta p = \Delta p_{\text{тр}} + \Delta p_{\text{м}} = 55 + 59 = 114 \text{ Па.}$$

2.5 Вибір допоміжного обладнання

Для створення вакууму в випарних установках зазвичай застосовують конденсатори змішання з барометричної трубою. В якості охолоджуючого агента використовують воду.

Витрата охолоджуючої води визначаємо з теплового балансу конденсатора

$$G_{\text{в}} = \frac{W_3 \cdot (i_{\text{БК}} - c_{\text{в}} \cdot t_{\text{к}})}{c_{\text{в}} \cdot (t_{\text{к}} - t_{\text{н}})}, \quad (2.21)$$

де $i_{\text{БК}}$ – ентальпія пари в барометричному конденсаторі, кДж/кг; $c_{\text{в}} = 4190$ кДж/кг·К - теплоємність води; $t_{\text{н}} = 10 \dots 20$ °С – початкова температура охолоджуючої води; $t_{\text{к}}$ – кінцева температура суміші води і конденсату, °С.

Різниця температур між паром і рідиною на виході з конденсатора становить 3.. 5 град, тому кінцеву температуру води $t_{\text{к}}$ приймають на 3.5 град. нижче температури конденсації парів

$$t_{\text{к}} = t_{\text{БК}} - 4,2 = 64,2 - 4,2 = 60 \text{ °С.}$$

					6.133.20.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						27
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Тоді

$$G_B = \frac{0,91 \cdot (2608 - 4,19 \cdot 60)}{4,19 \cdot (60 - 15)} = 11,37 \text{ кг/с.}$$

Діаметр барометричного конденсатора визначається з рівняння потоку

$$d_{\text{БК}} = \sqrt{\frac{4 \cdot W_3}{\rho_{\text{п}} \cdot \pi \cdot w_{\text{п}}}}, \quad (2.22)$$

де $\rho_{\text{п}}$ – щільність парів в конденсаторі, кг/м^3 ; $w_{\text{п}}$ - швидкість пари, прийнята в межах $15 \div 25$ м/с.

$$d_{\text{БК}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,91}{0,16 \cdot 3,14 \cdot 20}} = 0,6 \text{ м.}$$

По ОСТ 26716-73 вибираємо конденсатор з діаметром $d_{\text{БК}} = 600$ мм і діаметр барометричної трубки $d_{\text{БТ}} = 150$ мм.

Швидкість води в барометричного трубки

$$\omega = \frac{4 \cdot (G_B + W_3)}{\rho_B \cdot \pi \cdot d_{\text{БТ}}^2}, \quad (2.23)$$

де $\rho_B = 1000 \text{ кг/м}^3$ – щільність води.

$$\omega = \frac{4 \cdot (11,37 + 0,91)}{1000 \cdot 3,14 \cdot 0,15^2} = 0,7 \text{ м/с.}$$

Висота барометричного трубки

$$H_{\text{БТ}} = \frac{B}{\rho_B \cdot g} + \left(1 + \sum \zeta + \lambda \cdot \frac{H_{\text{БТ}}}{d_{\text{БТ}}}\right) \cdot \frac{w_{\text{БТ}}^2}{2 \cdot g} + 0,5, \quad (2.24)$$

де B – вакуум в барометричний конденсатор, Па; $\sum \zeta$ – кількість місцевих коефіцієнтів опору; λ - Коефіцієнт тертя в барометричного трубки; $H_{\text{БТ}}$,

					6.133.20.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						28
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$d_{\text{бт}}$ – Висота і діаметр барометричного трубки, м; 0,5 – резерв висоти можливі зміни барометричного тиску, м.

$$B = P_{\text{атм}} - P_{\text{бк}} = (1 - 0,25) \cdot 9,81 \cdot 10^4 = 7,36 \cdot 10^4 \text{ Па.}$$

$$\sum \zeta = \zeta_{\text{вх}} + \zeta_{\text{вих}} = 0,5 + 1,0 = 1,5,$$

де $\zeta_{\text{вх}}$, $\zeta_{\text{вих}}$ – місцеві нормативи опору і вихід [2].

Величина Критерії Re

$$Re = \frac{\omega \cdot d_{\text{бт}} \cdot \rho_{\text{в}}}{\mu_{\text{в}}}, \quad (2.25)$$

де $\mu_{\text{в}}$ – в'язкість води визначається за середньою температурою, Па·с.

$$t_{\text{ср}} = \frac{t_{\text{н}} + t_{\text{к}}}{2} = \frac{60 + 16}{2} = 38 \text{ }^\circ\text{C.}$$

$$Re = \frac{0,7 \cdot 0,15 \cdot 1000}{0,614 \cdot 10^{-3}} = 171010.$$

Для гладких труб при $Re = 171010$ [2, рисунок 1.5]

$$\lambda = 0,022.$$

$$H_{\text{бт}} = \frac{11,37 \cdot 10^4}{9,8 \cdot 1000} + \left(1 + 1,5 + 0,022 \cdot \frac{H_{\text{бт}}}{0,15} \right) \cdot \frac{0,7^2}{2 \cdot 9,8} + 0,5,$$

Звідки

$$H_{\text{бт}} = 7,3 \text{ м.}$$

Далі визначаємо продуктивність вакуумного насоса, який визначається кількістю повітря, вилучається з барометричного конденсатора

$$G_{\text{к}} = 2,5 \cdot 10^{-5} \cdot (W + G_{\text{в}}) + 0,01 \cdot W_2, \quad (2.26)$$

						Лист
					6.133.20.05.00.00.00 ПЗ	29
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

де $2,5 \cdot 10^{-5}$ – кількість газу, що виділяється з 1 кгводи; 0,01 – кількість газу всмоктується в конденсатор через нещільності на 1 кгпарів.

$$G_k = 2,5 \cdot 10^{-5} \cdot (0,91 + 11,37) + 0,01 \cdot 0,91 = 5,53 \cdot 10^{-3} \text{ кг/с.}$$

Об'ємна продуктивність насоса

$$V_{\text{возд}} = \frac{R \cdot (273 + t_{\text{возд}}) \cdot G_k}{M_{\text{возд}} \cdot P_{\text{возд}}}, \quad (2.27)$$

де R – Універсальна газова константа, Дж/(кмоль·К); $M_{\text{возд}}$ – Молекулярна повітряна маса, кг/кмоль; $t_{\text{возд}}$ – температура повітря, °С; $P_{\text{возд}}$ – парникового тиску сухого повітря в барометричний конденсатор, Па.

Температура воздуха [7]

$$t_{\text{возд}} = t_n + 4 + 0,1 \cdot (t_k - t_n) = 16 + 4 + 0,1 \cdot (60 - 16) = 24,4 \text{ °С.}$$

Тиск повітря

$$P_{\text{возд}} = P_{\text{бк}} - P_{\text{п}}, \quad (2.28)$$

де $P_{\text{п}}$ – тиск сухого насиченого пара при $t_{\text{возд}} = 24,4 \text{ °С}$, $P_{\text{п}} = 0,034 \cdot 9,8 \cdot 10^4 \text{ Па}$.

$$P_{\text{возд}} = (0,25 - 0,034) \cdot 9,8 \cdot 10^4 = 21168 \text{ Па.}$$

$$V_{\text{возд}} = \frac{8310 \cdot (273 + 24,4) \cdot 5,53 \cdot 10^{-3}}{29 \cdot 21168} = 0,0104 \text{ м}^3/\text{с} = 0,62 \text{ м}^3/\text{Хв}$$

Знаючи об'ємну продуктивність повітря $V_{\text{возд}}$ і залишковий тиск в конденсаторі $P_{\text{бк}}$, по ГОСТ 1867-57 підбираємо вакуум насос типу ВВН-1,5 потужністю на валу $N_n = 2,1 \text{ кВт}$.

Питома витрата енергії на тонну упареної води

$$N_{\text{уд}} = \frac{N_n \cdot 1000}{W} \quad (2.29)$$

					6.133.20.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$N_{уд} = \frac{2,1 \cdot 1000}{1,0 \cdot 3600} = 0,58 \text{ кВт} \cdot \text{ч/т.}$$

Далі здійснимо вибір підігрівача за основним рівнянням теплопередачі

$$F_{п} = \frac{Q_{п}}{K_{п} \cdot \Delta t_{ср}}; \quad (2.30)$$

$$Q_{п} = G_{н} \cdot c_{н} \cdot (t_{2к} - t_{2н}), \quad (2.31)$$

де $Q_{п}$ – теплове навантаження підігрівача, Вт; $K_{п}$ – коефіцієнт теплопередачі, $K = 120 \dots 340 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; $\Delta t_{ср}$ – середня різниця температур між парою і розчином, К; $G_{н}$, $c_{н}$ – кількість початкового розчину, кг/с, і його теплоємність, Дж/(кг·К); $t_{2н}$, $t_{2к}$ – початкова і кінцева температура розчину, °С.

$$Q_{п} = 4,0 \cdot 3,85 \cdot (135 - 25) = 1694 \text{ кВт};$$

$$t_{1н} = 142,9 \text{ °С} \rightarrow t_{1к} = 142,9 \text{ °С}$$

$$\begin{array}{l} t_{2н} = 135 \text{ °С} \rightarrow t_{2к} = 25 \text{ °С} \\ \hline \Delta t_{м} = 7,9 \qquad \Delta t_{г} = 117,9 \end{array}$$

Середня різниця температур

$$\Delta t_{ср} = \frac{\Delta t_{г} - \Delta t_{м}}{\ln \frac{\Delta t_{г}}{\Delta t_{м}}} \quad (2.32)$$

$$\Delta t_{ср} = \frac{117,9 - 7,9}{\ln \frac{117,9}{7,9}} = 40,7 \text{ К.}$$

Тоді поверхня теплообміну

$$F_{\Pi} = \frac{1694 \cdot 10^3}{250 \cdot 40,7} = 166,5 \text{ м}^2.$$

Площа поверхні теплопередачі теплообмінника приймається на 10-20% більше розрахункової величини, отже

$$F = (1,1 \div 1,2) \cdot F_{\Pi} = 1,2 \cdot 166,5 = 199,8 \text{ м}^2. \quad (2.33)$$

На підставі знайденої поверхні по ГОСТ 15122-79 вибираємо кожухотрубчатий чотириходовий теплообмінник з такими параметрами: площа поверхні теплопередачі $F = 202 \text{ м}^2$; число труб $n = 1072$; довжина труб $L = 3,0 \text{ м}$; діаметр труб $d = 20 \times 2 \text{ мм}$; діаметр кожуху $D = 1000 \text{ мм}$.

					6.133.20.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						32
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

3 Розрахунок апарата на міцність та герметичність

3.1 Розрахунок товщини стінки корпусу та кришки

Прийmemo коефіцієнт міцності зварних швів $\varphi = 0,9$ (ручна дугова електрозварювання), напруга для матеріалу корпусу при $t = 142,9^\circ\text{C}$ [6]

$$\sigma = 134 \text{ МПа.}$$

Для листового матеріалу допустиме напруга

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

Розрахункова товщина стінки кожуха

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

де p – тиск пари в міжтрубному просторі, $p = 0,3 \text{ МПа}$.

$$s_p = \frac{0,4 \cdot 800}{2 \cdot 0,9 \cdot 134 - 0,4} = 1,3 \text{ мм.}$$

Пробний тиск при гідравлічних випробуваннях при допустимому напрузі $[\sigma]_п$

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

де $[\sigma]_п$ – пробне допускаемое напруга

$$[\sigma]_п = \frac{\sigma_r}{1,1} = \frac{210}{1,1} = 191 \text{ МПа.}$$

Тоді

$$p_п = 1,25 \cdot 0,4 \cdot \frac{191}{134} = 0,71 \text{ МПа.}$$

					6.133.20.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

З урахуванням гідростатичного тиску

$$p_r = H \cdot \rho \cdot g, \quad (3.3)$$

де H – висота кип'ятильних труб, м;

$$p_r = 6 \cdot 1000 \cdot 9,81 = 58860 \text{ кПа} = 0,06 \text{ МПа.}$$

$$p = p_n + p_r = 0,71 + 0,06 = 0,77 \text{ МПа.}$$

В цьому випадку розрахункова товщина стінки кожуха

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

$$s_p = \frac{0,77 \cdot 800}{2 \cdot 0,9 \cdot 191 - 0,77} = 1,8 \text{ мм.}$$

Прийmemo надбавку до розрахункової товщини за весь термін служби апарату(10 років)

$$c = 0,1 \cdot 10 = 1,0 \text{ мм.}$$

Тоді

$$s = s_p + c = 1,8 + 1 = 2,8 \text{ мм.}$$

По ГОСТ 15121-79 мінімальна товщина обичайки для апаратів $D = 800$ мм становить $s = 6,0$ мм, на цій товщині і зупиняємо свій вибір.

Розрахункова товщина стінки кришки при проведенні гідравлічних випробувань

$$s_p = \frac{p_n \cdot D}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma]_n - 0,5 \cdot p_n} \quad (3.5)$$

$$s_p = \frac{0,77 \cdot 800}{2 \cdot 0,9 \cdot 191 - 0,5 \cdot 0,77} = 1,7 \text{ мм.}$$

					6.133.20.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Виконавча товщина кришки

$$s_{кр} = s_p + c = 1,7 + 1,0 = 2,7 \text{ мм}$$

З метою уніфікації сортаменту матеріалу приймаємо $s_{кр} = 6,0$ мм.

3.2 Розрахунок фланцевого з'єднання

Фланцеве з'єднання кришки і корпусу апарату при $D_{вн} = 800$ мм і $p = 0,4$ МПа вибирається по ОСТ 26-426-79 з плоскими приварними фланцями і ущільнювальної поверхнею.

Товщина втулки фланця [6]

$$s_0 \leq 1,35 \cdot s,$$

де $s = 6$ мм – товщина обичайки апарату.

$$s_0 = 1,35 \cdot 6 = 7,5 \text{ мм},$$

приймати $s_0 = 8$ мм.

Перевіряємо виконання умови

$$s_0 - s \leq 5$$

$8 - 6 = 2 \leq 5$ – умова виконується.

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

$$D_6 = D_{вн} + 2 \cdot (2 \cdot s_0 + d_6 + u), \quad (3.6)$$

де $d_6 = 20$ мм – діаметр болтів при $D_{вн} = 800$ мм і $p = 0,4$ МПа (табл. 1.40 [6]); $u = 6$ мм – нормативний зазор між гайкою і втулкою ($u = 4 \div 6$, табл.9 [6]).

$$D_6 = 0,8 + 2 \cdot (2 \cdot 0,008 + 0,020 + 0,006) = 0,88 \text{ м},$$

					6.133.20.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

приймати $D_6 = 0,88$ м. (см. с.263 [6]).

По [6] с.264 зовнішній діаметр фланця

$$D_{\phi} \geq D_6 + a,$$

де $a = 40$ мм (табл.13.27 [6])

$$D_{\phi} = 0,88 + 0,04 = 0,92 \text{ м},$$

приймати $D_{\phi} = 0,92$ м (с.264 [6]).

Зовнішній діаметр прокладки визначається за формулою [6]

$$D_{\pi} \geq D_6 - e,$$

де $e = 30$ мм (табл.13,27 [6]);

$$D_{\pi} = 0,88 - 0,03 = 0,85 \text{ м}.$$

Середній Діаметр прокладки [6]

$$D_{\text{ср.}\pi} \geq D_{\pi} - b_{\pi},$$

де $b_{\pi} = 20$ мм – ширина прокладки (табл.1.42 [6]);

$$D_{\text{ср.}\pi} = 0,85 - 0,02 = 0,83 \text{ м}.$$

Еквівалентна ширина прокладки

$$b_e = 0,6 \cdot \sqrt{b_{\pi}} \quad (\text{при } b_{\pi} > 15 \text{ мм});$$

$$b_e = 0,6 \cdot \sqrt{20} = 2,68 \text{ мм}.$$

Застосовуємо Матеріал прокладки-пароніт по ГОСТ 481-80 товщиною 2 мм.

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

					6.133.20.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						36
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$Z_{\text{б}} = \frac{\pi \cdot D_{\text{б}}}{t_{\text{б}}}, \quad (3.7)$$

де $t_{\text{б}}$ – крок болтів, $t_{\text{б}} = (3,8 \div 4,8) \cdot d_{\text{б}} = 4,8 \cdot 20 = 96$ мм (табл.13.20 [6])

$$Z_{\text{б}} = \frac{3,14 \cdot 0,88}{0,096} = 28,8.$$

Приймаємо найближче кратне чотирьом значення $Z_{\text{б}} = 32$.

Висота фланця визначається за формулою

$$h = \lambda \cdot \sqrt{D_{\text{вн}} \cdot s_{\text{е}}}, \quad (3.8)$$

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

$$s_{\text{е}} = \alpha \cdot s_0,$$

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

$$s_{\text{е}} = 1,0 \cdot 8 = 8 \text{ мм};$$

$$h = 0,38 \cdot \sqrt{0,8 \cdot 0,008} = 0,031 \text{ м},$$

Приймаємо $h = 40$ мм.

Розрахункова довжина болта між опорними поверхнями головки болта і гайки

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

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

$$l_{\text{б0}} = 2 \cdot (40 + 2) = 84 \text{ мм};$$

$$l_{\text{б}} = 84 + 0,28 \cdot 20 = 89,6 \text{ мм};$$

з урахуванням товщини трубної решітки приймаємо $l_{\text{б}} = 140$ мм.

					6.133.20.05.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

Навантаження, що діє на фланцеве з'єднання

$$Q_d = \frac{p_R \cdot \pi \cdot D_{cp,\pi}^2}{4}, \quad (3.9)$$

де $p_R = 0,4$ МПа – внутрішній тиск в апараті; $D_{cp,\pi} = 0,83$ м – середній Діаметр прокладки

$$Q_d = \frac{0,4 \cdot 3,14 \cdot 0,83^2}{4} = 0,17 \text{ МН.}$$

Реакція прокладки при робочих умовах [6]

$$R_\pi = \pi \cdot D_{cp} \cdot b_e \cdot m \cdot p_R, \quad (3.10)$$

де $m = 2,5$ – коефіцієнт, що залежить від матеріалу прокладки (табл.13.28 [6]);

$$R_\pi = 3,14 \cdot 0,83 \cdot 2,68 \cdot 0,0025 \cdot 0,4 = 0,005 \text{ МН.}$$

Зусилля, що виникає від температурних деформацій

$$Q_t = \gamma \cdot Z_\delta \cdot f_\delta \cdot E_\delta \cdot (\alpha_{cp} \cdot t_{cp} - \alpha_\delta \cdot t_\delta), \quad (3.11)$$

де $\alpha_{cp} = 12,5 \cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$ – коефіцієнт лінійного розширення матеріалу фланця; $\alpha_\delta = 12,5 \cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$ – коефіцієнт лінійного розширення матеріалу болтів; $t_\delta = 0,96 \cdot t_p = 0,96 \cdot 142,9 = 139^\circ\text{C}$ – розрахункова температура неізолюваних болтів; γ – безрозмірний коефіцієнт; Z_δ – Кількість болтів; $f_\delta = 2,35 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ – розрахункова площа поперечного перерізу болта по зовнішньому діаметру; $E_\delta = 1,91 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ – модуль поздовжньої пружності сталі 20к при $t_\delta = 139^\circ\text{C}$.

$$\gamma = A \cdot Y_\delta, \quad (3.12)$$

де Y_δ – лінійна податливість болта.

$$Y_\delta = \frac{l_\delta}{E_\delta \cdot f_\delta \cdot Z_\delta} \quad (3.13)$$

					6.133.20.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$Y_6 = \frac{0,14}{1,91 \cdot 10^5 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4} \cdot 32} = 16,5 \cdot 10^{-5} \text{ м/МН};$$

$$A = [Y_{\text{п}} + Y_6 + 0,25 \cdot (Y_{\text{ф1}} + Y_{\text{ф2}}) \cdot (D_6 - D_{\text{ср.п}})]^{-1}, \quad (3.14)$$

де $Y_{\text{п}}$ – лінійна податливість прокладки; $Y_{\text{ср}} = Y_{\text{ф1}} = Y_{\text{ф2}}$ – кутова податливість фланця;

$$Y_{\text{п}} = \frac{S_{\text{п}}}{\pi \cdot D_{\text{ср.п}} \cdot b_{\text{п}} \cdot E_{\text{п}}} \quad (3.15)$$

$$Y_{\text{п}} = \frac{0,002}{3,14 \cdot 0,83 \cdot 0,02 \cdot 2000} = 17,7 \cdot 10^{-6} \text{ м/МН};$$

$$Y_{\text{ср}} = \frac{[1 - \omega \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda)] \cdot \psi_2}{h^3 \cdot E}, \quad (3.16)$$

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

$$\omega = [1 + 0,9 \cdot \lambda \cdot (1 + \psi_1 \cdot j^2)]^{-1}, \quad (3.17)$$

де ψ_1, j – коефіцієнт

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

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

$$K = \frac{0,83}{0,8} = 1,13;$$

$$\psi_1 = 1,28 \cdot \lg 1,13 = 6,8 \cdot 10^{-2},$$

$$\psi_2 = \frac{k+1}{k-1} = \frac{1,13+1}{1,13-1} = 16,4;$$

					6.133.20.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$j = \frac{h}{s_e} = \frac{0,04}{0,008} = 5. \quad (\text{с.226 [6]})$$

Тоді

$$\omega = [1 + 0,9 \cdot 0,38 \cdot (1 + 6,8 \cdot 10^{-2} \cdot 6^2)]^{-1} = 0,53;$$

$$Y_\phi = \frac{[1 - 0,53 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,38)] \cdot 16,4}{0,04^3 \cdot 1,9 \cdot 10^5} = 0,9 \cdot 10^{-5} \text{ М/МН};$$

$$A = [17,7 \cdot 10^{-6} + 16,4 \cdot 10^{-5} + 0,25 \cdot 0,9 \cdot 10^{-5} \cdot (0,88 - 0,83)^2]^{-1} = 236 \text{ МН/м};$$

Отож,

$$\gamma = 236 \cdot 7,88 \cdot 10^{-5} = 0,019;$$

зусилля, що виникає від температурних деформацій

$$Q_t = 0,019 \cdot 32 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4} \cdot 1,91 \cdot 10^5 \cdot (12,5 \cdot 10^{-6} \cdot 139 - 12,5 \cdot 10^{-6} \cdot 137) = 0,0021 \text{ МН}.$$

Визначимо коефіцієнт жорсткості фланцевого з'єднання

$$k_{\text{ж}} = \frac{Y_\delta + 0,5Y_{\text{ср}}(D_\delta - D - s_o) \cdot (D_\delta - D_{\text{ср.п}})}{Y_{\text{п}} + Y_\delta + Y_\phi (D_\delta - D_{\text{ср.п}})^2} \quad (3.18)$$

$$k_{\text{ж}} = \frac{16,5 \cdot 10^{-5} + 0,5 \cdot 0,9 \cdot 10^{-5} \cdot (0,88 - 0,8 - 0,008) \cdot (0,88 - 0,83)}{17,7 \cdot 10^{-6} + 16,5 \cdot 10^{-5} + 0,910^{-5} \cdot (0,88 - 0,83)^2} = 0,9.$$

Визначимо болтову навантаження. В умови монтажу [6]

$$p_{\text{б1}} = \max \left\{ \begin{array}{l} k_{\text{ж}} \cdot Q_{\text{д}} + R_{\text{н}} \\ 0,5 \cdot \pi \cdot D_{\text{ср.п}} \cdot b_{\text{п}} \cdot p_{\text{пр}} \end{array} \right\}, \quad (3.19)$$

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

$$p_{\text{б1}} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,9 \cdot 0,17 + 0,005 \\ 0,5 \cdot 3,14 \cdot 0,83 \cdot 0,02 \cdot 20 \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,16 \\ 0,57 \end{array} \right\} = 0,57 \text{ МН}.$$

										Лист
										40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	6.133.20.05.00.00.00 ПЗ					

При робочих умовах [6]

$$P_{62} = P_{61} + (1 - k_{ж}) \cdot Q_d + Q_t \quad (3.20)$$

$$P_{62} = 0,57 + (1 - 0,9) \cdot 0,17 + 0,0021 = 0,59 \text{ МН.}$$

Перевірка міцності і герметичності з'єднання
умова міцності болтів [2]

$$\frac{P_{61}}{Z_6 \cdot f_6} \leq [\sigma_6]^{20}, \quad (3.21)$$

$$\frac{P_{62}}{Z_6 \cdot f_6} \leq [\sigma_6]^t, \quad (3.22)$$

де $[\sigma_6]^{20} = 200$ МПа – для матеріалу болтів при температурі 20°C; $[\sigma_6] = 138$ МПа – для матеріалу болтів при температурі 139°C.

$$\frac{0,57}{32 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4}} \leq 200 = 121 \leq 200 \text{ – умова виконується;}$$

$$\frac{0,59}{32 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4}} \leq 138 = 126 \leq 138 \text{ – умова виконується.}$$

Визначимо наведений згинальний момент за формулою 1.145 [6]

$$M_0 = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,5 \cdot (D_6 - D_{\text{ср.п}}) \cdot P_{61} \\ 0,5 \cdot (D_6 - D_{\text{ср.п}}) \cdot P_{62} \end{array} \right\} \quad (3.23)$$

$$M_0 = \left\{ \begin{array}{l} 0,5 \cdot (0,88 - 0,83) \cdot 0,57 \\ 0,5 \cdot (0,88 - 0,83) \cdot 0,59 \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,014 \\ 0,015 \end{array} \right\} = 0,015 \text{ МН} \cdot \text{м.}$$

За формулою 1.141 [6] для прокладки з пароніту

$$\frac{P_{\text{бmax}}}{\pi \cdot D_{\text{ср.п}} \cdot b} \leq P_{\text{п.р}} \quad (3.24)$$

					6.133.20.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

де $p_{пр}$ – допустимий тиск на прокладку по табл. 1.44 [6] $p_{пр} = 130$ МПа;

$$p_{\sigma_{max}} = \max\{p_{\sigma_1}; p_{\sigma_2}\} \quad (3.25)$$

$$p_{\sigma_{max}} = \max\{0,57; 0,59\} = 0,59 \text{ МН.}$$

$$\frac{p_{\sigma_{max}}}{\pi \cdot D_{ср.п} \cdot b} = \frac{0,59}{3,14 \cdot 0,83 \cdot 0,02} = 10,4 \text{ МПа} \leq 130 \text{ МПа,}$$

умова міцності виконується.

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

$$\sqrt{(\sigma_0 + \sigma_m)^2 + \sigma_t^2} - (\sigma_0 + \sigma_m) \cdot \sigma_t < \varphi \cdot [\sigma_0], \quad (3.26)$$

де σ_0 – Максимальна напруга в перерізі, обмеженому розміром s_0 , 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 $2 \cdot 10^3$; σ_t – тангенціальна напруга у втулці від внутрішнього тиску; σ_m – меридіональна напруга у втулці від внутрішнього тиску;

за формулою 1.149 [6]

$$\sigma_m = \frac{p_p \cdot D_{вп}}{4(s_0 - c)} \quad (3.27)$$

$$\sigma_m = \frac{0,4 \cdot 0,8}{4 \cdot (0,008 - 0,001)} = 11 \text{ МПа;}$$

за формулою 1.149 [6]

$$\sigma_t = \frac{p_p \cdot D_{вп}}{2 \cdot (s_0 - c)} \quad (3.28)$$

$$\sigma_t = \frac{0,4 \cdot 0,8}{2 \cdot (0,008 - 0,001)} = 22 \text{ МПа;}$$

					6.133.20.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

за формулою 1.143 і 1.148 [6]

$$\sigma_0 = \psi_3 \cdot \frac{T_{cp} \cdot M_0 \cdot v}{D^* \cdot (s_0 - c)^2}, \quad (3.29)$$

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

за формулою 1.144 [6]

$$T_{cp} = \frac{D_n^2 \cdot \left(1 + 8,55 \cdot \lg \frac{D_n}{D_{вп}}\right) - D_{вп}^2}{(1,05 \cdot D_{вп}^2 + 1,945 \cdot D_n^2) \cdot \left(\frac{D_n}{D_{вп}} - 1\right)} \quad (3.30)$$

де $D_n = 0,85$ м – зовнішній діаметр прокладки;

$$T_{cp} = \frac{0,85^2 \cdot \left(1 + 8,55 \cdot \lg \frac{0,85}{0,8}\right) - 0,8^2}{(1,05 \cdot 0,8^2 + 1,945 \cdot 0,85^2) \cdot \left(\frac{0,85}{0,8} - 1\right)} = 1,2,$$

$$\sigma_0 = \frac{1 \cdot 1,2 \cdot 0,015 \cdot 0,49}{0,88 \cdot (0,008 - 0,001)^2} = 383 \text{ МПа};$$

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

Умова міцності

$$\sqrt{(383+11)^2 + 22^2} - (383+11) \cdot 22 \leq 0,95 \cdot 570 = 542 \text{ МПа}$$

$383 < 542$ – умова міцності виконано.

Окружний тиск в кільці фланця

$$\sigma_k = \frac{M_0 \cdot [1 - \omega \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda_{cp})] \cdot \psi_2}{(D_{вн} \cdot h_{\psi}^2)} \quad (3.31)$$

					6.133.20.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						43
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$\sigma_k = \frac{0,015 \cdot 16,4 \cdot [1 - 0,53 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,38)]}{0,8 \cdot 0,04^2} = 56 \text{ МПа.}$$

Визначаємо кут повороту фланця за формулою 1.150 [6]

$$\Theta = \frac{\sigma_k \cdot D_{\text{вн}}}{E \cdot h_{\text{ср}}} \leq [\Theta], \quad (3.32)$$

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

$$\Theta = \frac{56 \cdot 0,8}{1,9 \cdot 10^5 \cdot 0,04} = 0,0059 < 0,009 \text{ рад,}$$

тобто умова герметичності з'єднання виконується.

3.3 Розрахунок і вибір опори

Маса обичайки кожуха

$$m_k = \left[\frac{\pi \cdot (D + 2 \cdot s)^2}{4} - \frac{\pi \cdot D^2}{4} \right] \cdot l \cdot \rho, \quad (3.33)$$

де $\rho = 7860 \text{ кг/м}^3$ – щільність сталі.

$$m_k = \left[\frac{3,14 \cdot (0,8 + 2 \cdot 0,006)^2}{4} - \frac{3,14 \cdot 0,8^2}{4} \right] \cdot 6 \cdot 7860 = 716 \text{ кг.}$$

Маса кришки і днища

$$m_{\text{кр}} = 1,24 \cdot D^2 \cdot s_{\text{кр}} \cdot \rho \quad (3.34)$$

$$m_{\text{кр}} = 1,24 \cdot 0,8^2 \cdot 0,006 \cdot 7860 = 37 \text{ кг.}$$

					6.133.20.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						44
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Маса труб

$$m_{\text{тр}} = \frac{\pi}{4} \cdot (d_{\text{н}}^2 - d_{\text{вн}}^2) \cdot l \cdot n \cdot \rho \quad (3.35)$$

$$m_{\text{тр}} = \frac{3,14}{4} \cdot (0,038^2 - 0,034^2) \cdot 6 \cdot 112 \cdot 7860 = 1178 \text{ кг.}$$

Маса фланця з ґратами

$$m_{\text{ф}} = \frac{\pi \cdot D_{\text{ф}}^2}{4} \cdot h_{\text{ф}} \cdot \rho, \quad (3.36)$$

де $D_{\text{ф}}$ – зовнішній діаметр фланця, $h_{\text{ф}}$ – висота фланця.

$$m_{\text{ф}} = \frac{3,14 \cdot 0,92^2}{4} \cdot 0,08 \cdot 7860 = 418 \text{ кг.}$$

Обсяг трубного простору

$$V_{\text{тр}} = 0,785 \cdot d^2 \cdot n \cdot l \quad (3.37)$$

$$V_{\text{тр}} = 0,785 \cdot 0,034^2 \cdot 112 \cdot 6 = 0,611 \text{ м}^3.$$

При коефіцієнті паронаповнення $\varepsilon = 0,5$ маса розчину

$$m_{\text{р}} = V_{\text{р}} \cdot \rho \cdot \varepsilon \quad (3.38)$$

$$m_{\text{р}} = 0,611 \cdot 1234 \cdot 0,5 = 377 \text{ кг.}$$

Сила тяжіння апарату в робочому стані

$$G = g \cdot (m_{\text{к}} + 2 \cdot m_{\text{кр}} + m_{\text{тр}} + 2 \cdot m_{\text{ф}} + m_{\text{р}}) \quad (3.39)$$

$$G = 9,81 \cdot (716 + 2 \cdot 37 + 1178 + 2 \cdot 418 + 377) = 31200 \text{ Н} = 31,2 \text{ кН,}$$

					6.133.20.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

приймаємо кількість опор $n = 3$ шт.

Навантаження на одну опору

$$Q = \frac{G}{n} \quad (3.40)$$

$$Q = \frac{31,2}{3} = 10,4 \text{ кН.}$$

Вибираємо опору з допустимої навантаженням $Q = 10$ кН. Позначення опори 1- 1000 ОСТ 26-665-79.

					6.133.20.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						46
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4 Монтаж і ремонт апарату

4.1 Монтаж апарату

Випарний апарат з примусовою циркуляцією має великі габарити і вагу і поставляються на монтажний майданчик окремими вузлами або блоками, наприклад:

- корпус гріючої камери;
- гріюча камера;
- сепаратор;
- циркуляційні труби;
- циркуляційна помпа;
- обв'язувальні трубопроводи.

Опорні лапи у апаратів цього типу розташовані у верхній частині. Апарат як би підвішений, а тому його монтаж доцільно здійснювати методом підрощування.

Монтаж апарату починають з установки на місце і вивірки по осях і відміткам корпусу парового простору. Особливо важливо витримати вертикальне положення апарату, так як навіть незначний нахил апарату призводить до перекосів і порушення ущільнень в сальникових компресорах. Відхилення від вертикалі осі апарату не повинно перевищувати 1 мм на 1 м висоти апарату.

Далі монтаж проводиться в наступному порядку:

- проводиться підгонка і приєднання гріючої камери до встановленого корпусу гріючої камери;
- встановлюються циркуляційні труби;
- встановлюється циркуляційний насос;
- встановлюються засувки на всмоктуючий і напірний патрубки насоса і компенсатори;
- встановлюється сепаратор;
- монтується обв'язувальні трубопроводи;
- встановлюються запобіжні клапани і контрольно - вимірювальні прилади.

При монтажі запірної арматури особлива увага приділяється герметичності засувок на трубопроводі подачі води в апарат, так як просочування води в апарат під час його роботи веде до розведення розчину і перешкоджає випаданню з нього кристалів.

					6.133.20.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						47
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

По закінченню монтажу апарат і обв'язувальні трубопроводи піддають гідравлічному випробуванню при тиску, Рівному 1,5 робочого. При цьому тиску апарат витримують протягом 5 хвилин, після чого тиск знижують до робочого і проводять огляд апарату.

При монтажі великої кількості однотипних апаратів доцільно виготовити пристосування для опресування окремих блоків апарату ще до установки їх на місце. Це значно полегшує виявлення і усунення дефектів.

Зазвичай випарні апарати поставляються заводом-виробником з тимчасовими картонними прокладками. Ці тимчасові прокладки при монтажі замінюються постійними, матеріал яких вибирається виходячи з середовища, тиску і температури, при якій працює апарат.

Якщо апарат має теплоізоляцію, при монтажі його необхідно дотримуватися наступних додаткових умов:

- довжина патрубків повинна бути такою, щоб фланцеві з'єднання не потрапляли в шар ізоляції;
- замкнена арматура на апараті повинна встановлюватися так, щоб ізоляція не заважала її обслуговуванню;
- Болти на штуцерах повинні бути розташовані гайкою в сторону апарату, щоб болт можна було вийняти, не порушуючи ізоляції. [6]

4.2 Ремонт апарату

Ремонт - це комплекс робіт з відновлення справного стану, працездатності та ресурсу обладнання.

Види ремонтів: капітальний, поточний.

Поточний ремонт - комплекс робіт, спрямованих на відновлення працездатності обладнання шляхом заміни або відновлення окремих його частин.

Капітальний ремонт - виконується для відновлення справності і повного (або близького до повного) відновлення ресурсу обладнання з заміною або відновленням будь-яких його частин, включаючи базові.

Перелік робіт при поточному ремонті: очищення внутрішньої поверхні трубок гріючої камери, підвальцювання трубок, відглушення трубок (до 10%), завмер товщини стінок корпусу, штуцерів. Випробування на міцність і щільність.

Перелік робіт при капітальному ремонті: склад робіт поточного ремонту, витягування трубного пучка, очищення корпусу, трубного пучка від відк-

					6.133.20.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ладень, підвальцювання трубок, зміна трубного пучка або частини трубок, ремонт корпусу

Тріщини корпусу випарного апарату ремонтують заваркою. Оглянувши тріщину (із застосуванням лупи), встановлюють її розміри. Поверхня корпусу в зоні тріщини ретельно зачищають з внутрішньої і зовнішньої сторін. На кінцях тріщини просвердлюють отвори для запобігання її поширення в довжину. Після засвердлювання тріщину обробляють під зварювання за допомогою пневмомолотка і зубила або спеціального газового різачка. Некрізні тріщини обробляють односторонньої вирубкою крайок на максимальну глибину по куту 50-60°. Наскрізні тріщини або не наскрізні глибиною більше 0,4 товщини стінки обробляють на всю товщину. При товщині стінки корпусу випарного апарату до 15 мм зварювання ведеться V - подібним швом, при більшій товщині стінки - X - подібним швом.

Наскрізні тріщини при значному розбіжності крайок, а також ділянки значного зносу, що утворилися в результаті корозії і ерозії, вирізують і на їх місце встановлюють латки. Необхідно, щоб розмір зарплати був більше розміру пошкодженої ділянки на 100 - 160 мм. метал, з якого вирізають латку, підбирають тієї ж марки і товщини, що і стінка апарату. При вальцюванні латки радіус її повинен бути на 10% менше необхідного, так як при зварюванні вона розпрямляється. Радіус вальцювання перевіряють за допомогою шаблону.

У прямокутної латки кути закруглюють (радіус заокруглення не менше 50 мм). Залати зварюють тільки встик.

При товщині латок менше 20 мм їх можна виготовляти опуклими.

Найбільш складна операція при ремонті - заміна зношених обичайок і днищ апаратів. Кромки поверхні апарату і заміної деталі зачищають перед зварюванням до чистого металу на ширину 10 мм.

Зварювання необхідно виконувати плавно, переходячи від одного елемента до іншого. Кут скосу елементів різної товщини повинен бути не більше 150. Сварка стикових швів без попереднього уточнення більш товстої стінки допускається, якщо різниця в товщині з'єднуються елементів не перевищує 30% (але не більше 5 мм).

Спільний відведення крайок(незграбності) в швах повинен бути не більше 10% товщини листа плюс 3 мм (але не більше 5 мм).

При виготовленні і складанні обичайок застосовують листозгинальні вальці і різні ручні стяжки і розпірки.

Дефектні люки і штуцера видаляють за допомогою газового різання. Матеріал для виготовлення нового люка, штуцера і зміцнюючого кільця по-

					6.133.20.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

винен відповідати проекту. Спочатку приварюють штуцер або люк, а потім зміцнює кільце. У новому кільці необхідно просвердлити сигнальний отвір. Розміри кільця ретельно підганяють, при цьому бажано, щоб діаметр його був більше діаметра старого і зварювання проводилася на новому місці. При ремонті зміцнюють кільця часто роблять роз'ємними по діаметру на дві половини.

В процесі ремонту випарного апарату виникає необхідність в чищенні. Способи чищення трубок вибирають в залежності від складу відкладень і його кількості.

При чищенні механічним способом тверді відкладення видаляють скребками або свердлом, закріпленим на кінці вала. Вал приводять в обертання за допомогою пневмомотора або електродвигуна через редуктор. Одночасно з механічною чищенням трубок через порожнистий вал подають пар або воду, які забирають відкладення.

Найбільш часто ремонт теплообмінної апаратури полягає в частковій або повній заміні дефектних трубок, а також пов'язаний з порушенням герметичності фланцевих з'єднань. Дефекти в трубках і нещільності в їх вальцювальному з'єднанні усувають обпресуванням пучка трубок в корпусі зі знятими кришками.[6]

					6.133.20.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						50
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

5 Охорона праці

5.1 Аналіз потенційних небезпек які виникають під час експлуатації

Установка отримання і хлорид калію є джерелом небезпечних і шкідливих факторів. Небезпечними факторами є:

- електричний струм(електрофільтри, електролізна ванна);
- рухомі частини обладнання (подачі хлорид калію);
- нагріті поверхні (трубопроводи, випарний апарат, теплообмінник, електролізна ванна).

Виробниче приміщення установки отримання хлорид калію за небезпекою електропораження відповідно до ПУЕ відносяться до класу особливо небезпечних приміщень (два і більше ознак підвищеної небезпеки одночасно), так як присутні струмопровідні підлоги, висока температура.

Причинами електропораження можуть бути: випадковий дотик або наближення на небезпечну відстань до струмоведучих частин обладнання, що знаходиться під напругою.

Рухомі і обертові частини обладнання несуть небезпеку фізичного контакту з організмом людини, тому вони забезпечені захисними кожухами.

Шкідливими факторами є:

- мікроклімат, що відрізняється від норм;
- хімічні речовини;
- недостатня освітленість.

Вплив хлору на організм людини. Хлор відноситься до речовин з переважною дією на центр дихання. Тому нижче в основному розглядається можливість гострої дихальної недостатності при ураженні хлором. Вдруге може розвинути серцева недостатність. Для діагностики та лікування в клінічній практиці прийнято виділяти чотири ступені тяжкості гострого отруєння хлором, що характеризуються наступними симптомокомплексами: легка ступінь ураження (0.002-0.012 г / м³; слабовираженна рефлексорна реакція на інтоксикацію, Зникаюча при лікуванні за 24-48 годин); ураження середньої тяжкості (0.013 - 0.090 г/м³; виражена рефлексорна реакція на інтоксикацію, характерний "хлорний" кашель, розсіяні сухі хрипи в легенях свідчать про наявність ураження легеневої функції). При своєчасному лікуванні симптоми зникають за 7 - 15 днів. Ураження важкого ступеня (0.091 - 0.15 г/м³; після періоду ремісії виникає токсичний набряк легенів, наростають вологі і сухі хрипи, розвивається тахікардія). Вкрай важке ураження (0.51 - 1.2 г/м³; поте-

					6.133.20.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						51
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

рпілий гине протягом декількох хвилин в результаті рефлекторної зупинки дихання і серцевої діяльності).

При отруєнні хлором необхідний абсолютний спокій; корисно вдихати кисень, або аміак (нюхаючи нашатирний спирт), або пари спирту з ефіром. За існуючими санітарними нормами вміст хлору в повітрі виробничих приміщень не повинен перевищувати 0,001 мг / л, тобто 0,00003%

Хлор особливо важливий для утворення шлункового соку, формування плазми крові, є активатором ряду ферментів. Цей елемент в організмі людини бере участь в тих же механізмах обмінних реакцій, що і калій. Потреба людини в хлорі - близько 2 г / добу. Нешкідлива доза до 5-7 г. потреба в хлорі з надлишком задовольняється звичайним раціоном, що містить в середньому 7-10 г хлору, з них 3,7 г ми отримуємо з хлібом і 4,6 г при підсолюванні їжі кухонною сіллю. Природний вміст хлору в харчових продуктах коливається в межах 2-160 мг. Раціон харчування без додавання кухонної солі містив би близько 1,6 г хлору. Основне його кількість(до 90%) дорослі отримують з повареної сіллю. Багато хлору в червоному буряку. Присутній у багатьох овочах, фруктах, злаках, бобових.

Заходи першої допомоги. При ураженні хлором потерпілого негайно виносять на свіже повітря, тепло вкривають, щоб пом'якшити подразнення дихальних шляхів, слід дати вдихати аерозоль 0,5%-го розчину питної соди. Корисно також вдихати кисень. Шкіру і слизові промивати 2%-м содовим розчином не менше 15 хв. через задушливого дії хлору потерпілому пересува-тися самостійно не можна. Транспортують його тільки в лежачому положенні. Якщо людина перестала дихати, треба негайно зробити штучне дихання методом " з рота в рот".

При інтенсивному витоку хлору використовують розпорошений розчин кальцинованої соди або воду, щоб осадити газ. Місце розливу заливають аміачною водою, вапняним молоком, розчином кальцинованої соди або каустика з концентрацією 60 – 80% і більше (приблизний витрата – 2 л розчину на 1 кг хлору). Для захисту від невеликих концентрацій хлору в побутових умовах можна використовувати ватномарлеву пов'язку, змочену водою, а краще 2% - м розчином питної соди.[8]

5.2 Характеристика працюючого обладнання

Дана дипломна робота присвячена розробці установки отримання хлорид калію. У цьому розділі будуть розглянуті питання безпеки по відношенню до переробляється комплексу. Даний переробний комплекс обслуговує

					6.133.20.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						52
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

ряд робітників: апаратники, монтажні працівники, слюсарі і т. д. вони виконують всі необхідні роботи, що забезпечують нормальне функціонування всіх апаратів і установок, такі як ремонт обладнання, контроль за функціонуванням обладнання і т. д. Використовуване в даному технологічному процесі обладнання дуже просте в обслуговуванні і не вимагає додаткових зусиль в ремонті і обслуговуванні. Для безпечної і безаварійної експлуатації все обладнання повинно піддаватися технологічному обслуговуванню і ремонту. Для забезпечення нормальної роботи обладнання та виявлення його дефектів проводиться капітальний, поточний ремонт і технічний огляд обладнання відповідно до системи ППР. Служба КВП щомісяця проводить перевірку всіх приладів. Два рази на рік проводиться перевірка струмоведучих частин і заземлення. Всі наведені вище заходи дозволяють домогтися максимальної безпеки.[8]

5.3 Характеристика приміщення

Згідно санітарним нормам проектування промислових підприємств СН 275-71, мінімальний допустимий обсяг виробничих приміщень на одну працюючу людину повинен бути не менше 15 м³, при цьому висота виробничих приміщень повинна бути не менше 3,2 м, а площа не менше 4,5 м².

Так як розглядається виробництво супроводжується мінімальною кількістю виділення пилу, то його маємо в двоповерховій будівлі. Профіль покрівлі, ширину і висоту цієї будівлі слід вибрати таким чином, щоб забезпечити найбільш ефективно і економічне видалення 81 шкідливих речовин природним шляхом. Стіни і стелі приміщень повинні мати покриття, які легко піддаються миттю і чищенню (нержавіюча сталь, пластикат, лакофарбові матеріали та ін.). Використовуване приміщення відповідає всім перерахованим вище вимогам.[7]

5.4 Система вентиляції

Завданням вентиляції є забезпечення чистоти повітря і заданих метеорологічних умов у виробничих приміщеннях. Для ефективної роботи вентиляції потрібно, щоб:

- 1) Кількість припливного повітря відповідало кількості видаляється;
- 2) припливні і витяжні системи в приміщенні були правильно розміщені, тобто свіже повітря необхідно подавати в ті частини приміщень, де кількість шкідливих речовин перевищує ГДК;

					6.133.20.05.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53

3) система вентиляції не створювала шум на робочих місцях більше ніж допустимий рівень звуку (75 дБ А) згідно СН 2.2.4/2.1.8.562-96;

4) система вентиляції не викликала переохолодження або перегріву робочого персоналу;

5) система вентиляції була електро-, пожежо-та вибухобезпечною.

Для боротьби з загазованістю і запиленістю виробничих приміщень використовують різні види вентиляції. У більшості випадків, для відповідальних виробництв, кратність повітрообміну в приміщенні згідно СН 245-71 повинна бути не менше 8 ч. незалежно від фактичної концентрації шкідливих речовин і наявності вентиляційних пристроїв, в кожному виробничому приміщенні передбачають спеціальні відкриваються пристрої у вікнах (фрамуги). Система вентиляції, яка використовується в приміщенні для вилучення хлору, відповідає всім перерахованим вище вимогам. Вентиляційна система вибирається по кратності повітрообміну. Кратність повітрообміну залежить від кількості парів, що виділяються, газів, тепла, а також від гранично допустимої концентрації даної речовини в обсязі приміщення.[8]

5.5 Освітлення

Раціональне Виробниче освітлення повинно забезпечувати психологічний комфорт, попереджати зорову і загальну стомлюваність і професійні захворювання очей людини.

У виробничих приміщеннях в залежності від джерела світла застосовують такі види освітлення: природне, штучне і поєднане. Для даного приміщення застосовується поєднане освітлення, яке повинно створювати мінімальну освітленість 200 лк згідно СНиП 23-05-95 для V-го розряду тривалих робіт (мінімальний розмір об'єкта розрізнення від 1 до 5 мм).

Природне освітлення більш сприятливо для зору і більш економічно, воно здійснюється через вікна або світлові ліхтарі в покрівлі. Для штучного освітлення застосовують лампи розжарювання і газорозрядні лампи. Для загального освітлення робочих місць застосовують люмінесцентні лампи.

У виробничих приміщеннях даного комплексу влаштовується 83 аварійне освітлення на той випадок, якщо раптово припиниться дія робочого освітлення.

За своїм призначенням аварійне освітлення розділяється на два види: для евакуації людей з приміщення і для тимчасового продовження робіт. Аварійне освітлення для евакуації людей повинно забезпечувати освітленість на підлозі по лінії основних проходів не менше 0,5 лк.

					6.133.20.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						54
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Аварійне освітлення для продовження роботи робиться для того, щоб через настала темряви, не відбулися помилкові дії обслуговуючого персоналу, що викликають порушення технологічного процесу, можливість вибухів, пожеж, нещасних випадків. Аварійне освітлення повинно забезпечувати на робочих поверхнях освітленість не менше 5 % від робочого.[8]

5.6 Електробезпека

Для запобігання випадкового ураження персоналу електричним струмом необхідне застосування заземлення струмоприймачів, а також основних захисних засобів: діелектричних рукавичок, покажчиків напруги, ізолюючих штанг; додаткових захисних засобів: діелектричних калош, ізолюючих килимків і підставок.

Виконання всіх пунктів правил техніки безпеки забезпечує безаварійну роботу всього персоналу.[8]

5.7 Екологічна безпека

У технології отримання хлориду калію основну небезпеку для атмосфери несуть виділяються гази.

Гази виходять в атмосферу не завдають шкоди навколишньому середовищу, так як рівень вмісту шкідливих речовин у викидах нижче рівня ГДВ.

Для уникнення потрапляння в атмосферу цих речовин на підприємстві є система газоочищення, що складається з місцевої (цехова) і загальної (об'єктова). В системі газоочистки застосовується наступне обладнання: електрофільтри, циклони, абсорбери, фільтри ФПП і скрубери.

Відповідно до санітарних норм СН 245-71 підприємство, на якому виробляють хлорид калію, відноситься до першого класу санітарної класифікації виробництв (санітарно-захисна зона - 1000м).

Підприємство розділене на функціональні зони: передзаводська, виробнича, підсобна, складська, сировинна, товарних ємностей, що підвищує безпеку як виробничу, так і екологічну. [8]

					6.133.20.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						55
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Висновок

В даній бакалаврській роботі описаний процес виробництва хлориду калію, розроблена трьохкорпусна випарна установка.

Описана технологічна схема виробництва, теоретичні основи процесу, вибраний матеріал апарата.

Описаний принцип дії апарату, зроблені розрахунки апарату та допоміжного обладнання.

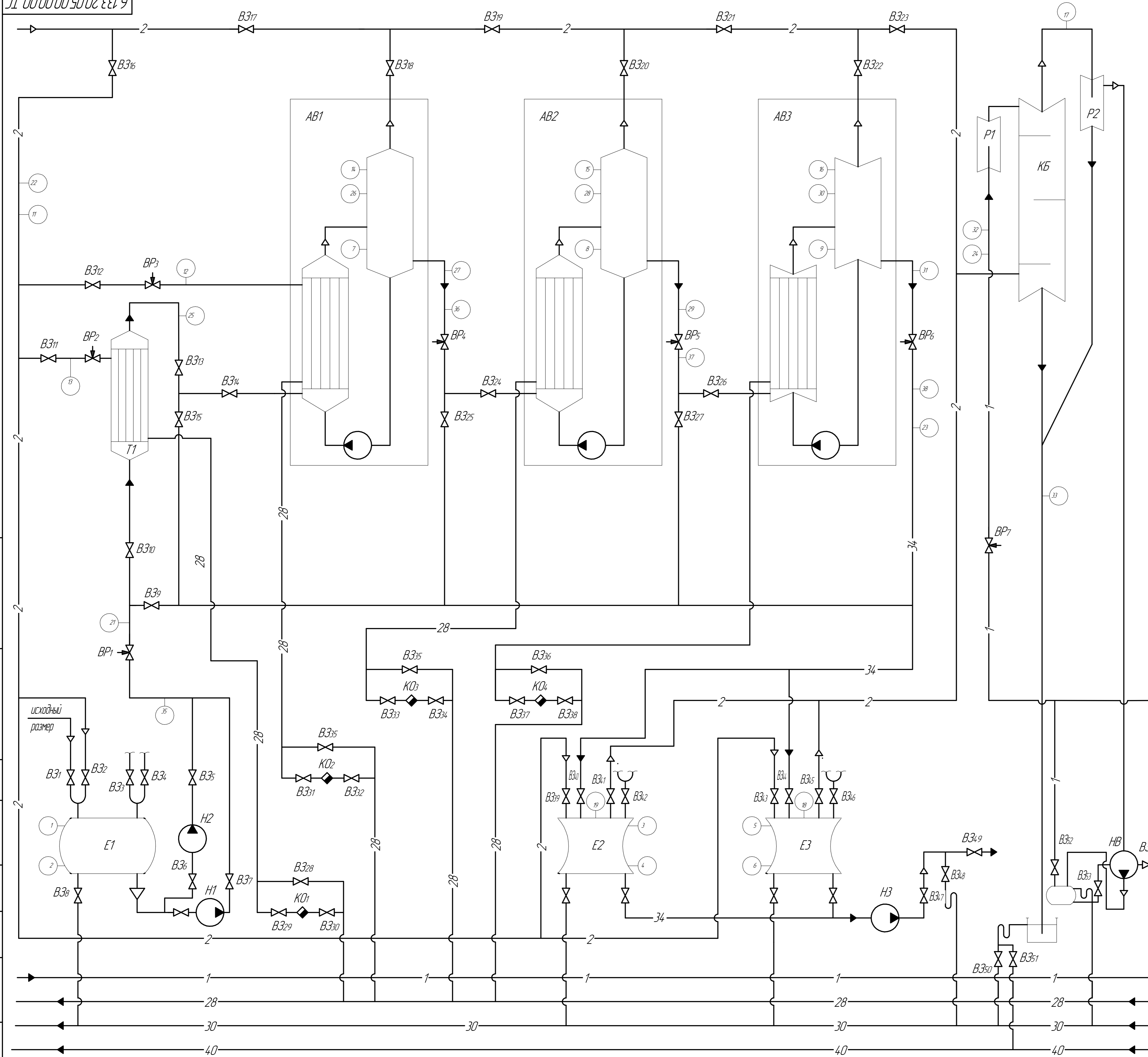
Приведений монтаж та ремонт апарату. Зроблений аналіз небезпек які виникають на виробництві. Описані заходи з охорони праці.

					6.133.20.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						56
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Литература

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, 576 с.
3. Соколов В. Н. Машины и аппараты химических производств. Примеры и задачи. Ленинград, Машиностроение, 1982, 384 с.
4. А. М. Бакластов, В. А. Горбенко, О. Л. Данилов и др. Под редакцией А. М. Бакластова. Промышленные тепломассообменные процессы и установки. Учебник для вузов. М, Энергоатомиздат, 1986, 328 с.
5. Кувшинский М. Н., Соболева А. П. Курсовое проектирование по предмету процессы и аппараты химической промышленности. Москва, Высшая школа, 1980, 223 с.
6. Михалев М. Ф. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств. Примеры и задачи. Ленинград, Машиностроение, 1984, 301 с.
7. Иоффе И. Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии. Учебник для техникумов. Л., Химия, 1991, 352 с.
8. Чечель П. С. Процессы и аппараты химической технологии. Киев, Высшая школа, 1974, 276 с.

					6.133.20.05.00.00.00 ПЗ	Лист
						57
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Условное обозначение	Наименование среды
1	Вода
2	Пар
29	Конденсат
30	В канализацию
34	Упаренный раствор
40	Обратная вода

Точки замера и контроля		
Обознач	Контролируемый параметр	Примечание
1-9	Уровень	
11-19	Давление	
21-24	Расход	
25-33	Температура	
35-38	Концентрация	

Поз. обозначение	Наименование	Код	Примечание
AB1-3	Аппарат выпарной		
B31-54	Вентиль запорный		
BP1-7	Вентиль регулирующий		
E1-3	Емкость		
T	Теплообменник		
КБ	Конденсатор барометрический		
P1-2	Расширитель		
KO1-4	Конденсатоотводчик		
H1-3	Насос		
HВ	Насос вакуумный		

6.133.20.05.00.00.00 ТС				Установка выпарная трехкамерная Технологическая схема			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Бончишевский						
Проб.					Лист	Листов	1
Т.контр.							
И.контр.							
Утв.							

Лист 1 из 1
Формат А1

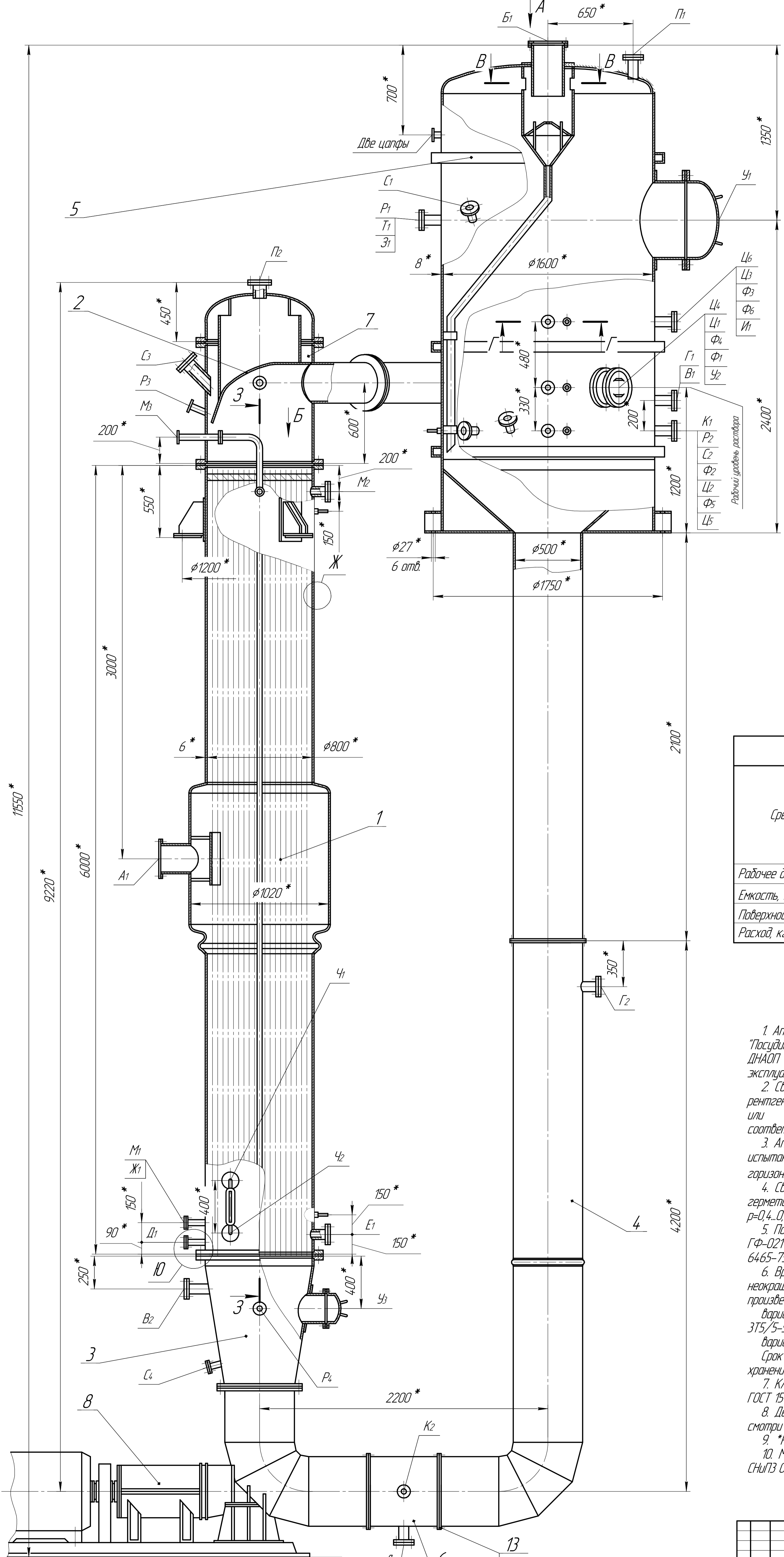


Таблица штуцеров

Обозн.	Наименование	Кол.	Проклад. условный D _к , мм	Давление условное P _к , МПа
A1	Вход греющего пара	1	200	1,0
B1	Выход вторичного пара	1	280	1,0
B1-2	Вход раствора	2	65	1,0
G1-2	Выход раствора	1	65	1,0
D1	Выход конденсата	1	50	1,0
E1	Технологический	1	50	1,0
Ж1	Для промывки	1	40	1,0
З1	Для промывки	1	50	1,0
Л1	Слив	1	50	1,0
M1-3	Соединение с атмосферой	3	50	1,0
П1-2	Соединение с атмосферой	2	32	1,0
P1-4	Для термометра сопротивления	4	25	2,55
C1-4	Для термометра ртутного	4	25	2,65
T1	Для манометра	1	25	1,65
У1-3	Люк	2	400	1,0
Ф1-6	Окно смотровое	6	100	1,0
Ц1-6	Промывка окна смотрового	6	20	1,0
Ч1-2	Для указателя уровня	2	20	1,4
И1	Технологический	1	65	1,0
K1-2	Отбор проб	2	40	1,0

Техническая характеристика

Показатели	Трубное пространство	Межтрубное пространство
	Наименование	Хлорид калия
Среда	Токсичность	Да
	Взрывоопасность	-
	Агрессивность	Да
	Температура, °C	
Рабочее давление, МПа		
Емкость, м ³	8	2
Поверхность теплообмена, м ²	100	
Расход, кг/с	2,5	

Технические требования

- Аппарат изготовить в соответствии с ГСТУ 3-17-191-2000 "Посудыни та апарати стални зварни. Загальні технічні умови" и ДНАОП 0.00-107-94 "Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением".
- Сварные швы контролировать УЗД или рентгенопросвечиванием в объеме 25%. Недоступные для УЗД или рентгенопросвечивания швы контролировать в соответствии с РД 26-11-01-85.
- Аппарат испытать гидравлическим давлением (порядок испытания согласно ГСТУ 3-17-191-2000) p_{пр}=0,46 МПа в горизонтальном положении или пневматическим 0,07 МПа.
- Сварные швы составных фланцев проверить на герметичность давлением воздуха (или инертного газа) p=0,4...0,6 МПа.
- Покрытие наружных поверхностей аппарата - грунт ГФ-021 ГОСТ 26129-82 (1 слой) и эмаль ПФ-115 серая ГОСТ 6465-75 (2 слоя).
- Временную противокоррозионную защиту наружных неокрашиваемых поверхностей из углеродистой стали произвести в соответствии с ГОСТ 9.014-78. вариант временной защиты ВЗ-4 (смазка пластичная ЗТ5/5-5 ГОСТ 19537-83); вариант внутренней упаковки ВУ-0 ГОСТ 15150-69. Срок хранения без консервации 2 года. Условия хранения ТЖ-1 по ГОСТ 15150-69.
- Климатическое исполнение Ч. Категория размещения 4 ГОСТ 15150-69.
- Действительное расположение штуцеров, люков и цапф смотри вид А.
- *Размеры для справок.
- Монтаж аппарата произвести в соответствии со СНиПЗ 05 05-84.
- На месте эксплуатации аппарат заземлить.

Лист 18 из 22

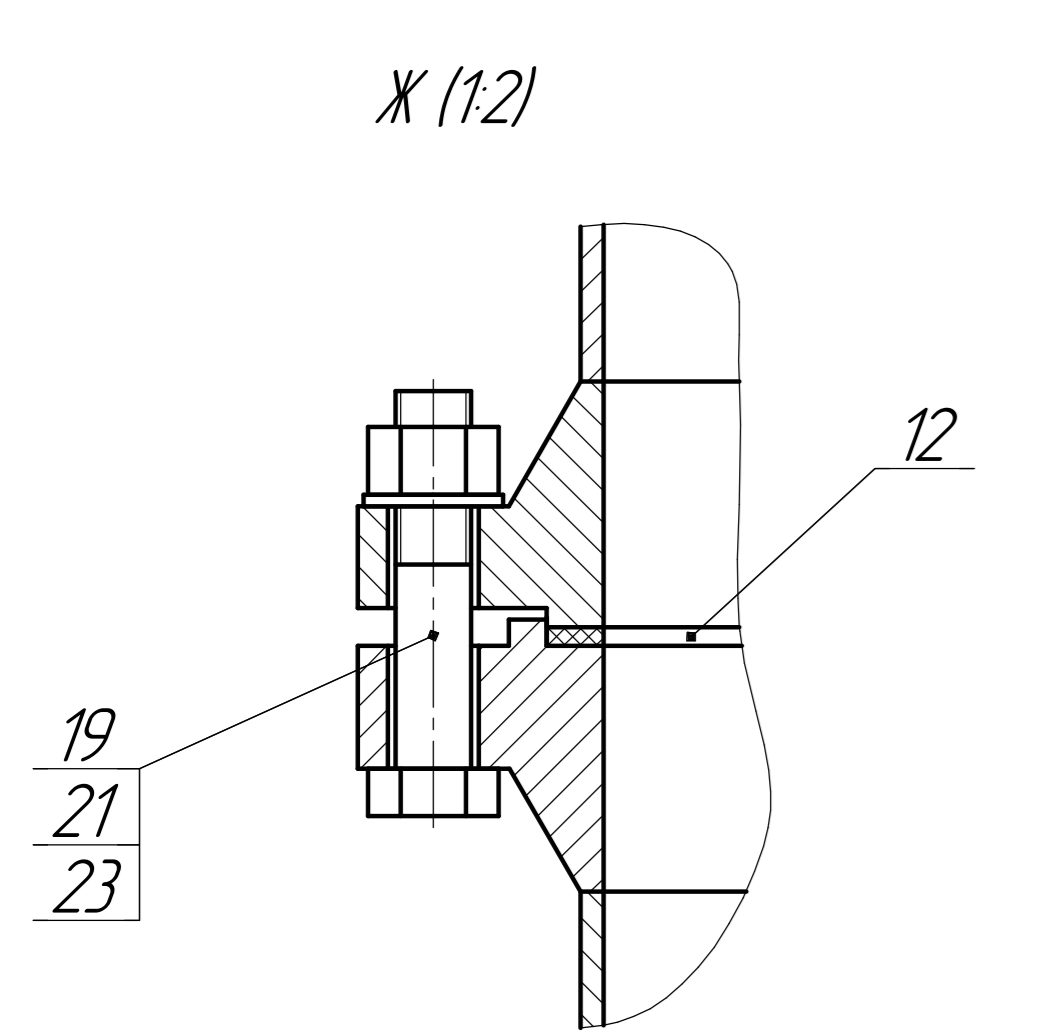
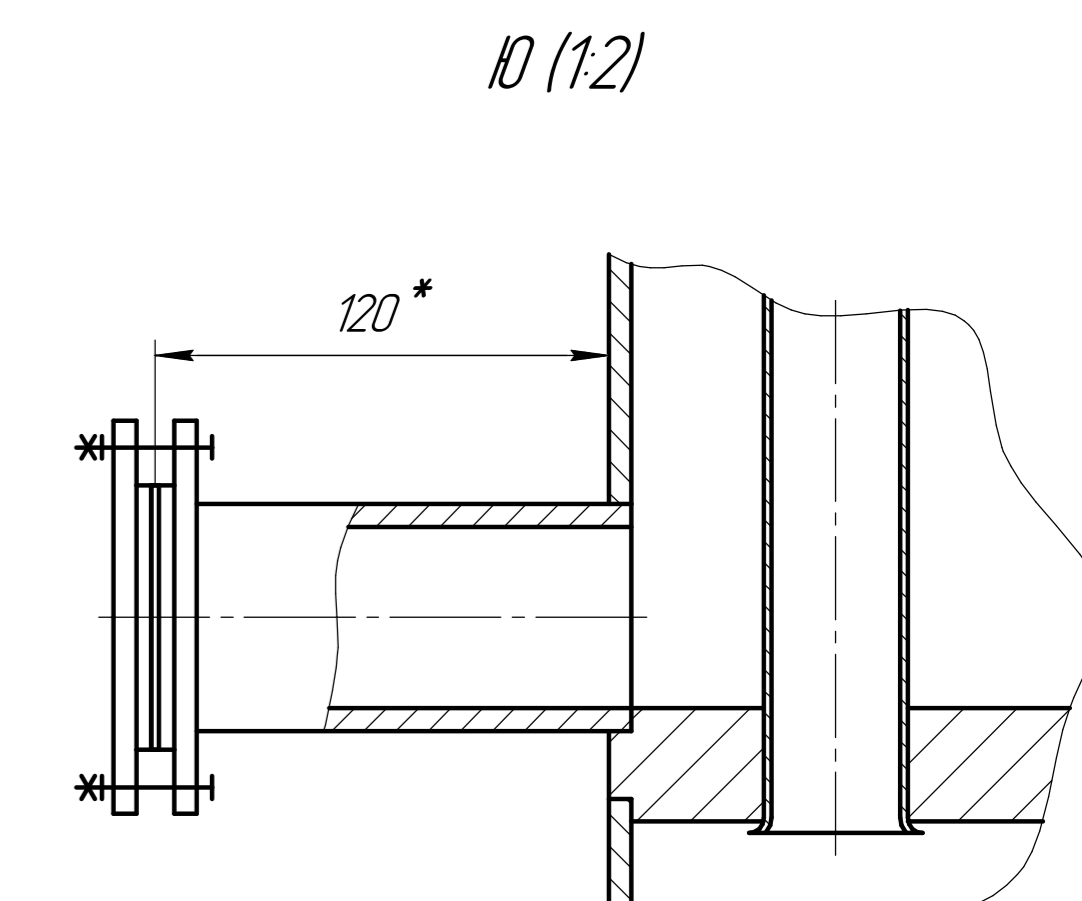
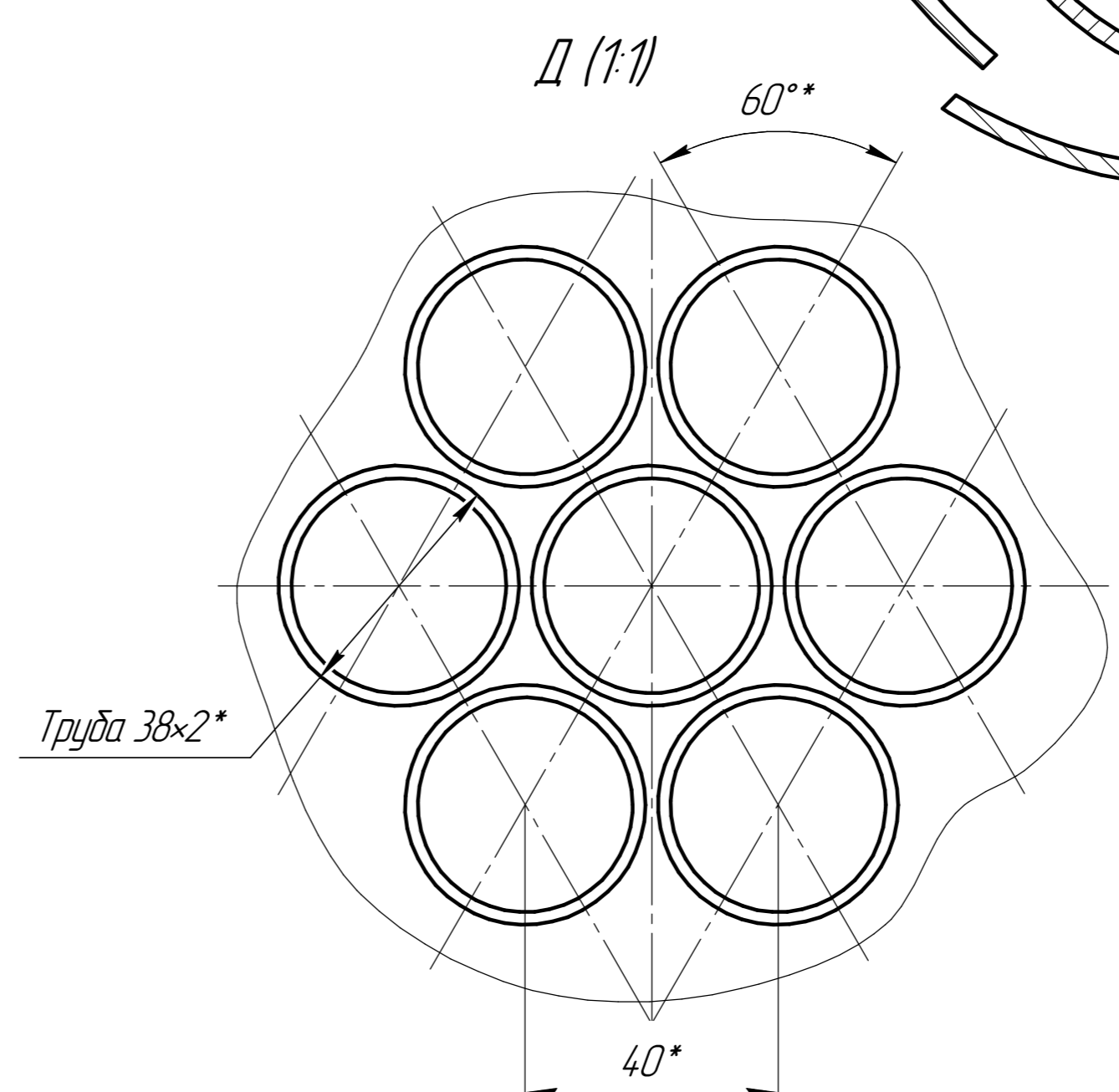
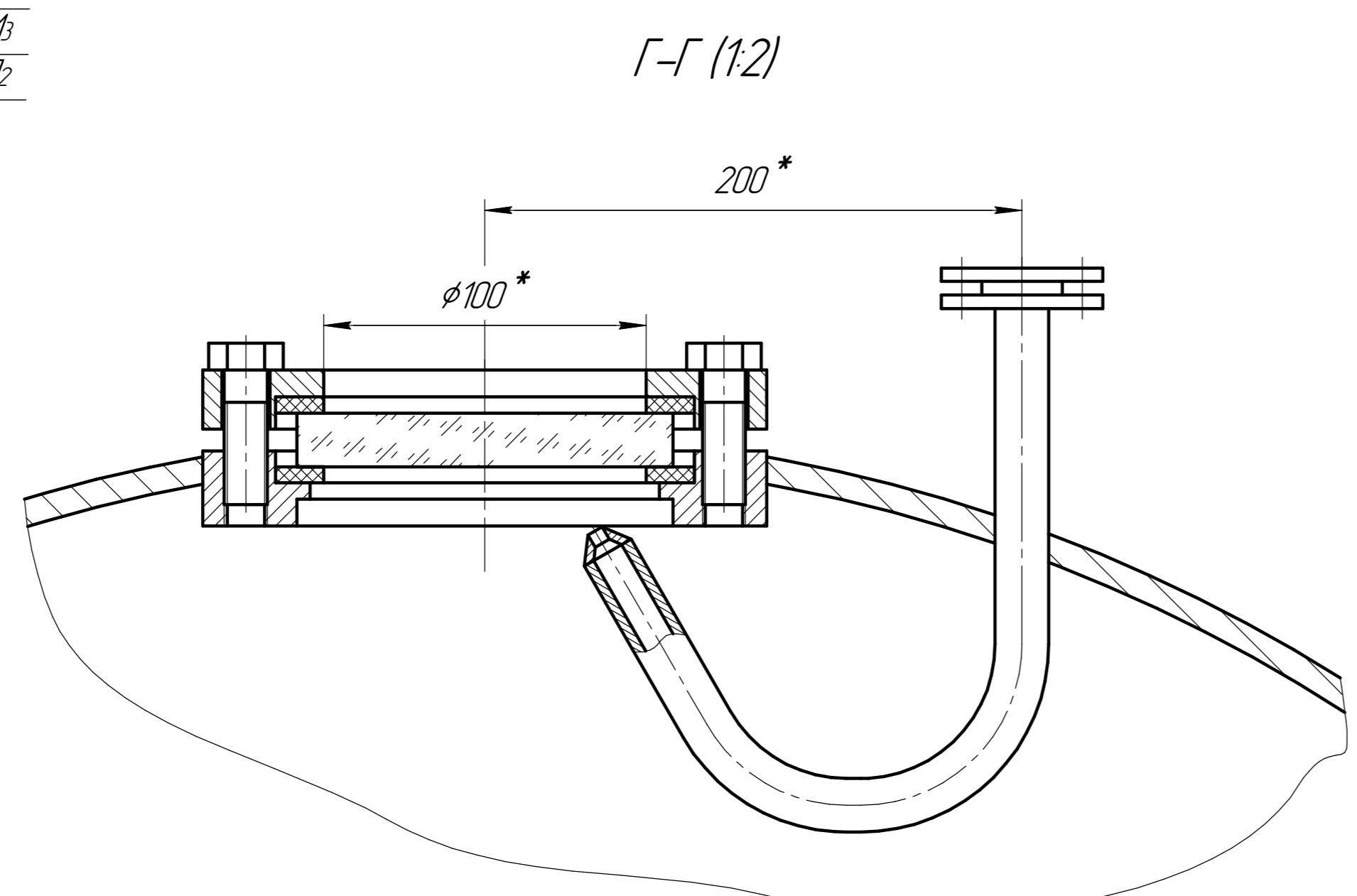
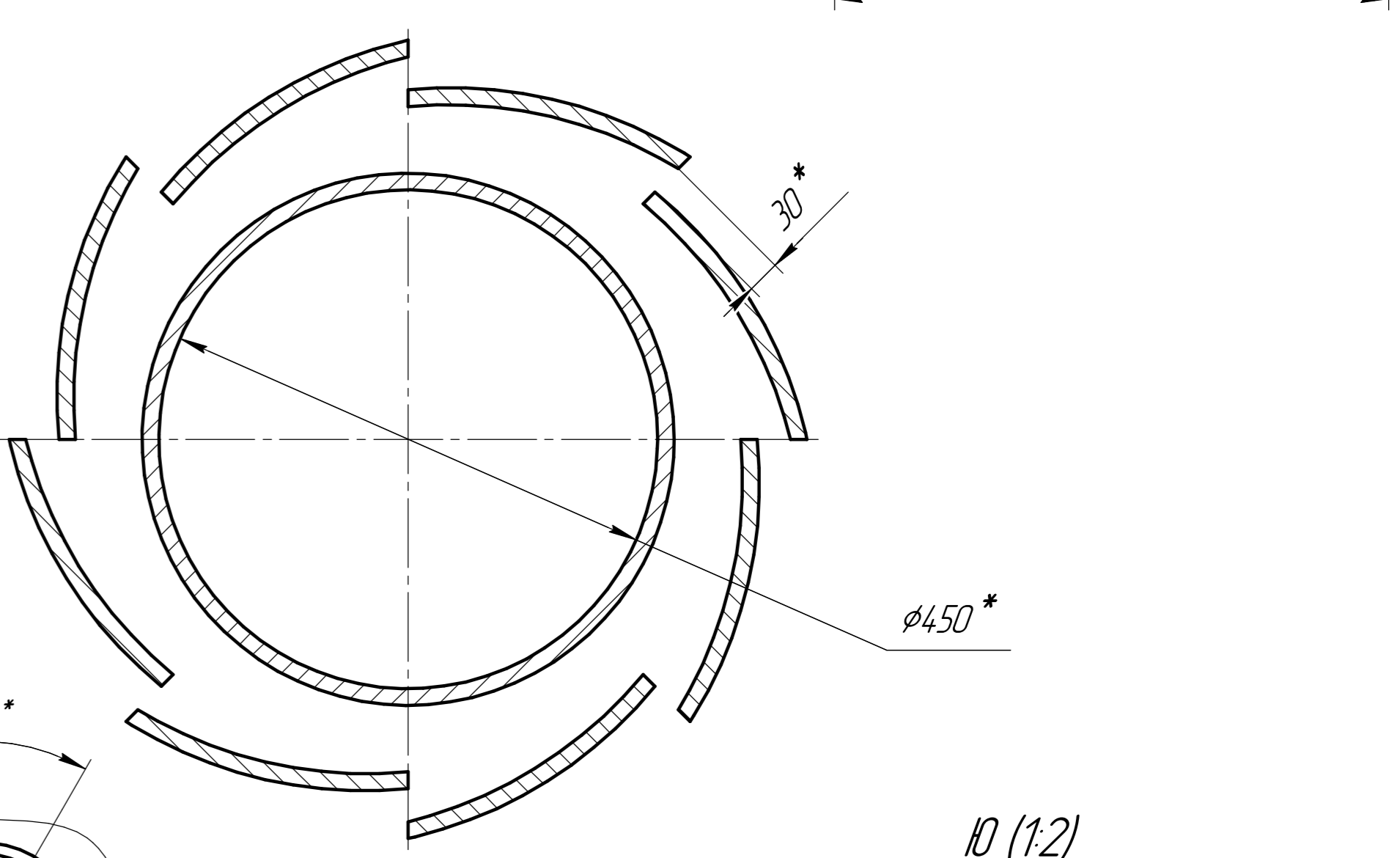
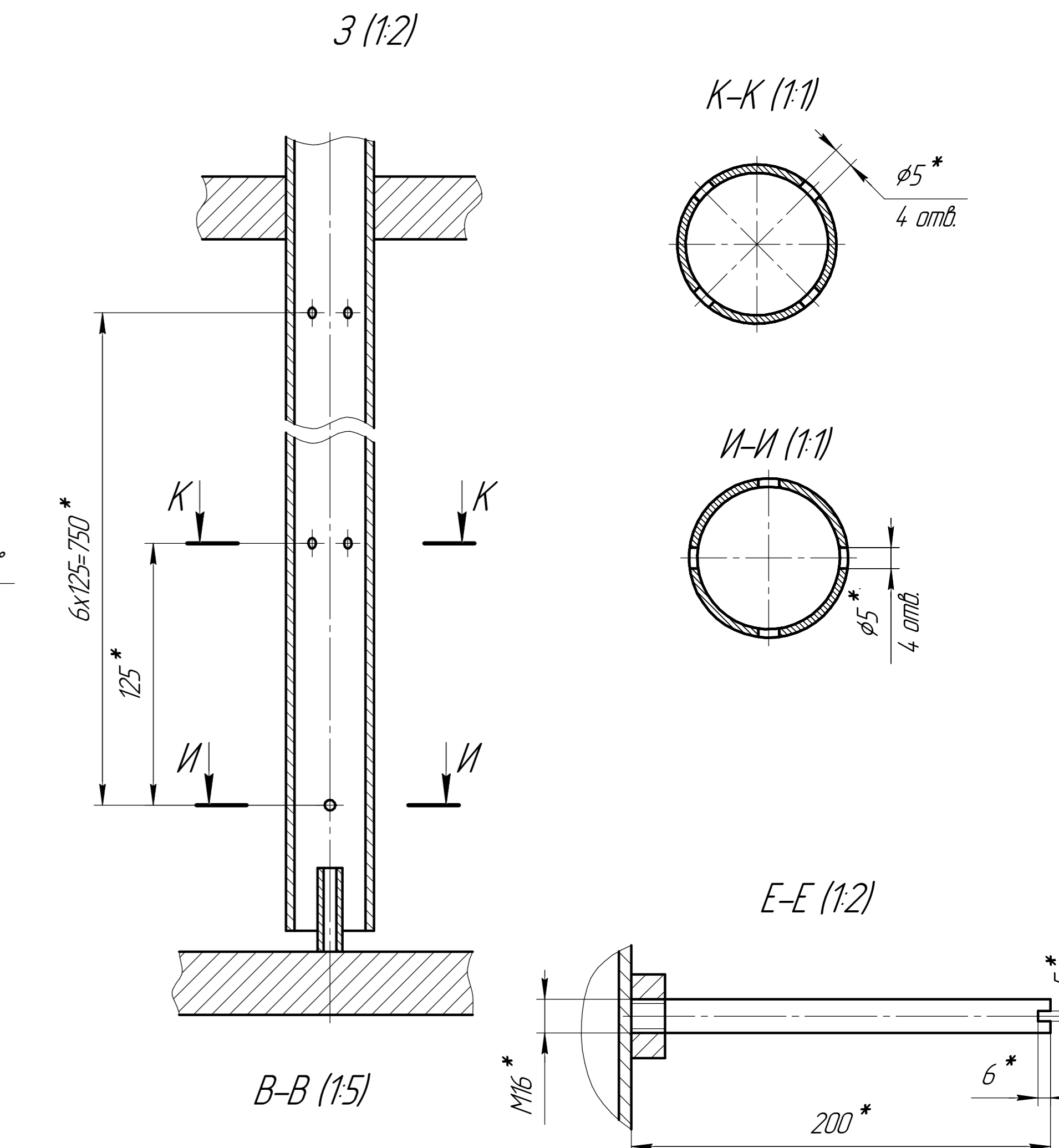
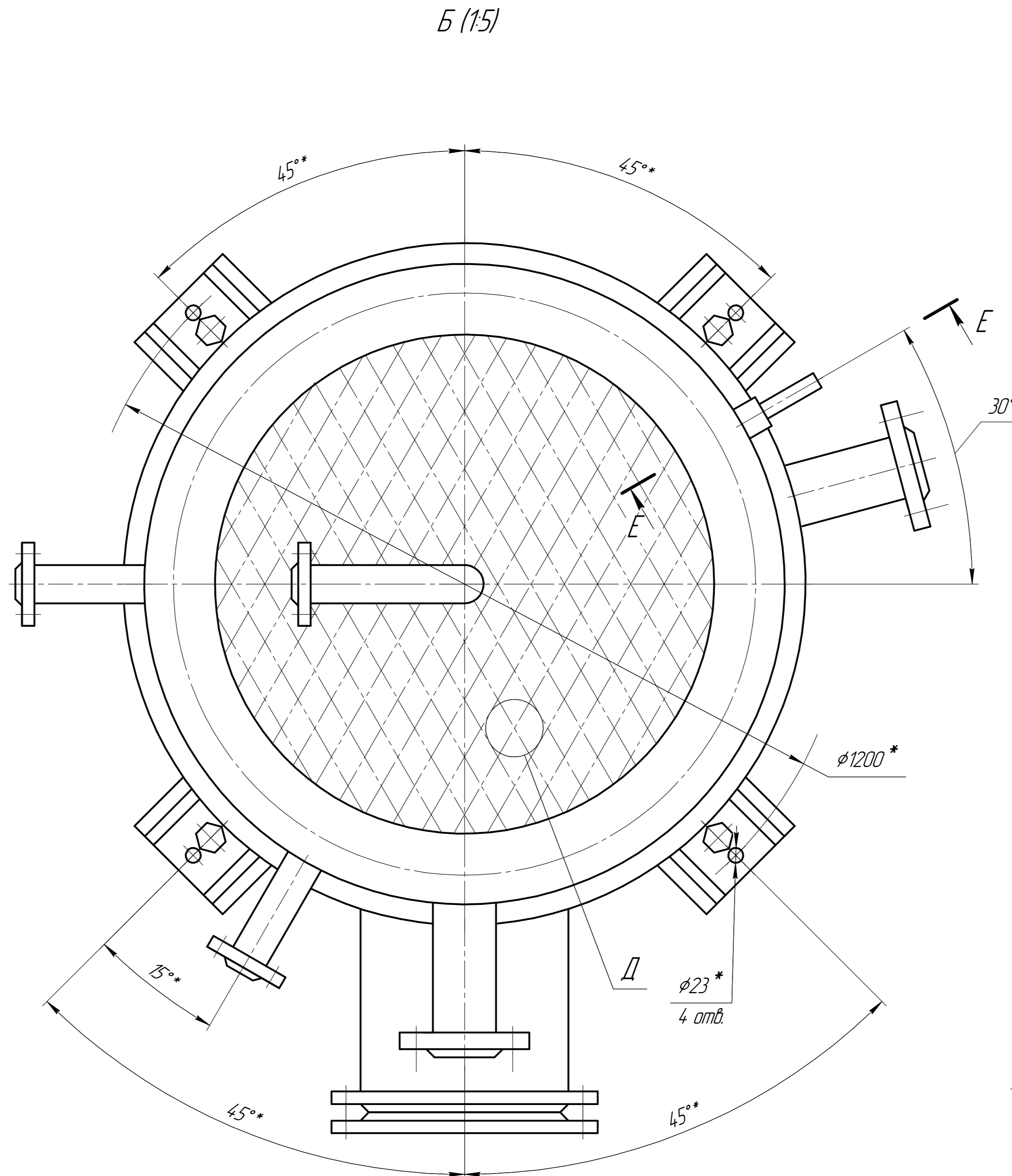
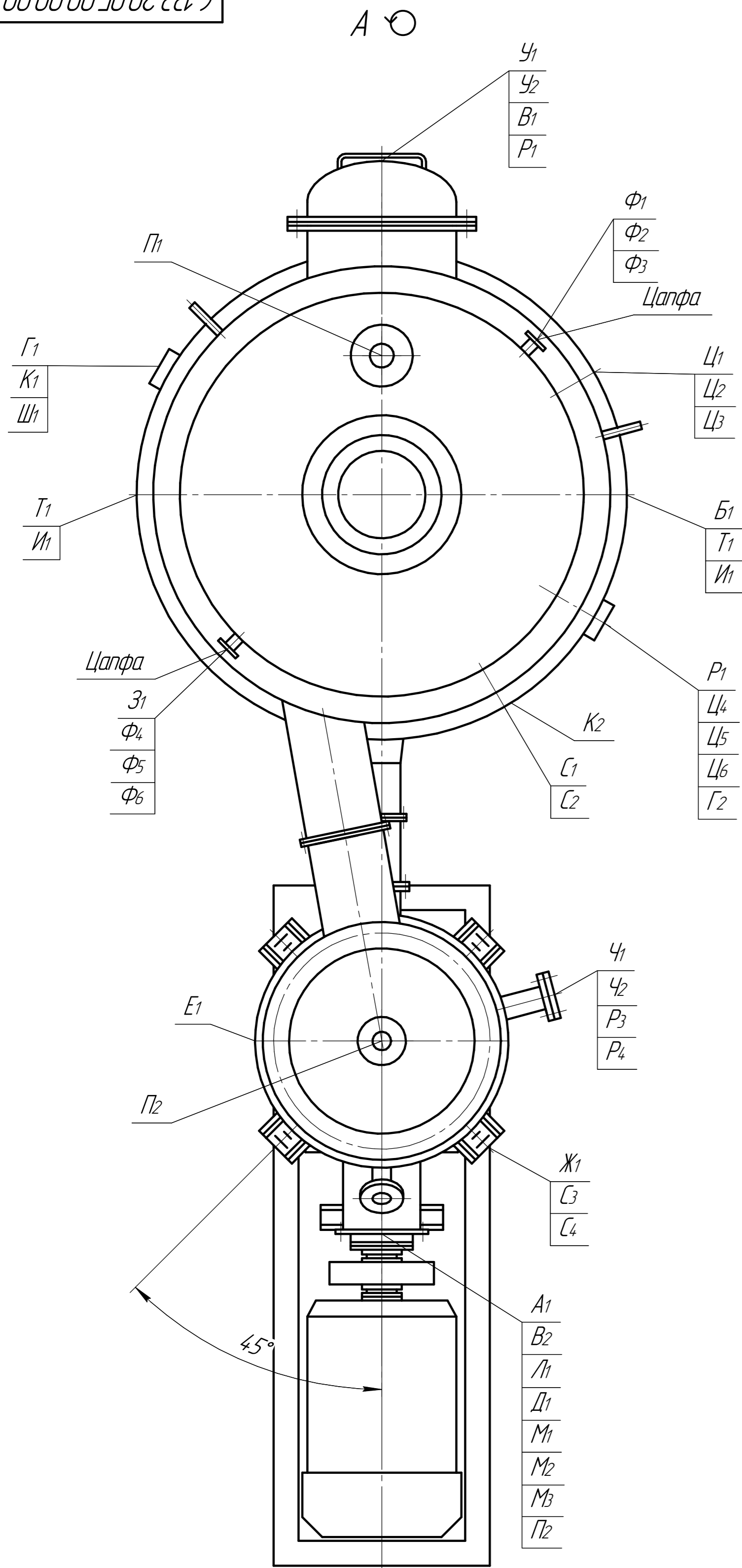
13
18
20
22

6.133.20.05.00.00.00 СБ

Аппарат выпарной
Сборочный чертеж

Лит. Масса Масштаб
Лист 1 Листов 2
1:15

ШИИ СумГУ



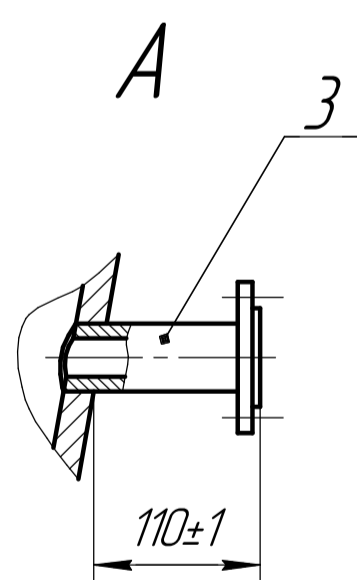
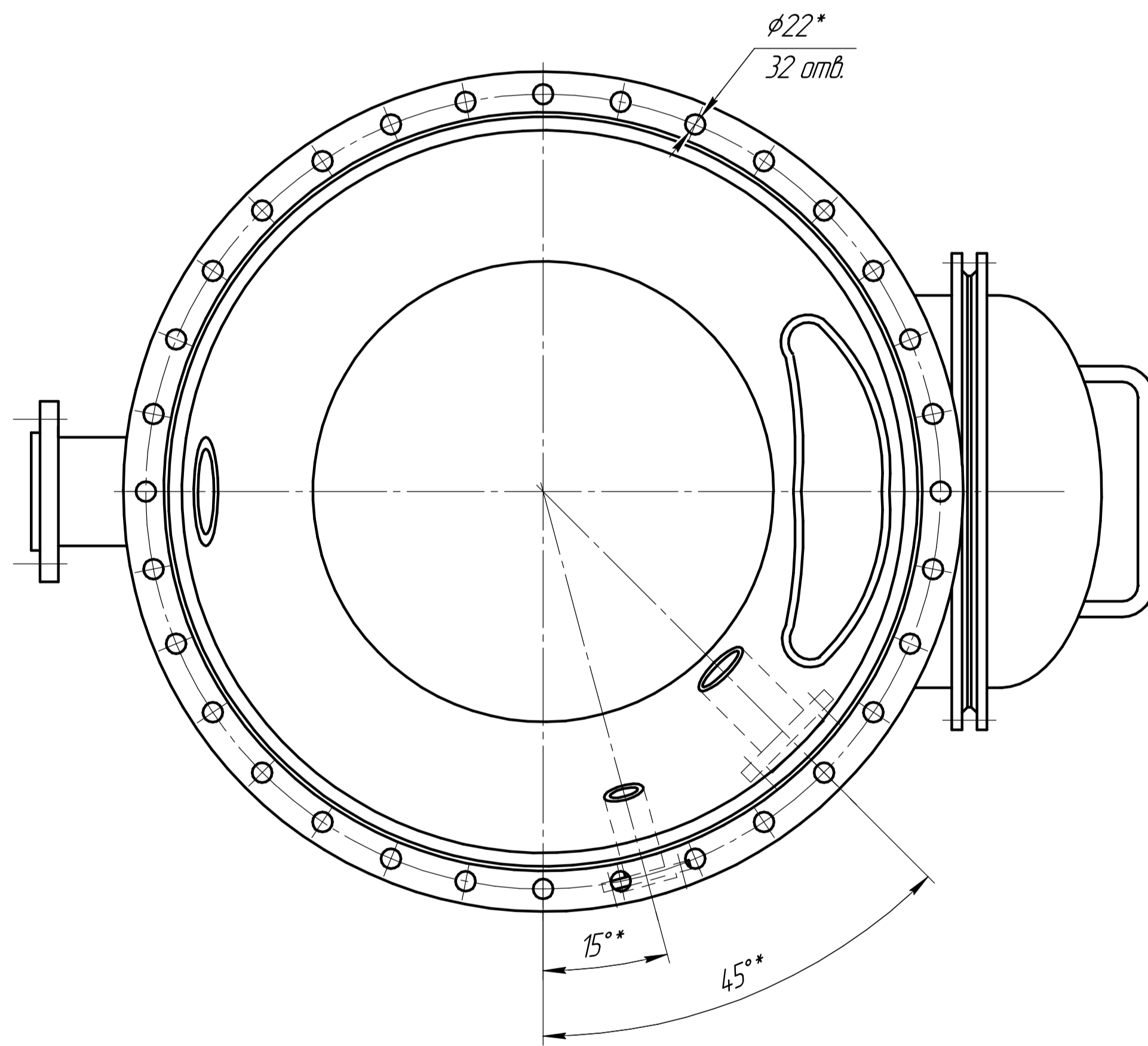
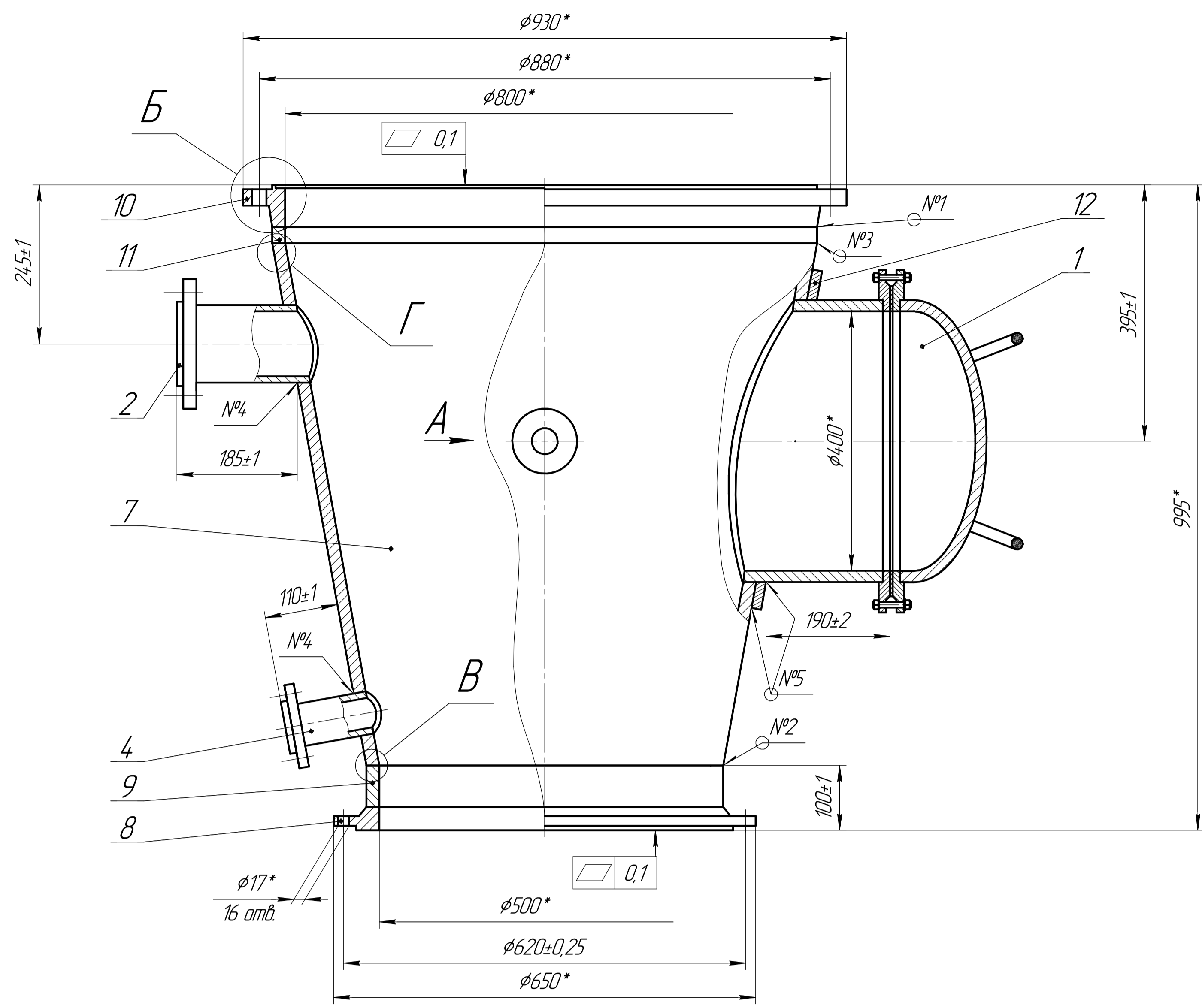


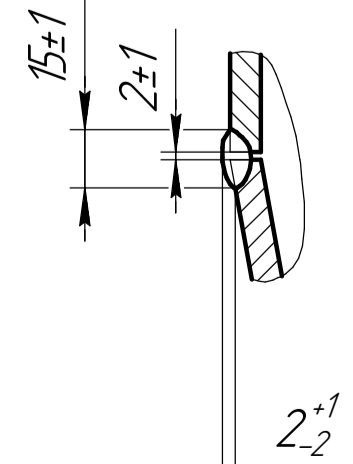
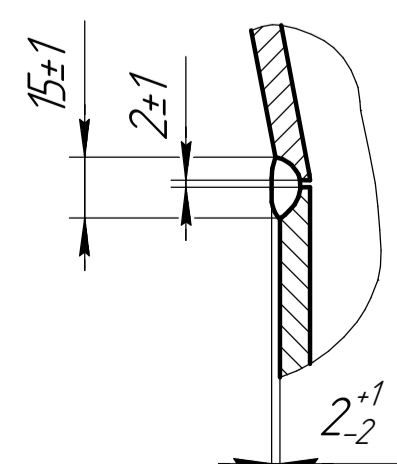
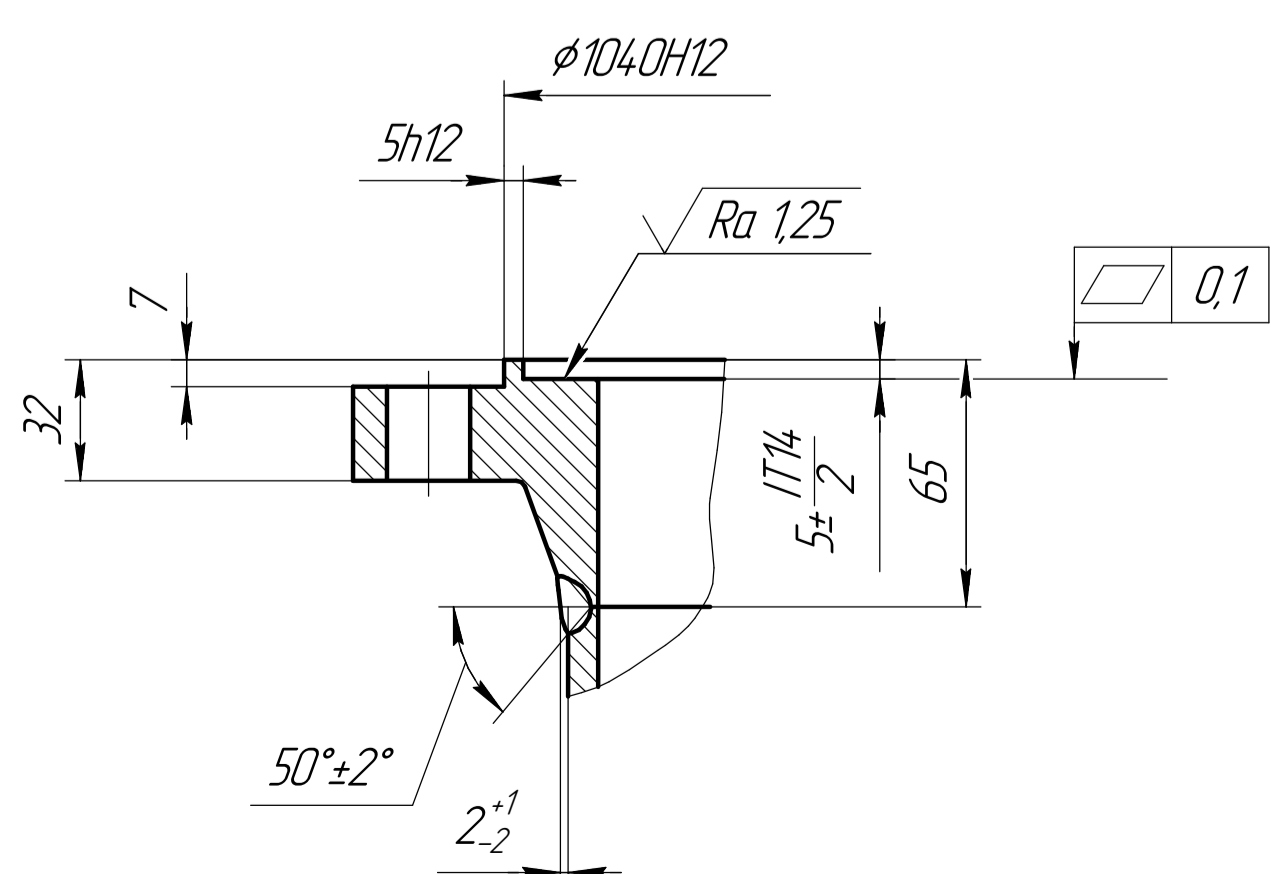
Таблица сварных швов

№ шва	Обозначение или способ сварки шва	Конструктивные элементы шва	Кол-во швов	Электрод или сварочная проволока
1	ГОСТ 5264-80	см. Б	2	Ц/Г-11-5,0
2	ГОСТ 5264-80	см. В	1	Ц/Г-11-5,0
3	ГОСТ 5264-80	см. Г	1	Ц/Г-11-5,0
4	ГОСТ 5264-80-Т1	6 катет 6 ⁺¹	2	Ц/Г-11-5,0
5	ГОСТ 5264-80-Т1	8 катет 8 ⁺¹	2	Ц/Г-11-5,0

Б (1:2)

В(1:2)

Г(1:2)



1. *Размеры для справок.
2. Действительное расположение штуцеров и лаков смотри на виде сверху.

6.133.20.05.03.00.00 СБ			Лит	Масса	Масштаб
Днище					15
Сборочный чертеж			Лист	Листов	1
ИИИ Сум ГУ					

Лист № 15
ИИИ Сум ГУ
Формат А1