

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: Установа очистки повітря від аміаку. Насадочний абсорбер.

Виконав студент

Мисенко І.О.

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: Мисенко І.О.

група ХМз-61ш курс IV

**1. Тема курсової роботи:** « Установка очистки повітря від аміаку. Насадочний абсорбер »

**2. Вихідні дані:** Продуктивність 10500 кг/год, щільність аміаку в нормальних умовах  $\rho_A=0,77$  кг/м<sup>3</sup>, щільність повітря  $\rho_B=1,29$  кг/м<sup>3</sup>, вміст аміаку на вході в абсорбер  $y_n = 10\%$  (об.); ступінь уловлювання (очищення) 96%.

**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	ТИ 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: 51 с, 2 рисунки, 2 табл., 12 література.

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

Тема: Установка очистки повітря від аміаку. Насадочний абсорбер.

Розроблена технологічна схема виробництва для очистки повітря від аміаку. Описані теоретичні основи процесу абсорбції. Описаний принцип дії та конструкція насадочного абсорбера для очистки повітря. 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 та ремонт апарату.

Зроблений аналіз потенційних небезпек на виробництві та зроблений розрахунок заземлення.

Ключові слова: АПАРАТ, КОРПУС, АБСОРБЕР, ПРОЦЕС.



## Вступ

Абсорбцією називається масообмінний процес, в якому розчинний компонент газової суміші поглинається рідиною.

Контакт потоків рідини і газу здійснюється наступними способами:

- 1) пропусканням газу через колону з насадкою, яка зрошується рідиною;
- 2) пропусканням газу через колону, заповнену розпорошеною рідиною;
- 3) барботування бульбашок газу через шар рідини;
- 4) пропусканням газу над поверхнею рідини.

Розрахунок абсорбційної колони складається з трьох основних стадій.

1. За рівноважним співвідношенням газ – пар) - рідина для даної системи визначають кількість рідини, необхідне для поглинання необхідної кількості газу.

2. На підставі даних по граничних навантажень по газу і рідини апарату, прийнятого до розрахунку, знаходять необхідну площу поперечного перерізу складових частин апарату, через які проходять паровий і рідинний потоки.

3. На рівноважних даних і матеріальному балансі базується розрахунок числа рівноважних ступенів контакту (числа теоретичних тарілок або одиниць переносу), необхідних для заданого поділу. Складність поділу визначається тим, який ступінь вилучення найбільш бажана з точки зору економіки. Необхідний час контакту між взаємодіючими потоками або необхідна висота колони можуть бути розраховані, якщо дані по швидкості перенесення маси між газовою і рідкою фазами представлені у вигляді ККД тарілки або висоти перенесення маси (ВЕР).

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата	6.133.20.04.00.00.00 ПЗ	Лист
						5
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

# 1 Технологічна частина

## 1.1 Опис технологічної схеми виробництва

Газ на абсорбцію подається газодувкою в нижню частину колони, де рівномірно розподіляється перед надходженням на Контактний елемент. Абсорбент з проміжної ємності насосом подається у верхню частину колони і рівномірно розподіляється по перцевому перетину абсорбера за допомогою зрошувача. У колоні здійснюється протиточна взаємодія газу і рідини. Очищений газ, пройшовши бризковідбійник виходить з колони. Абсорбент стікає через гідрозатвор в проміжну ємність, звідки насосом направляється на регенерацію в десорбер, після попереднього підігріву в теплообміннику - рекуператорі. Вичерпування поглиненого компонента з абсорбера проводиться в кубі, обігріваємо, як правило, насиченою водяною парою. Перед подачею на зрошення колони абсорбент, пройшовши теплообмінник - рекуператор, додатково охолоджується в холодильнику.

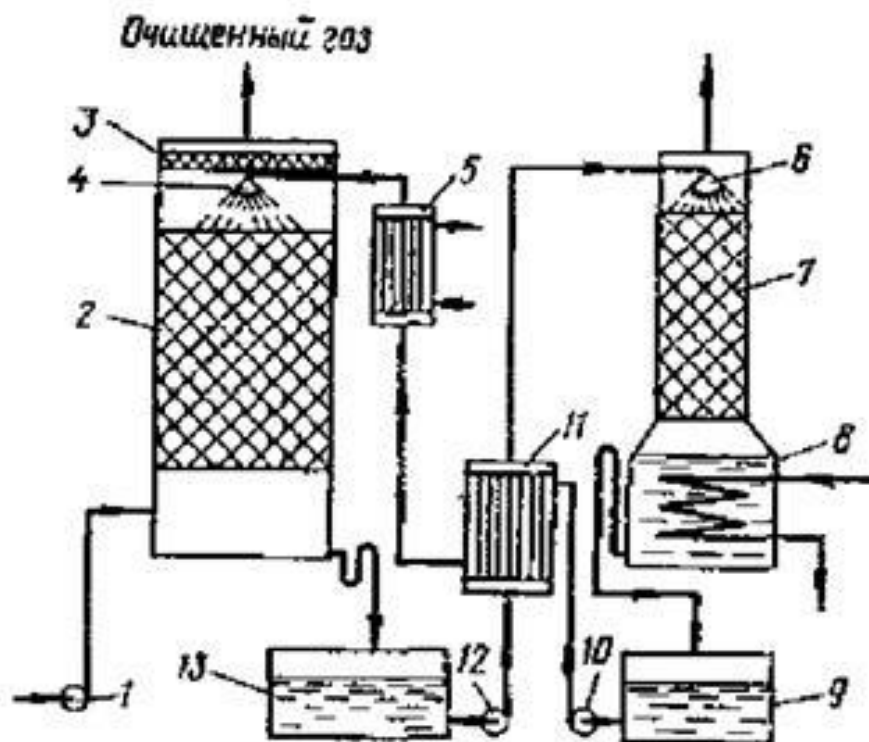


Рисунок 1 - Схема абсорбційної установки

- 1-вентилятор (газодувка); 2-абсорбер; 3-бризковідбійник;  
4,6-зрошувачі; 5-холодильник; 7-десорбер; 8-куб десорбера;  
9,13-ємність для абсорбенту; 10,12-насоси;  
11-теплообмінник-рекуператор

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

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

6.133.20.04.00.00.00 ПЗ

При абсорбції процес масопередачі протікає на поверхні зіткнення фаз. Тому в апаратах для поглинання газів рідинами (абсорберах) повинна бути створена розвинена поверхня зіткнення між газом і рідиною.

Насадочний абсорбер являє собою колону, завантажену насадкою - кільцями Рашига (в даному випадку мають розміри 35x35x3 мм). Кільця безладно засипані в апарат навалом. Основними характеристиками насадок є питома поверхня і вільний обсяг.

Рідина стікає по поверхні насадки тонкою плівкою і одночасно розподіляється в шарі насадки у вигляді крапельок і бризок. При подачі рідини на безладно завантажену насадку не досягається рівномірний розподіл рідини по перетину насадки на всій висоті її шару, тому що точність засипки насадки біля стінок завжди менше, ніж по осі апарату.

Газ надходить в колону знизу і рухається вгору протитечією по відношенню до рідини.

Насадочні колони - найбільш поширений тип абсорбера. Перевагою їх є простота пристрою, особливо важлива при роботі з агресивними середовищами, тому що в цьому випадку потрібен захист від корозії тільки корпусу колони і підтримують насадку решіток, насадка не може бути викладена з хімічно стійкого матеріалу (кераміка, фарфор). Інша перевага насадочних абсорберів - більш низький, ніж в барботажних абсорберах, гідравлічний опір.

## 1.2 Теоретичні основи процесу

Розчинність газів в рідинах залежить від властивостей газу і рідини, від температури парціального тиску розчиняється газу (компонента) в газовій суміші.

Залежність між розчинністю газу і його парціальним тиском характеризується законом Генрі, згідно з яким рівноважний парціальний тиск  $p^*$  пропорційно вмісту розчиненого газу в розчині  $X$  (в кг / кг поглинача)

$$p^* = EX \quad (1.1)$$

де  $E$  – коефіцієнт пропорційності, що має розмірність тиску і залежать від властивостей розведеного газу і поглинача.

Розчинність багатьох газів значно відхиляється від Закону Генрі. Це відноситься головним чином до добре розчинних газів, що утворюють розчини високої концентрації. При низьких концентраціях розчину закон Генрі зазвичай добре дотримується.

Инов. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инов. № дубл.	Подп. и дата	6.133.20.04.00.00.00 ПЗ				Лист		
					Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	7	

Для практичних розрахунків користуються отриманим з досвіду значенням рівноважного парціального тиску газу  $p^*$  і обчислюють рівноважний вміст абсорбируемого компонента в газовій суміші  $y^*$  за формулою

$$y^* = \frac{M_k}{M_n} \cdot \frac{p^*}{p - p^*} \text{ кг/кг інертного газу,} \quad (1.2)$$

де  $M_k$  і  $M_n$  - молекулярні маси абсорбируемого компонента і інертного газу;  $p$  - загальний тиск газової суміші.

За знайденими значеннями  $y^*$  будує лінію рівноваги. При невеликих значеннях  $p^*$  в порівнянні з  $p$ , можна приблизно написати, враховуючи попереднє рівняння

$$y^* = \frac{M_k}{M_n} \cdot \frac{p^*}{p} = \frac{M_k}{M_n} \cdot \frac{E}{p} \cdot X = kX \quad (1.3)$$

де  $k = \frac{M_k}{M_n} \cdot \frac{E}{p}$

В цьому випадку лінія рівноваги являє собою пряму, кута нахилу якої дорівнює  $k$ .

### 1.3 Опис конструкції апарату та вибір матеріалів

Абсорбційні колони, в залежності від їх внутрішнього пристрою для розподілу стікає рідини і висхідних газів поділяються на ковпачкові, ситчасті і насадочні. Колона являє собою вертикальний циліндр, виготовлений зі сталі, чавуну або кераміки і складається з декількох царг, з'єднаних герметично за допомогою різних фланців.

У насадочних колонах, насадка складається з кілець Рашига (металевих, порцелянових, керамічних), пустотілих куль, подрібненого коксу, кварцу та інших матеріалів. Вибір форми насадки і матеріалу її диктується в кожному окремому випадку фізико-хімічними властивостями газу і рідини, а також умовами проведення процесу абсорбції.

Инов. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инов. № дубл.	Подп. и дата	<b>6.133.20.04.00.00.00 ПЗ</b>				Лист			
									8			
					Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			



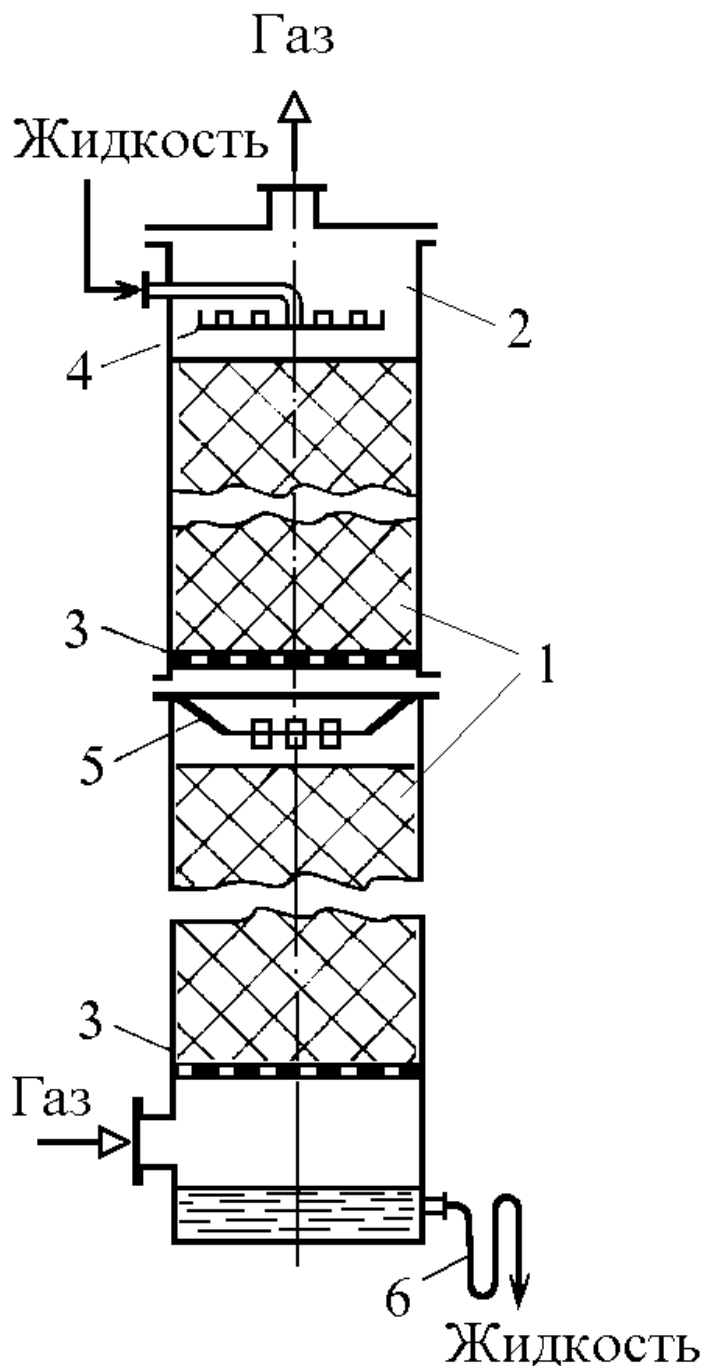


Рисунок 2 - Насадочний абсорбер

1 - насадка; 2-колона; 3-опорна решітка; 4-розподільне пристрій; 5 - перерозподілювач рідини; 6 - гідравлічний затвор.

Для успішної роботи насадочних колон слід прагнути у всіх випадках до можливо більш рівномірного розподілу стікає рідини по всьому перетину колони. Такому розподілу рідини сприяють однорідність форми і розмірів насадки, максимально можлива швидкість висхідного потоку газу, а також строго вертикальна установка самої колони. Досліди показали, що спочатку досягнута рівномірність

Инов. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

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

6.133.20.04.00.00.00 ПЗ

розподілу рідини поступово порушується в міру стікання її, так як газ прагне відтіснити рідину до периферії і зайняти центральну зону шару насадки. Для боротьби з цим явищем в колонах з високим шаром насадки останній розбивають на кілька шарів меншої висоти, відокремлених один від одного вільним, незаповненим простором. Кожен шар насадки розміщують на опорних решітках (колосниках) під насадку. Опорна решітка повинна мати мінімальний гідравлічний опір і володіти достатньою механічною міцністю, щоб витримати вагу насадки і утримуваної нею рідини. Опорна решітка зазвичай збирається з колосників товщиною 4 – 10 мм і висотою 50 мм зі смугової вуглецевої або легованої сталі. Просвіт між колосниками решітки повинен бути не більше 0,6 – 0,7 від найменшого розміру насадочного елемента. Між колосниками встановлюють дистанційні втулки і весь пакет колосників стягують шпильками.

Крім того, над кожним шаром насадки встановлюють розподільні тарілки, що створюють більш рівномірне зрошення насадки і забезпечують рівномірний розподіл газу по перетину колони. Вона являє собою сталевий відбортований диск товщиною 1,5-3,0 мм з отворами, в яких закріплені переливні патрубки діаметром 35; 45 і 57 мм, що має вертикальні прорізи для розподілу переливається рідини по всьому перетину. Число патрубків визначають в залежності від діаметра колони. У верхній частині колони встановлюється Зрошувальна тарілка призначена для рівномірного розподілу зрошувальної рідини по всьому перетину колони. Конструкція зрошувальної тарілки аналогічна розподільної тарілки, основною відмінністю є розташування в центрі тарілки зливного склянки, з'єднаного з вступним штуцером рідини.

За конструкцією корпусів розрізняють в основному три типи колон:

1) корпус зібраний з окремих царг, що з'єднуються між собою фланцями на прокладці. Кришку і днище кріплять таким же способом. У такому корпусі не влаштовують люків-Лазів;

2) корпус суцільнозварний; кришку кріплять за допомогою фланцевого з'єднання. Для огляду в корпусі передбачають оглядові люки;

3) корпус суцільнозварний, до нього приварюють кришку і днище. Для монтажу і демонтажу внутрішньої оснастки його обов'язково постачають люками-лазами.

Далі здійснимо вибір матеріалу для конструкції апарату.

Аміак в присутності вологи роз'їдає мідь, бронзу, цинк і різні мідні сплави, до сталі інертний. Деяку корозію сталі викликає наявність води в суміші, що обумовлює наявність обмежень на вибір конкретної марки сталі в залежності від вимог на готову продукцію. Вибір алюмінію і титану в якості матеріалу для апарату

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

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	6.133.20.04.00.00.00 ПЗ	Лист
						10

не розглядається, так як ці матеріали відносяться до дорогих і вони застосовуються в обґрунтованих випадках.

Відповідно до рекомендацій [11, с. 277] в якості матеріалу для апарату пропонується наступний сортамент: сталі 0X13, 1X13, X17, 0x17т, 1x17н2, X25Т, X28, X18Н10Т, X17Н13М2Т. всі зазначені марки сталей відносяться до конструкційних високолегованих, жаростійких і жароміцних сталей ГОСТ 5632 – 80. Сталі без вмісту нікелю (Н) знаходять застосування в деталях не пов'язаних зі зварюванням [11, с.22], тому вибір матеріалу здійснюємо з переліку сплавів містять нікель, так як апарат має зварну конструкцію. Введення нікелю (Н) до складу сплаву, що містить хром (Х), підвищує опір крихкому руйнуванню, підвищує пластичність і в'язкість, зменшує чутливість до концентраторів напруг і знижує температуру порога хладноломкості, підвищує якість зварювання. Введення дорогого молібдену (М) до складу сплаву забезпечує підвищення його жароміцності, що не потрібно для проведення заданого технологічного процесу. Наявність титану (Т) в структурі сплаву подрібнює зерно, що забезпечує рівномірність розподілу фізико – механічних властивостей за матеріалом.

Отже, приймається корозійностійка сталь аустенітного класу X18Н10Т ГОСТ 5632-80. Сталь характеризується хорошою корозійною стійкістю в середовищі, рекомендується застосовувати в температурному інтервалі - 256°С до + 525 °С для корпусних елементів, до 600 °С - для внутрішніх пристроїв без обмеження тиску. Сталь технологічна, 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 X18Н10Т

С, %	Mn, %	Si, %	Cr, %	Ni, %	Cu, %	Ti, %	S, %	P, %	E·10 <sup>5</sup> МПа	σ МПа	σ МПа	δ %
0,1	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 т.д., що не мають контакту з переробляється середовищем, приймаємо конструкційну сталь 20 ГОСТ 380-71. Вибір на користь цієї сталі, заснований на її порівняно низькій

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

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 <sup>5</sup> МПа	σ МПа	σ МПа	δ %
0,23- 0,3	0,5- 0,8	0,05- 0,19	0,3	0,5	0,3	0,08	0,05	0,04	2,0	280	400	23

При абсорбції процес масопередачі протікає на поверхні зіткнення фаз. Тому в апаратах для поглинання газів рідинами (абсорберах) повинна бути створена розвинена поверхня зіткнення між газом і рідиною.

Насадочний абсорбер являє собою колону, завантажену насадкою-кільцями Рашига. Кільця безладно засипані в апарат навалом. Основними характеристиками насадок є питома поверхня і вільний обсяг.

Рідина стікає по поверхні насадки тонкою плівкою і одночасно розподіляється в шарі насадки у вигляді крапельок і бризок. При подачі рідини на безладно завантажену насадку не досягається рівномірний розподіл рідини по перетину насадки на всій висоті її шару, тому що точність засипки насадки біля стінок завжди менше, ніж по осі апарату.

Газ надходить в колону знизу і рухається вгору протитечею по відношенню до рідини.

Насадочні колони - найбільш поширений тип абсорбера. Перевагою їх є простота пристрою, особливо важлива при роботі з агресивними середовищами, тому що в цьому випадку потрібен захист від корозії тільки корпусу колони і підтримують насадку решіток, насадка не може бути викладена з хімічно стійкого матеріалу (кераміка, фарфор). Інша перевага насадочних абсорберів - більш низький, ніж в барботажних абсорберах, гідравлічний опір.

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

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	6.133.20.04.00.00.00 ПЗ	Лист
						12



$$V_2 = \frac{G_2}{\rho_2} \quad (2.6)$$

де  $C_y = 70 \text{ г/м}^3$  – вміст поглинається газу у вихідній газовій суміші при робочих умовах:

Парціальний тиск  $\text{NH}_3$  [1, с. 565]

$$p = y_0 \cdot P$$

$$p = 0,1 \cdot 0,1 = 0,01 \text{ МПа}$$

Об'ємна концентрація  $\text{NH}_3$  [1, с. 565]

$$C_y = \frac{M_0 \cdot p}{R(273 + t)}$$

де  $M = 17 \text{ кг/кмоль}$  – молекулярна маса аміаку;

$R = 8314 \text{ Дж/кмоль} \cdot \text{К}$  – газова постійна;

$$C_y = \frac{17 \cdot 0,01 \cdot 10^6}{8314 \cdot (273 + 20)} = 0,07 \text{ кг/м}^3$$

$$G_r = 3,13 \cdot \frac{70}{1000} = 0,22 \text{ кг/с,}$$

$$V_r = \frac{0,22}{1,15} = 0,191 \text{ м}^3/\text{с.}$$

Абсолютна мольна (об'ємна) частка поглинається компонента у вихідній газовій суміші:

$$y_n = \frac{V_r}{V_{cm}}, \quad (2.7)$$

$$y_n = \frac{0,191}{3,13} = 0,0611 \frac{\text{кмоль NH}_3}{\text{кмоль суміші}}$$

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

Масові витрати вихідної газової суміші та інертного носія:

$$G_{\text{см}} = V_{\text{см}} \cdot \rho_{\text{г}}, \quad (2.8)$$

$$G_{\text{ин}} = G_{\text{см}} - G_{\text{г}}, \quad (2.9)$$

$$G_{\text{см}} = 3,13 \cdot 1,15 = 3,6 \text{ кг/с},$$

$$G_{\text{ин}} = 3,6 - 0,22 = 3,38 \text{ кг/с}.$$

Відносна мольна і масова частка поглинається компонента у вихідній газовій суміші:

$$Y_{\text{н}} = \frac{y_{\text{н}}}{1 - y_{\text{н}}}, \quad (2.10)$$

$$Y_{\text{н}} = \frac{0,0611}{1 - 0,0611} = 0,0651 \frac{\text{кмоль } NH_3}{\text{кмоль суміші}},$$

$$\bar{Y}_{\text{н}} = \frac{G_{\text{г}}}{G_{\text{ин}}}, \quad (2.11)$$

$$\bar{Y}_{\text{н}} = \frac{0,22}{3,38} = 0,0651 \frac{\text{кг } NH_3}{\text{кг суміші}}.$$

Масові витрати абсорбується і не поглинається компонента в газовій суміші на виході з апарату:

$$M = \frac{G_{\text{г}} \cdot C_{\text{г}}}{100}, \quad (2.12)$$

$$M = \frac{0,22 \cdot 96}{100} = 0,211 \text{ кг/с},$$

$$G_{\text{г}}' = G_{\text{г}} - M, \quad (2.13)$$

$$G_{\text{г}}' = 0,22 - 0,211 = 0,009 \text{ кг/с}.$$

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

Тиск газової суміші:

$$P = 0,1 \text{ МПа} = 760 \text{ мм.рт.ст.}$$

Коефіцієнт Генрі для аміаку:

$$E = 0,136 \cdot 10^4 \text{ мм.рт.ст.}$$

Відносна мольна частка поглинається компонента в рідині:

$$X_H^* = Y_H \cdot \frac{P}{E}, \quad (2.14)$$

$$X_H^* = 0,0651 \cdot \frac{760}{0,136 \cdot 10^4} = 0,0364 \frac{\text{кмоль } NH_3}{\text{кмоль суміші}}$$

Рівноважна відносна масова частка поглинається компонента в рідині на виході з апарату:

$$\bar{X}_H^* = X_H^* \cdot \frac{M_r}{M_B} \quad (2.15)$$

де  $M_B$  – мольна маса води, кг/моль;

$$\bar{X}_H^* = 0,0364 \cdot \frac{17}{18} = 0,0344 \frac{\text{кг } NH_3}{\text{кг суміші}}$$

Умова протікання процесу абсорбції можна прийняти ізотермічним, тоді лінія рівноваги і робоча лінія мають вигляд прямих ліній.

Витрата рідкого поглинача визначаємо з рівняння матеріального балансу:

$$M = G_{ин} \cdot (\bar{Y}_H - \bar{Y}_e), \quad (2.16)$$

де відносна масова частка поглинається компонента в газовій суміші на виході з абсорбера:

Инов. № подл.	Подп. и дата				6.133.20.04.00.00.00 ПЗ	Лист
Взам. инв. №	Инов. № дубл.					16
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		



$$\bar{Y}_B = \frac{G'_r}{G_{ин}}, \quad (2.17)$$

$$\bar{Y}_B = \frac{0,009}{3,38} = 0,0027 \frac{\text{кг NH}_3}{\text{кг смеси}},$$

$$M = 3,38 \cdot (0,0651 - 0,0027) = 0,211 \text{ кг/с.}$$

Витрата абсорбенту:

$$L = \frac{M}{X_H - X_B}; \quad (2.18)$$

де відносна масова частка поглинається компонента в рідині внизу колони:

$$\bar{X}_H = 0,92 \cdot \bar{X}^* = 0,92 \cdot 0,0344 = 0,0316 \frac{\text{кг NH}_3}{\text{кг суміші}},$$

$$L = \frac{0,211}{0,0316 - 0} = 6,667 \text{ кг/с.}$$

Рушійна сила процесу абсорбції:

$$\Delta \bar{Y}_{cp} = \frac{\Delta \bar{Y}_H - \Delta \bar{Y}_B}{\ln \frac{\Delta \bar{Y}_H}{\Delta \bar{Y}_B}}, \quad (2.19)$$

$$\Delta \bar{Y}_H = Y_H - Y_H^* \quad (2.20)$$

$$\Delta \bar{Y}_H = 0,0651 - 0,0599 = 0,0052 \frac{\text{кг NH}_3}{\text{кг суміші}},$$

$$\Delta \bar{Y}_B = \bar{Y}_B - \bar{Y}_B^* \quad (2.21)$$

$$\Delta \bar{Y}_B = 0,0027 - 0 = 0,0027 \frac{\text{кг NH}_3}{\text{кг суміші}},$$

де

$$X_H = \bar{X}_H \cdot \frac{M_B}{M_r} \quad (2.22)$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	6.133.20.04.00.00.00 ПЗ				Лист				
									17				
									Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата



## 2.2 Конструктивні розрахунки

Предельная скорость газовой смеси в аппарате

$$\lg \left( \frac{\omega_{\text{пр}}^2 \cdot a_{\text{н}} \cdot \rho_{\text{см}} \cdot \mu_{\text{ж}}^{0,16}}{g \cdot \varepsilon^3 \cdot \rho_{\text{ж}}} \right) = A - B \cdot \left( \frac{L}{G_{\text{ин}}} \right)^{0,25} \cdot \left( \frac{\rho_{\text{г}}}{\rho_{\text{ж}}} \right)^{0,125} \quad (2.27)$$

Здесь для колец Рашига 35×35×3 [4]:

- удельная поверхность,  $a_{\text{н}} = 140 \text{ м}^2/\text{м}^3$ ;
- свободный объем,  $\varepsilon = 0,78 \text{ м}^3/\text{м}^3$ ;
- эквивалентный диаметр,  $d_{\text{э}} = 0,022 \text{ м}$ ;
- насыпная плотность,  $\rho = 530 \text{ кг}/\text{м}^3$ ;

Подставив данные получим (для колец Рашига:  $A = -0,073$ ;  $B = 1,75$  [4])

$$\lg \left( \frac{\omega_{\text{пр}}^2 \cdot 140 \cdot 1,15 \cdot (1 \cdot 10^{-3})^{0,16}}{9,81 \cdot 0,78^3 \cdot 1000} \right) = -0,073 - 1,75 \cdot \left( \frac{6,667}{3,38} \right)^{0,25} \cdot \left( \frac{1,15}{1000} \right)^{0,125},$$

откуда предельная скорость газа в колонне

$$\omega_{\text{пр}} = 3,09 \text{ м}/\text{с}.$$

Рабочая скорость газа

$$\omega = (0,75 \dots 0,9) \cdot \omega_{\text{пр}} = 0,85 \cdot 3,09 = 2,63 \text{ м}/\text{с}.$$

Диаметр абсорбционной колонны

$$D' = \sqrt{\frac{V_{\text{см}}}{0,785 \cdot \omega'}} \quad (2.28)$$

$$D' = \sqrt{\frac{3,13}{0,785 \cdot 2,63}} = 1,232 \text{ м}.$$

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

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	6.133.20.04.00.00.00 ПЗ	Лист
						19

Принимаем стандартное значение  $D = 1200$  мм, тогда скорость газа в колоні

$$\omega = \frac{V_{\text{см}}}{0,785 \cdot D^2} \quad (2.29)$$

$$\omega = \frac{3,13}{0,785 \cdot 1,2^2} = 2,77 \text{ м/с.}$$

Критерий  $Re$  для газовой фазы

$$Re_r = \frac{4 \cdot \omega \cdot \rho_r}{a_n \cdot \mu} \quad (2.30)$$

$$Re_r = \frac{4 \cdot 2,77 \cdot 1,15}{140 \cdot 0,0104 \cdot 10^{-3}} = 8751.$$

Диффузионный критерий для  $Pr$  газа

$$Pr_r = \frac{\mu_{\text{см}}}{\rho_r \cdot D_r} \quad (2.31)$$

$$Pr_r = \frac{0,0104 \cdot 10^{-3}}{1,15 \cdot 18,24 \cdot 10^{-6}} = 0,496.$$

Критерий  $Nu$  для газа

$$Nu_r = 0,407 \cdot Re_r^{0,655} \cdot Pr_r^{0,33} \quad (2.32)$$

$$Nu_r = 0,407 \cdot 8751^{0,655} \cdot 0,496^{0,33} = 123,3.$$

Коэффициент массоотдачи для газа

$$\beta_r = \frac{Nu_r \cdot D_r}{d_3} \quad (2.33)$$

$$\beta_r = \frac{123,3 \cdot 18,24 \cdot 10^{-6}}{0,022} = 0,102 \text{ м/с.}$$

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

Аналогично определим значения критериев для жидкости.

$$\delta_{\text{пр}} = \left( \frac{\mu_{\text{ж}}^2}{\rho_{\text{ж}} \cdot g} \right)^{1/3} \quad (2.34)$$

$$\delta_{\text{пр}} = \left[ \frac{(1 \cdot 10^{-3})^2}{1000^2 \cdot 9,81} \right]^{1/3} = 0,49 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$$S = 0,785 \cdot D^2 \quad (2.35)$$

$$S = 0,785 \cdot 1,2^2 = 1,13 \text{ м}^2;$$

$$\text{Re}_{\text{ж}} = \frac{4 \cdot L}{S \cdot a_{\text{н}} \cdot \psi \cdot \mu_{\text{ж}}} \quad (2.36)$$

$$\text{Re}_{\text{ж}} = \frac{4 \cdot 6,667}{3,14 \cdot 140 \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot 10^{-3}} = 121;$$

$$\text{Pr}_{\text{ж}} = \frac{\mu_{\text{ж}}}{\rho_{\text{ж}} \cdot D_{\text{ж}}} \quad (2.37)$$

$$\text{Pr} = \frac{1 \cdot 10^{-3}}{1000 \cdot 1,8 \cdot 10^{-9}} = 555,6;$$

$$\text{Nu}_{\text{ж}} = 0,0021 \cdot \text{Re}_{\text{ж}}^{0,75} \cdot \text{Pr}_{\text{ж}}^{0,5} \quad (2.38)$$

$$\text{Nu}_{\text{ж}} = 0,0021 \cdot 121^{0,75} \cdot 555,6^{0,5} = 1,806;$$

$$\beta_{\text{ж}} = \frac{\text{Nu}_{\text{ж}} \cdot D_{\text{ж}}}{\delta_{\text{пр}}} \quad (2.39)$$

$$\beta_{\text{ж}} = \frac{1,806 \cdot 1,8 \cdot 10^{-9}}{0,49 \cdot 10^{-3}} = 6,63 \cdot 10^{-6} \text{ м/с.}$$

Коэффициент массоотдачи

$$\beta_{\text{y}} = \beta_{\text{r}} \cdot \rho_{\text{r}} \quad (2.40)$$

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

$$\beta_y = 0,102 \cdot 1,15 = 0,117 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с};$$

$$\beta_x = \beta_{ж} \cdot \rho_{ж} \quad (2.41)$$

$$\beta_x = 6,63 \cdot 10^{-6} \cdot 1000 = 6,63 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с}.$$

Коэффициент массопередачи в аппарате по отношению к газовой фазе

$$K_y = \frac{1}{\frac{1}{\beta_y} + \frac{m}{\beta_x}} \quad (2.42)$$

$$K_y = \frac{1}{\frac{1}{0,117} + \frac{1,79}{6,63 \cdot 10^{-3}}} = 3,59 \cdot 10^{-2} \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с}.$$

Средний коэффициент распределения

$$m = \frac{E}{p} \quad (2.43)$$

$$m = \frac{0,136 \cdot 10^4}{760} = 1,79.$$

Поверхность насадки

$$F = \frac{M}{K_y \cdot \Delta \bar{Y}_{cp}} \quad (2.44)$$

$$F = \frac{0,211}{3,59 \cdot 10^{-2} \cdot 0,0038} = 1547 \text{ м}^2.$$

Высота слоя насадки

$$H_n = \frac{F}{0,785 \cdot D^2 \cdot a_n} \quad (2.45)$$

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

$$H_n = \frac{1547}{0,785 \cdot 1,2^2 \cdot 140} = 9,77 \text{ м}$$

### 2.3 Гідравлічний опір апарату

Величину  $\Delta p$  знаходимо за формулою [4]

$$\Delta p = \Delta p_c \cdot 10^{b \cdot U}, \quad (2.46)$$

де  $\Delta p_c$  – гідравлічний опір сухої (нерошасоючої насадки), Па;  $U$  – щільність зрошення,  $\text{м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ ;  $b$  – коефіцієнт.

Для кілець Рашига [4, с.108]

$$b = 169.$$

Гідравлічний опір сухої насадки

$$\Delta p_c = \lambda \cdot \frac{H}{d_s} \cdot \frac{\omega^2 \cdot \rho_r}{2}, \quad (2.47)$$

де  $\lambda$  – коефіцієнт опору насадки.

$$\lambda = \frac{16}{\text{Re}^{0,2}}, \quad (2.48)$$

$$\lambda = \frac{16}{4360^{0,2}} = 9,55.$$

Тоді

$$\Delta p_c = 9,55 \cdot \frac{7,93}{0,022} \cdot \frac{0,71^2 \cdot 2,56}{2} = 2221 \text{ Па.}$$

Щільність зрошення

$$U = \frac{L}{\rho_{\text{ж}} \cdot S}, \quad (2.49)$$

Инов. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Подп. и дата	

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	6.133.20.04.00.00.00 ПЗ	Лист
						23

$$U = \frac{77,67}{1000 \cdot 3,14} = 0,00247 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}.$$

Гідравлічний опір зрошуваної насадки

$$\Delta p = 2221 \cdot 10^{1840,00247} = 63245 \text{ Па}$$

## 2.4 Вибір допоміжного обладнання

Виконаємо розрахунок вентилятора для перекачування газової суміші через абсорбер. Прийmemo, що довжина трубопроводу до абсорбера становить 20 м. на трубопроводі є два коліна і одна засувка. Гідравлічний опір абсорбера  $\Delta p_a = 63245 \text{ Па}$ .

Прийmemo швидкість повітря в трубопроводі  $\omega = 20 \text{ м/с}$ . Тоді діаметр трубопроводу

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot \omega}} \quad (2.42)$$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,3}{3,14 \cdot 20}} = 0,383 \text{ м} = 383 \text{ мм}.$$

Критерій Рейнольдса для потоку в трубопроводі

$$Re = \frac{\omega \cdot d \cdot \rho}{\mu} \quad (2.43)$$

$$Re = \frac{20 \cdot 0,383 \cdot 2,14}{0,0104 \cdot 10^{-3}} = 511131.$$

Прийmemo, що Труби сталеві, що були в експлуатації. Тоді  $\Delta = 0,15 \text{ мм}$ . Далі отримаємо

$$e = \frac{\Delta}{d} = \frac{0,15 \cdot 10^{-3}}{0,184} = 0,815 \cdot 10^{-3};$$

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата
6.133.20.04.00.00.00 ПЗ				
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
				Лист
				24



$$\frac{1}{e} = \frac{1}{0,815 \cdot 10^{-3}} = 1227;$$

$$10 \cdot \frac{1}{e} = 12270;$$

$$560 \cdot \frac{1}{e} = 3043478;$$

$$12270 < Re = 26664462 < 3043478.$$

Таким чином, розрахунок  $\lambda$  слід проводити для зони змішаного тертя за формулою [4]

$$\lambda = 0,11 \cdot \left( e + \frac{68}{Re} \right)^{0,25} \quad (2.44)$$

$$\lambda = 0,11 \cdot \left( 0,815 \cdot 10^{-3} + \frac{68}{511131} \right)^{0,25} = 0,0187.$$

Визначимо коефіцієнти місцевих опорів [4]:

- вхід в трубу( приймаємо трубу з гострими краями),  $\xi_1 = 0,5$ ;
- засувка для  $d = 0,184$  м,  $\xi_2 = 0,25$ ;
- коліно,  $\xi_3 = 1,1$ ;
- вихід з труби,  $\xi_4 = 1,0$ .

Сума коефіцієнтів місцевих опорів

$$\sum \xi = \xi_1 + \xi_2 + \xi_3 + \xi_4 = 0,5 + 0,25 + 2 \cdot 1,1 + 1,0 = 3,95.$$

Гідравлічний опір трубопроводу

$$\Delta p_T = \left( \lambda \cdot \frac{L}{d} + \sum \xi \right) \cdot \frac{\rho \cdot \omega^2}{2} \quad (2.45)$$

$$\Delta p_T = \left( 0,0187 \cdot \frac{20}{0,383} + 3,95 \right) \cdot \frac{2,14 \cdot 20^2}{2} = 1167 \text{ Па.}$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	6.133.20.04.00.00.00 ПЗ	Лист
											25

Надлишковий тиск, який повинен забезпечити вентилятор для подолання гідравлічного опору апарату і трубопроводу

$$\Delta p = \Delta p_a + \Delta p_t = 6426 + 1167 = 7593 \text{ Па.}$$

Таким чином, необхідний вентилятор високого тиску. Корисну потужність його знаходимо за формулою 1.32 [4]

$$N_{\text{п}} = \rho \cdot g \cdot V \cdot H = V \cdot \Delta p \quad (2.46)$$

$$N_{\text{п}} = 0,36 \cdot 7593 = 2733 \text{ Вт} = 2,73 \text{ кВт.}$$

Приймаємо  $\eta_{\text{пер}} = 1,0$  і  $\eta_{\text{н}} = 0,6$  отримаємо

$$N = \frac{2,73}{1,0 \cdot 0,6} = 4,6 \text{ кВт.}$$

За таблицями 1.8 і 1.9 [4] встановлюємо, що отриманими даними задовольняє газодувка ТВ-150-1,12, яка має наступні характеристики:  $V = 2,5 \text{ м}^3/\text{с}$ ;  $\Delta p = 12000 \text{ Па}$ . Газодувка забезпечена електродвигуном А02-82-2 потужністю  $N = 40 \text{ кВт}$  і  $\eta_{\text{дв}} = 0,88$ .

Далі виконаємо розрахунок холодильника зрошувальної рідини. Температура води на вході в абсорбер  $t_{1\text{н}} = 20^\circ\text{C}$ , приймемо температуру на вході в холодильник  $t_{1\text{к}} = 40^\circ\text{C}$ . Охолодження здійснюється артезіанською водою з температурою  $t_{2\text{н}} = 10^\circ\text{C}$ , кінцеву температуру приймемо рівною  $t_{2\text{к}} = 25^\circ\text{C}$ .

З основного рівняння теплопередачі маємо

$$F_{\text{п}} = \frac{Q_{\text{п}}}{K_{\text{п}} \cdot \Delta t_{\text{ср}}} ; \quad (2.47)$$

$$Q_{\text{п}} = G_{\text{н}} \cdot c_{\text{н}} \cdot (t_{2\text{к}} - t_{2\text{н}}), \quad (2.48)$$

де  $Q_{\text{п}}$  – теплове навантаження холодильника, Вт;  $K_{\text{п}}$  – коефіцієнт теплопередачі,  $K = 500 \dots 1000 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ ;  $\Delta t_{\text{ср}}$  – середня різниця температур між теплоносійми, К;  $G_{\text{н}}$ ,  $c_{\text{н}}$  – кількість охолоджуючої рідини, кг / с, і її теплоємність, Дж/(кг·К);  $t_{2\text{н}}$ ,  $t_{2\text{к}}$  - початкова і кінцева температура зрошувальної рідини, °С.

$$Q_{\text{п}} = 88,3 \cdot 4,19 \cdot (40 - 20) = 3696 \text{ кВт};$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	6.133.20.04.00.00.00 ПЗ	Лист
						26
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		



При спокійному стані рідини коефіцієнт заповнення ємності  $\varphi = 0,7 \div 0,9$ , тоді обсяг резервуара

$$V_p = \frac{V_{ж}}{\varphi} = \frac{159}{0,9} = 176 \text{ м}^3.$$

По таблиці 10.8[ 7] приймаємо стандартний посудину має наступні параметри: номінальний обсяг  $V = 160 \text{ м}^3$ , внутрішній діаметр  $D = 3200 \text{ мм}$ , довжина корпусу  $L = 18840 \text{ мм}$ .

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	6.133.20.04.00.00.00 ПЗ	Лист
						28
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

### 3 Розрахунок апарата на міцність та герметичність

#### 3.1 Розрахунок товщини стінки корпусу та кришки

Вихідні дані:

внутрішній діаметр обичайки  $D = 1200$  мм;

тиск випробувань  $p = 0,2$  МПа;

матеріал колони – сталь 12Х18Н10Т;

температура середовища в колоні  $t = 20^\circ\text{C}$ .

Допустиме напруження в робочому стані

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

$$[\sigma] = 1 \cdot 142 = 142 \text{ МПа},$$

де  $\sigma^* = 142$  МПа для сталі 12Х18Н10Т при температурі  $22^\circ\text{C}$  (табл. 1.2) [6];  
 $\eta = 1$ , оскільки апарат виготовлений з листового прокату.

Коефіцієнт міцності поздовжніх зварних швів обичайки  $\phi = 1,0$  оскільки зварювання проведена автоматичним способом.

Розрахункова товщина стінки циліндричної обичайки

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

$$s_p = \frac{0,21 \cdot 1200}{2 \cdot 1 \cdot 142 - 0,21} = 0,9 \text{ мм.}$$

Виконавча товщина стінки

$$s = s_p + c, \quad (3.2)$$

де  $c$  – надбавка до розрахункової товщини, яка визначається за формулою [6, с.10]

$$c = c_1 + c_2 + c_3,$$

де  $c_1$  – надбавка для компенсації корозії і ерозії;  $c_2$  – надбавка для компенсації мінусового допуску;  $c_3$  – технологічна надбавка.

Надбавка для компенсації корозії визначається за формулою

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата	Инд. № подл.
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	6.133.20.04.00.00.00 ПЗ
					Лист
					29

$$c_1 = \Pi \cdot \tau, \quad (3.3)$$

де  $\Pi$  – швидкість корозії, мм/год [6];  $\tau$  – термін служби апарату.

При терміні служби апарату 10 років і прийнявши  $c_2 = 0$  і  $c_3 = 0$ , одержавши

$$c_1 = 0,1 \cdot 10 = 1,0 \text{ мм},$$

$$s = 0,9 + 1,0 = 1,9 \text{ мм}.$$

Пробний тиск при гідравлічних випробуваннях

$$p_n = 1,5 \cdot p \cdot \frac{[\sigma_{20}]}{[\sigma]} \quad (3.4)$$

Тоді

$$p_n = 1,5 \cdot 0,21 \cdot \frac{142}{142} = 0,32 \text{ МПа}.$$

Розрахункова товщина стінки за умовами гідравлічних випробувань

$$s_p = \frac{p_n \cdot D}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma_{20}] - p_n}$$

$$s_p = \frac{0,32 \cdot 1200}{2 \cdot 0,9 \cdot 142 - 0,32} = 1,5 \text{ мм}$$

Виконавча товщина стінки в цьому випадку

$$s = 1,5 + 1,0 = 2,5 \text{ мм}.$$

Враховуючи напругу стиснення від загальної маси колони, а також можливість установки апарату на відкритому майданчику, де діють вітрові навантаження, з запасом приймаємо  $s = 6$  мм,

Розрахункова товщина стінки еліптичної кришки

$$s_{кр.р} = \frac{p \cdot D}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] - 0,5 \cdot p}, \quad (3.5)$$

Инов. № подл.	Подп. и дата				6.133.20.04.00.00.00 ПЗ	Лист		
Взам. инв. №	Инов. № дубл.					30		
Подп. и дата				Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

$$s_{кр.р} = \frac{0,21 \cdot 1200}{2 \cdot 1 \cdot 142 - 0,5 \cdot 0,21} = 0,9 \text{ мм.}$$

Виконавча товщина стінки кришки

$$s_{кр} = s_{кр.р} + c = 0,9 + 1,0 = 1,9 \text{ мм.}$$

З метою уніфікації сортаменту матеріалу для виготовлення апарату приймаємо  $s_{кр} = 10 \text{ мм.}$

### 3.2 Розрахунок фланцевого з'єднання

Фланцеве з'єднання кришки і корпусу апарату при  $D_{вн} = 1200 \text{ мм}$  і  $p = 0,32 \text{ МПа}$  вибирається по ОСТ 26-426-79 з плоскими приварними фланцями.

Товщина втулки фланця [8]

$$s_0 \leq 1,35 \cdot s, \quad (3.6)$$

де  $s = 8 \text{ мм}$  – товщина обичайки апарату.

$$s_0 = 1,35 \cdot 8 = 10,8 \text{ мм,}$$

приймати  $s_0 = 10 \text{ мм.}$

Перевіряємо виконання умови

$$s_0 - s \leq 5 \quad (3.7)$$

$$10 - 8 = 2 \leq 5 \text{ – умова виконується.}$$

Висота втулки фланця

$$h_b \geq 0,5 \cdot \sqrt{D_{вн} \cdot (s_0 - c)}, \quad (3.8)$$

де  $D_{вн} = 1200 \text{ мм}$  – внутрішній діаметр апарату;  $c = 0,3$  надбавка на корозію.

$$h_b = 0,5 \cdot \sqrt{1200 \cdot (10 - 0,3)} = 62 \text{ мм,}$$

Инд. № подл.	Подп. и дата				6.133.20.04.00.00.00 ПЗ	Лист
Взам. инв. №	Инв. № дубл.					31
Подп. и дата		Изм	Лист	№ докум.		Подп.

приймати  $h_b = 70$  мм.

Визначимо діаметр болтової окружності. Із [2] с.263

$$D_6 = D_{вн} + 2 \cdot (2 \cdot s_0 + d_6 + u), \quad (3.9)$$

де  $d_6 = 20$  мм – діаметр болтів при  $D_{вн} = 1200$  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 [8]).

$$D_6 = 1,2 + 2 \cdot (2 \cdot 0,01 + 0,02 + 0,006) = 1,332 \text{ м},$$

приймати  $D_6 = 1,35$  м. (см. с.263 [8]).

По [8] с. 264 зовнішній діаметр фланця

$$D_\phi \geq D_6 + a, \quad (3.10)$$

де  $a = 40$  мм (табл.13.27 [8])

$$D_\phi = 1,35 + 0,04 = 1,39 \text{ м},$$

приймати  $D_\phi = 1,39$  м (с.264 [8]).

Зовнішній діаметр прокладки визначається за формулою [8]

$$D_{II} = D_6 - e, \quad (3.11)$$

де  $e = 30$  мм (табл.13,27 [8]);

$$D_{II} = 1,39 - 0,03 = 1,36.$$

Середній Діаметр прокладки [8]

$$D_{ср.п} = D_{II} - b_{п}, \quad (3.12)$$

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

$$D_{ср.п} = 1,36 - 0,02 = 1,34 \text{ м}.$$

Еквівалентна ширина прокладки

$$b_e = 0,6 \cdot \sqrt{b_{п}} \quad (\text{при } b_{п} > 15 \text{ мм}); \quad (3.13)$$

Инов. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инов. № дубл.	Подп. и дата	Инов. № подл.	Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	6.133.20.04.00.00.00 ПЗ	Лист
												32



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

Застосовуємо Матеріал прокладки-пароніт по ГОСТ 481-80 товщиною 2 мм.  
Кількість болтів, необхідне для забезпечення герметичності з'єднання, визначається за формулою [8]

$$Z_b = \frac{\pi \cdot D_b}{t_b}, \quad (3.14)$$

де  $t_b$  – крок болтів,  $t_b = (3,5 - 4,2)d_b = 3,5 \cdot 20 = 70$  мм (табл.13.20 [8])

$$Z_b = \frac{3,14 \cdot 1,35}{0,07} = 60,6 \text{ мм.}$$

Приймаємо найближче більше кратне чотирьом значення  $Z_b = 64$  мм.  
Висота фланця визначається за формулою

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

де  $\lambda = 0,38$  – коефіцієнт (рис.13.14 [8]);  $s_e$  – еквівалентна товщина втулки фланця

$$s_e = \alpha \cdot s_0, \quad (3.16)$$

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

$$s_e = 1,0 \cdot 20 = 20 \text{ мм;}$$

$$h = 0,38 \cdot \sqrt{1,2 \cdot 0,02} = 0,059 \text{ м,}$$

Приймаємо  $h = 60$  мм.

Розрахункова довжина болта між опорними поверхнями головки болта і гайки

$$l_b = l_{b0} + 0,28 \cdot d_b; \quad (3.17)$$

$$l_{b0} = 2 \cdot (h_{cp} + s_{п}); \quad (3.18)$$

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

$$l_{60} = 2 \cdot (60 + 2) = 124 \text{ мм};$$

$$l_6 = 124 + 0,28 \cdot 20 = 129,6 \text{ мм};$$

Приймаємо  $l_6 = 130 \text{ мм}$ .

Навантаження, що діє на фланцеве з'єднання

$$Q_d = \frac{p_R \cdot \pi \cdot D_{\text{ср.п}}^2}{4}, \quad (3.19)$$

де  $p_R = 0,4 \text{ МПа}$  - внутрішній надлишковий тиск в апараті;  $D_{\text{ср.п}} = 1,34 \text{ м}$  – середній Діаметр прокладки

$$Q_d = \frac{0,4 \cdot 3,14 \cdot 1,34^2}{4} = 1,41 \text{ МН}.$$

Реакція прокладки при робочих умовах [8]

$$R_{\text{п}} = \pi \cdot D_{\text{ср}} \cdot b_e \cdot m \cdot p_R, \quad (3.20)$$

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

$$R_{\text{п}} = 3,14 \cdot 1,34 \cdot 2,68 \cdot 10^{-3} \cdot 2,5 \cdot 0,4 = 0,028 \text{ МН}.$$

Зусилля, що виникає від температурних деформацій

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

де  $\alpha_{\text{ср}} = 12,36 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$  – коефіцієнт лінійного розширення матеріалу фланця;  $\alpha_6 = 12,36 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$  – коефіцієнт лінійного розширення матеріалу болтів;  $t_6 = 40 \text{ }^\circ\text{C}$  – розрахункова температура неізолюваних болтів;  $\gamma$ -безрозмірний коефіцієнт;  $Z_6$  – Кількість болтів;  $f_6 = 2,35 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$  – розрахункова площа поперечного перерізу болта по зовнішньому діаметру;  $E_6 = 1,91 \cdot 10^5 \text{ МПа}$  – модуль поздовжньої пружності сталі 20к при  $t_6 = 40 \text{ }^\circ\text{C}$ .

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

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	6.133.20.04.00.00.00 ПЗ				Лист			
									34			
					Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			

де  $Y_6$  – лінійна податливість болта.

$$Y_6 = \frac{l_6}{E_6 \cdot f_6 \cdot Z_6} = \frac{0,13}{1,91 \cdot 10^5 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4} \cdot 64} = 4,52 \cdot 10^{-5} \text{ м/МН};$$

$$A = [Y_{\Pi} + Y_6 + 0,25 \cdot (Y_{\phi 1} + Y_{\phi 2}) \cdot (D_6 - D_{\text{ср.п}})]^{-1}, \quad (3.23)$$

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

$$Y_{\Pi} = \frac{s_n}{\pi \cdot D_{\text{ср.п}} \cdot b_{\Pi} \cdot E_{\Pi}} \quad (3.24)$$

$$Y_{\Pi} = \frac{0,002}{3,14 \cdot 1,34 \cdot 0,02 \cdot 2000} = 11,9 \cdot 10^{-6} \text{ м/МН};$$

$$Y_{\text{ср}} = \frac{[1 - \omega \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda)] \cdot \psi_2}{h^3 \cdot E}, \quad (3.25)$$

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

$$\omega = [1 + 0,9 \cdot \lambda \cdot (1 + \psi_1 \cdot j^2)]^{-1}, \quad (3.26)$$

де  $\psi_1, j$  – коефіцієнт

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

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

$$k = \frac{1,39}{1,2} = 1,16;$$

$$\psi_1 = 1,28 \cdot \lg 1,16 = 8,3 \cdot 10^{-2},$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	6.133.20.04.00.00.00 ПЗ	Лист
											35

$$\psi_2 = \frac{k+1}{k-1} = \frac{1,16+1}{1,16-1} = 13,5;$$

$$j = \frac{h}{s_e} = \frac{0,06}{0,02} = 3. \quad (\text{с.226 [8]})$$

Тоді

$$\omega = [1 + 0,9 \cdot 0,38 \cdot (1 + 8,3 \cdot 10^{-2} \cdot 3^2)]^{-1} = 0,63;$$

$$Y_\phi = \frac{[1 - 0,63 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,38)] \cdot 13,5}{0,06^3 \cdot 1,9 \cdot 10^5} = 0,038 \cdot 10^{-5} \text{ м/МН};$$

$$A = [11,9 \cdot 10^{-6} + 4,52 \cdot 10^{-5} + 0,25 \cdot 0,038 \cdot (1,35 - 1,34)^2]^{-1} = 17227 \text{ МН/м};$$

$$\gamma = 17227 \cdot 3,14 \cdot 10^{-5} = 0,54;$$

зусилля, що виникає від температурних деформацій

$$Q_t = 0,54 \cdot 64 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4} \cdot 1,91 \cdot 10^5 \cdot (12,36 \cdot 10^{-6} \cdot 40 - 12,36 \cdot 10^{-6} \cdot 39) = 0,019 \text{ МН}.$$

Визначимо коефіцієнт жорсткості фланцевого з'єднання

$$k_{\text{ж}} = \frac{Y_\phi + 0,5Y_{\text{ср}}(D_\phi - D - s_o)(D_\phi - D_{\text{ср.п}})}{Y_{\text{п}} + Y_\phi + Y_\phi(D_\phi - D_{\text{ср.п}})^2} \quad (3.27)$$

$$k_{\text{ж}} = \frac{4,52 \cdot 10^{-5} + 0,5 \cdot 0,038 \cdot (1,35 - 1,2 - 0,02) \cdot (1,35 - 1,34)}{11,9 \cdot 10^{-6} + 4,52 \cdot 10^{-5} + 0,038 \cdot (1,35 - 1,34)^2} = 1,15.$$

Визначимо болтову навантаження. В умови монтажу [8]

$$p_{\phi 1} = \max \left\{ \frac{k_{\text{ж}} \cdot Q_\partial + R_n}{0,5 \cdot \pi \cdot D_{\text{ср.п}} \cdot b_n \cdot p_{\text{пр}}}, \right\} \quad (3.28)$$

де  $p_{\text{пр}}$  – пробний тиск стиснення прокладки, для пароніту по табл. 4 [8]

$$p_{\text{пр}} = 20 \text{ МПа}.$$

$$p_{\phi 1} = \max \left\{ \frac{1,15 \cdot 1,41 + 0,028}{0,5 \cdot 3,14 \cdot 1,34 \cdot 0,02 \cdot 20} \right\} = \max \left\{ \frac{1,65}{0,84} \right\} = 1,65 \text{ МН}.$$

Инг. № подл.	Подп. и дата	Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	6.133.20.04.00.00.00 ПЗ	Лист
Взам. инв. №	Инг. № дубл.							36
Подп. и дата	Подп. и дата							

При робочих умовах [2]

$$P_{62} = P_{61} + (1 - k_{ж}) \cdot Q_d + Q_t \quad (3.29)$$

$$P_{62} = 1,65 + (1 - 1,15) \cdot 1,41 + 0,019 = 1,46 \text{ МН.}$$

Перевірка міцності і герметичності з'єднання  
умова міцності болтів [8]

$$\frac{P_{61}}{Z_6 \cdot f_6} \leq [\sigma_6]^{20}, \quad (3.30)$$

$$\frac{P_{62}}{Z_6 \cdot f_6} \leq [\sigma_6]^t, \quad (3.31)$$

де  $[\sigma_6]^{20} = 140$  МПа – для матеріалу болтів при температурі 20°C;  $[\sigma_6] = 132$  МПа – для матеріалу болтів при температурі 40 °C.

$$\frac{1,65}{64 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4}} \leq 140 = 109 \leq 140 \text{ – умова виконується;}$$

$$\frac{1,46}{64 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4}} \leq 132 = 97 \leq 132 \text{ – умова виконується.}$$

Визначимо наведений згинальний момент за формулою 1.145 [6]

$$M_0 = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,5 \cdot (D_6 - D_{\text{ср.п}}) \cdot P_{61} \\ 0,5 \cdot (D_6 - D_{\text{ср.п}}) \cdot P_{62} \end{array} \right\} \quad (3.32)$$

$$M_0 = \left\{ \begin{array}{l} 0,5 \cdot (1,35 - 1,34) \cdot 1,65 \\ 0,5 \cdot (1,35 - 1,34) \cdot 1,46 \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,0083 \\ 0,0073 \end{array} \right\} = 0,0083 \text{ МН}\cdot\text{м.}$$

За формулою 1.141 [6] для прокладки з пароніту

$$\frac{P_{\text{бмак}}}{\pi \cdot D_{\text{ср.п}} \cdot b} \leq P_{\text{п.р}} \quad (3.33)$$

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

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	6.133.20.04.00.00.00 ПЗ	Лист
											37

$$p_{\sigma \max} = \max \{p_{\sigma 1}; p_{\sigma 2}\} = \max \{1,65; 1,46\} = 1,65 \text{ МН.}$$

$$\frac{p_{\sigma \max}}{\pi \cdot D_{\text{ср.п}} \cdot b} = \frac{1,65}{3,14 \cdot 1,34 \cdot 0,02} = 19,6 \text{ МПа} \leq 130 \text{ МПа,}$$

умова міцності виконується.

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

$$\sqrt{(\sigma_0 + \sigma_m)^2 + \sigma_t^2} - (\sigma_0 + \sigma_m) \cdot \sigma_t < \varphi \cdot [\sigma_0], \quad (3.34)$$

де  $\sigma_0$  – 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 перерізі  $s_0$  при кількості навантажень з'єднання (збірка-розбирання) не більше  $2 \cdot 10^3$ ;  $\sigma_t$  – тангенціальна напруга у втулці від внутрішнього тиску;  $\sigma_m$  – меридіональна напруга у втулці від внутрішнього тиску; за формулою 1.149 [6]

$$\sigma_m = \frac{p_p \cdot D_{\text{вп}}}{4(s_0 - c)} \quad (3.35)$$

$$\sigma_m = \frac{0,4 \cdot 1,2}{4 \cdot (0,008 - 0,0003)} = 20,7 \text{ МПа;}$$

за формулою 1.149 [6]

$$\sigma_t = \frac{p_p \cdot D_{\text{вп}}}{2 \cdot (s_0 - c)} \quad (3.36)$$

$$\sigma_t = \frac{0,4 \cdot 1,2}{2 \cdot (0,008 - 0,0003)} = 41,4 \text{ МПа;}$$

за формулами 1.143 и 1.148 [6]

$$\sigma_0 = \psi_3 \cdot \frac{T_{\text{ср}} \cdot M_0 \cdot v}{D^* \cdot (s_0 - c)^2}, \quad (3.37)$$

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

Инва. № подл.	Подп. и дата				6.133.20.04.00.00.00 ПЗ	Лист
Взам. инв. №	Инва. № дубл.					38
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

за формулою 1.144 [6]

$$T_{cp} = \frac{D_{II}^2 \cdot \left(1 + 8,55 \cdot \lg \frac{D_{II}}{D_{ВП}}\right) - D_{ВП}^2}{(1,05 \cdot D_{ВП}^2 + 1,945 \cdot D_n^2) \cdot \left(\frac{D_n}{D_{ВП}} - 1\right)} \quad (3.38)$$

де  $D_n = 1,36$  м – зовнішній діаметр прокладки;

$$T_{cp} = \frac{1,36^2 \cdot \left(1 + 8,55 \cdot \lg \frac{1,36}{1,2}\right) - 1,2^2}{(1,05 \cdot 1,2^2 + 1,945 \cdot 1,36^2) \cdot \left(\frac{1,36}{1,2} - 1\right)} = 1,82.$$

$$\sigma_0 = \frac{1,82 \cdot 0,0083 \cdot 0,49}{1,2 \cdot (0,02 - 0,0015)^2} = 180 \text{ МПа};$$

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

Умова міцності

$$\sqrt{(180 + 20,7)^2 + 41,4^2} - (180 + 20,7) \cdot 41,4 \leq 0,95 \cdot 570 \text{ МПа}.$$

$$361 < 542 \text{ – умова міцності виконано.}$$

Окружний тиск в кільці фланця

$$\sigma_k = \frac{M_0 \cdot [1 - \omega \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda_{cp})] \cdot \psi_2}{(D_{ВН} \cdot h_{\psi}^2)} \quad (3.39)$$

$$\sigma_k = \frac{0,0083 \cdot 13,5 \cdot [1 - 0,63 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,38)]}{1,2 \cdot 0,06^2} = 40,1 \text{ МПа}.$$

Визначаємо кут повороту фланця за формулою 1.150 [6]

$$\Theta = \frac{\sigma_k \cdot D_{ВН}}{E \cdot h_{cp}} \leq [\Theta], \quad (3.40)$$

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	6.133.20.04.00.00.00 ПЗ	Лист
											39

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

$$\Theta = \frac{40,1 \cdot 1,2}{1,9 \cdot 10^5 \cdot 0,06} = 0,004 < 0,009 \text{ рад,}$$

тобто умова герметичності з'єднання виконується.

### 3.3 Розрахунок і вибір опори

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

З таблиці (4, VI. 1) насипна щільність насадки

$$\rho = 540 \text{ кг/м}^3,$$

тоді маса насадки

$$m_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot H \cdot \rho \quad (4.6)$$

$$m_1 = \frac{3,14 \cdot 1,2^2}{4} \cdot 7,87 \cdot 540 = 6539 \text{ кг.}$$

Маса обичайки колони

$$m_2 = \pi \cdot (D + s) \cdot s \cdot H \cdot \rho \quad (4.7)$$

$$m_2 = 3,14 \cdot (1,2 + 0,008) \cdot 0,008 \cdot 14,1 \cdot 7850 = 3915 \text{ кг.}$$

Маса оснащення колони приймається в розмірі 20% від маси обичайки

$$m_3 = 0,2 \cdot m_2 \quad (4.8)$$

$$m_3 = 0,2 \cdot 3915 = 784 \text{ кг.}$$

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

Инд. № подл.	Подп. и дата				6.133.20.04.00.00.00 ПЗ	Лист
Взам. инв. №	Инд. № дубл.					40
Подп. и дата		Изм	Лист	№ докум.		Подп.



$$m_4 = V \cdot \rho_B \quad (4.9)$$

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

Наведене навантаження на опору

$$Q = (m_1 + m_2 + m_3 + m_4) \cdot g \quad (4.10)$$

$$Q = (6539 + 3915 + 784 + 22000) \cdot 9,81 = 326 \cdot 10^3 \text{ Н} = 326 \text{ кН.}$$

Міцність зварного з'єднання опори з корпусом визначаємо за умовою

$$\sigma = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D \cdot a_1} \leq \varphi_s \cdot [\sigma], \quad (4.11)$$

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

Тоді

$$\sigma = \frac{4 \cdot 326 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 1400 \cdot 8} = 37,0 \text{ МПа} \leq 0,7 \cdot 120 = 84 \text{ МПа.}$$

Отже, умова міцності зварного шва виконується.

За  $Q$  з ОСТ 26-467-78 вибираємо стандартну конструкцію опори "Опора 1200-25-36-1500".

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата					Лист	
										6.133.20.04.00.00.00 ПЗ
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	41					

## 4 Монтаж і ремонт апарату

### 4.1 Монтаж апарату

Одним з вирішальних умов правильної організації монтажних робіт є комплектна постановка обладнання, що має високу заводську готовність.

Порядок постановки обладнання визначено "основними технічними вимогами монтажних організацій до хімічного обладнання" ТУ 26-01-217-89.

Обладнання, що поставляється повинно відповідати наступним основним вимогам, що визначає його якість і максимальну готовність:

- в опорній основі повинні бути передбачені регульовальні гвинти, за допомогою яких обладнання вивіряють на фундаменті в горизонтальній і вертикальній площинах;

- у апаратів колонного типу для їх стропування при монтажі повинні бути передбачені монтажні штуцера ГОСТ 13716-86 або інші захватні пристрої;

- апарати з зовнішніми і внутрішніми теплоізоляційними захисними покриттями повинні поставлятися з привареними деталями для кріплення цих покриттів, а також з підготовленими захисними поверхнями;

- на апаратах і судинах підлягають на місці монтажу гідравлічному випробуванню, повинні бач передбачені спеціальні штуцера для установки вентиля (воздушника), через який при заповненні апарату водою буде проводитися випуск повітря, для приєднання манометра і повного зливу води;

- кожен штуцер на апараті або посудині повинен мати відповідний фланець, робочу прокладку і кріпильні деталі;

- для вивірки вертикальності встановленого апарату колонного типу, якщо він за проектом має зовнішню ізоляцію, повинні бути передбачені спеціальні бобишки з нарізкою для ввертання штирів. Бобишки розташовують в нижній і верхній частинах апарату по дві, під кутом 90 °С;

- відправлені заводом-виробником до місця монтажу апарат, посудина або транспортабельний вузол повинні мати вказівки місць стропування, зазначена на апараті або вузлі яскравою фарбою. На апараті або вузлі на видному місці також яскравою фарбою повинен бути вказаний вага апарату або його вузлів. Якщо апарат поставляється окремими вузлами, то вони повинні мати складальне маркування на відмінюються частинах.

Збірка апаратів, що складаються з окремих царг, що збираються на фланцях здійснюється безпосередньо на фундаменті. В цьому випадку до їх підйому слід перевірити горизонтальність привалочних поверхонь кожної царги. Відхилення не

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

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	6.133.20.04.00.00.00 ПЗ	Лист
						42

повинно перевищувати 0,3 мм на 1 м Діаметр апарату, але не більше 2 мм на весь діаметр.

Збірка фланцевих з'єднань повинна виконуватися без підгінних операцій; болти в отвори повинні входити вільно, без напруг. Затягування фланцевих з'єднань необхідно проводити одночасним загортанням гайок на діаметрально розташованих болтах або шпильках.

Остаточну затяжку фланцевих з'єднань царг апаратів з прокладками з шнурового азбесту слід проводити «на гаряче» при нагріванні всього апарату парою до 60°C.

Найбільш простий монтаж колони, що складається з окремих елементів – царг. Існують два способи монтажу: нарощуванням і підрощуванням вибір способу залежить, в основному, від наявного підйомно-транспортного обладнання.

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

Спосіб підрощування зручний при установці царгового колонного апарату всередині існуючої етажерки, що має монтажну балку. Окремі царги в цьому випадку затягують на фундамент за допомогою трактора або монтажних лебідок і поворотних блоків і підстикують до раніше змонтованим царгам, монтувати способом підрощування можна і поза етажерки. Для цього дві монтажні щогли з'єднують нагорі балкою так, щоб вони утворили портал. Подальші роботи ведуться так само, як і при монтажі всередині етажерки.

## 4.2 Ремонт апарату

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

Підготовка ремонту включає:

- 1 технічний огляд обладнання перед ремонтом;
- 2 складання проектно-кошторисної документації для робіт що підлягають виконанню;

Инов. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инов. № дубл.	Подп. и дата	6.133.20.04.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		43

3 оформлення та видачі замовлень на проведення робіт;

4 розробку графіка на проведення робіт;

Основним видом їх зносу колоною масообмінної апаратури є забивання колони відкладеннями і корозії її елементів. Царговые колони розбираються повністю. Вантажопідйомний механізм встановлений вище колони, що дозволяє зняти всі царги по черзі. При неможливості установки вантажопідйомного механізму вище колони демонтаж починається з нижньої царги згідно зі схемою представленої на рисунку.

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

Ремонт решіток царгових колон проводиться після їх демонтажу. Решітки в царгах ущільнюються за допомогою азбесту або шнурового фторопластового ущільнюючого матеріалу, при демонтажі решіток азбест і ФУМ витягується за допомогою гаків і зубила. Ремонт решіток пов'язаний з їх чищенням і заміною зношених елементів. Вельми відповідальна операція при складанні царгової колони є установка прокладок між дротяними поверхнями і кріплення царг болтами. Від сталості товщини прокладки по всій площі сполучення і від рівномірності затягування болтів фланцевих з'єднань залежить щільність з'єднань, а також вертикальне положення осі колони і горизонтальне положення решіток.

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

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

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

6.133.20.04.00.00.00 ПЗ

## 5 Охорона праці

### 5.1 Аналіз потенційних небезпек які виникають на виробництві

Найбільш небезпечними сполуками є аміак, так як він внаслідок своєї повільної розчинності у волозі, що покриває слизові оболонки дихальних шляхів, має значний прихований період між моментами надходження отруйних газів в організм і початком розвитку хворобливих явищ, переважно в глибоких відділах органів дихання. Після вдихання великої кількості парів аміаку, потерпілий у багатьох випадках не відчуває ніякого роздратування дихальних шляхів і тільки через 20-30 хвилин у нього виникає кашель, задишка, за грудиною болі; ці первинні явища часто проходять при виході потерпілого з загазованого приміщення на свіже повітря, а потім через годину або кілька годин знову наростає задишка, з'являються кашель, болі в грудях, все більш посилюється утруднення дихання, розвиваються синюшність і важкі, небезпечні для життя явища набряку легенів. З метою забезпечення безпечних умов роботи обслуговуючого персоналу та запобігання обладнання від руйнування, а також для зменшення наслідків аварій, передбачено ряд заходів з техніки безпеки:

1. Передбачений максимальний винос обладнання на відкритий майданчик, що покращує безпеку його експлуатації. У будівлях розташоване Компресорне і насосне обладнання.

2. Управління технологічними процесами відділення виробництва здійснюється автоматично або дистанційно з ЦУП, що зменшує необхідність перебування обслуговуючого персоналу у апаратів.

3. Для запобігання отруєння токсичними газами і парами при зупинках на ремонт повинно проводитися дренажування апаратів і комунікацій з подальшим промиванням водою (конденсатом). Для дренажування робочих сумішей і промивних вод встановлений ряд дренажних збірників, забезпечених насосами.

### 5.2 Пожежо вибухобезпечність на виробництві

Виробництво аміаку є вибухо - і пожежонебезпечним і відноситься до категорії «а». Для будівель цієї категорії необхідні зовнішні огорожі, конструкції яких виконуються легко скидаються при впливі на них вибухової хвилі. До легкоскидним відносяться Збірні покриття масою не більше 120 кг/м<sup>2</sup>. Конструктивно ці покриття виконують із залізобетонних ребристих плит серії ПК-01-118 з отворами, що перекриваються після монтажу легкими листами. У разі вибуху ці плити вибуховою хвилею вигинаються назовні внаслідок чого основні несучі конструкції за-

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
6.133.20.04.00.00.00 ПЗ				Лист
				45

лишаються нерухомими. Допускається застосовувати одночасно важко скидаються огорожувальні конструкції, але при дотриманні деяких умов.

У виробництві аміаку майже все основне технологічне обладнання, за винятком компресорів, а також всі основні газопроводи розташовані поза будівлею.

Зовнішні етажерки з обладнанням, що містить горючі гази, як правило, виконані із залізобетону. Там, де застосовані сталеві етажерки, їх перший ярус захищений від впливу високих температур. При цьому межа вогнестійкості прийнятий не менше 75.

Об'ємно-планувальні і конструктивні рішення відділення компресії виключають можливість проникнення в інші приміщення газів в кількостях, вище допустимих концентрацій. Будівля компресії запроектовано із застосуванням легкоскридних вибуховою хвилею зовнішніх огорожувальних конструкцій, так само і колона синтезу.

Відкриті сходи етажерок і майданчиків, призначені для евакуації людей, розташовані по зовнішньому периметру і мають вогнезахисні екрани (з боку технологічного обладнання) з вогнетривких матеріалів з межею вогнестійкості не менше 0,25.

Відповідно до СНиП (II-90-81) установки забезпечені системами зовнішнього і внутрішнього протипожежного водопостачання.

Зовнішні установки висотою більше 12 м обладнані стаціонарними лафетними стволами. Колонні апарати при висоті більше 30м вище відміток, зрошувальних струменями від лафетних стовбурів, обладнані системами водяного зрошення.

Приміщення ЕОМ, УПУ і кабельні тунелі забезпечені автоматичними установками пожежогасіння. Агрегати обладнані первинними засобами пожежогасіння: для виробничих будівель (споруд категорії А і Б) на кожні 1000-1500м<sup>2</sup> у апаратів з ЛЗР встановлений один стаціонарний ОВПУ-250. На кожні 400-500 м<sup>2</sup> встановлені два вуглекислотних вогнегасника і чотири пінних, ящик з піском, повсть.

Основні пожежовибухонебезпечні властивості аміаку.

- Категорія пожежної небезпеки виробництва-А
- ступінь вогнестійкості-II

Инов. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инв. № дубл.
Подп. и дата	Подп. и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	6.133.20.04.00.00.00 ПЗ	Лист
						46

### 5.3 Розрахунок заземлення

Мета розрахунку заземлення-визначити число і довжину вертикальних і горизонтальних елементів (сполучних шин) і розмістити заземлювач на плані електроустановки, виходячи з регламентованих ПУЕ величин допустимого опору заземлення, а також допустимої напруги дотику і кроку або максимального потенціалу заземлювача.

Визначимо розрахунковий питомий опір ґрунту з урахуванням кліматичного коефіцієнта

$$\rho_{расч} = \rho_{изм} \cdot \psi,$$

де  $\rho_{изм}$  – питомий електричний опір ґрунту, отриманий шляхом вимірювання або з довідкових даних;

$\psi$  – кліматичний коефіцієнт.

По таблиці для суглинку при вологості 10÷12%  $\rho_{изм} = 1 \cdot 10^2$  Ом·м; по таблиці значення розрахункового кліматичного коефіцієнта опору суглинку при середній вологості  $\psi = 1,5$ . Отож

$$\rho_{расч} = 1 \cdot 10^2 \cdot 1,5 = 1,5 \cdot 10^2 \text{ Ом}\cdot\text{м}.$$

Оскільки напруга електродвигуна  $U_{\phi} = 380$  В ( $U_{\phi} < 1000$  В), то вимога заземлюючого пристрою за нормами ПУЕ

$$R_3 \leq 40 \text{ м}.$$

У мережах напругою до 1000 В струм однофазного замикання на землю зазвичай не перевищує 10 а, тому що при нормальному стані ізоляції і ємності опору фази щодо землі не буває менше 1000 Ом, тобто приймаємо струм замикання

$$I_3 = 10 \text{ А}.$$

Необхідний опір заземлюючого пристрою

$$R'_3 = \frac{U_{\phi}}{I_3}$$

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата	6.133.20.04.00.00.00 ПЗ	Лист
						47
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

$$R'_3 = \frac{380}{10} = 38 \text{ Ом},$$

но так як  $R'_3 > R_3 = 40 \text{ Ом}$ , то остаточно приймаємо

$$R_3 = 40 \text{ Ом}.$$

В якості природного заземлювача будемо використовувати металеві технологічні конструкції частково занурені в землю; розрахунковий опір розтіканню (з урахуванням сезонних змін)

$$R_e = 150 \text{ Ом}.$$

Необхідний опір штучного заземлювача

$$R_u = \frac{R_e \cdot R_3}{R_e - R_3}$$

$$R_u = \frac{15 \cdot 4}{14 - 4} = 5,5 \text{ Ом}.$$

Приймаємо контурний тип заземлювача і маємо в своєму розпорядженні його по периметру будівлі. В якості стрижневих елементів приймаємо уголкову сталь 50x50 мм, довжиною 2,5 м, що з'єднуються між собою сталевією смугою перетином 4x40 мм на глибині 80 см.

Провідність заземлюючих проводів всередині будівлі приймаємо згідно з вимогами ПУЕ не менше 1/3 провідності фазних проводів.

Прийемо довжину горизонтального заземлювача (смуги)  $L = 30 \text{ м}$ . її опір розтікаючого струму дорівнюватиме

$$R_n = \frac{\rho_{расч}}{2 \cdot \pi \cdot L} \cdot \ln \cdot \frac{2 \cdot L^2}{b \cdot t}$$

$$R_n = \frac{1,5 \cdot 10^2}{2 \cdot 3,14 \cdot 30} \cdot \ln \cdot \frac{2 \cdot 30000^2}{40 \cdot 800} = 7,3 \text{ Ом}.$$

Опір розтіканню одного стрижневого електрода

$$R_c = \frac{\rho_{расч}}{2 \cdot \pi \cdot L} \cdot \left( \ln \cdot \frac{2 \cdot L}{d} + \frac{1}{2} \cdot \ln \cdot \frac{4 \cdot t + L}{4 \cdot t - L} \right)$$

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

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	6.133.20.04.00.00.00 ПЗ	Лист
						48



$$R_c = \frac{1,5 \cdot 10^2}{2 \cdot 3,14 \cdot 2,5} \cdot \left( \ln \cdot \frac{2 \cdot 2500}{0,95 \cdot 50} + \frac{1}{2} \cdot \ln \cdot \frac{(1250+800)+2500}{(1250+80)-2500} \right) = 41 \text{ Ом.}$$

Чисельні значення  $R_n$  і  $R_c$  підставляємо в рівняння, що визначає сумарний опір  $R_n$  паралельно з'єднаних опорів смужкових і стрижневих електродів з урахуванням їх взаємного екранування

$$R_n = \frac{R_n \cdot R_c}{R_n \cdot n \cdot \eta_c + R_c \cdot \eta_n},$$

Отже

Переймаючись числом стрижневих електродів  $n$ , знаходимо за таблицями відповідні коефіцієнти екранування стрижневих і смужкових електродів, тобто  $\eta_c$  і  $\eta_n$ , при яких вирішується наведене рівняння.

В даному випадку визначаємо  $n$ , при  $\eta_c = 0,73$  і  $\eta_n = 0,56$ .

$$5,5 = \frac{7,3 \cdot 41}{7,3 \cdot n \cdot 0,73 + 41 \cdot 0,56}.$$

Звідси

$$n = 10.$$

Обчислена кількість і довжина вертикальних елементів і з'єднувальних шин забезпечує величину опору штучного заземлювача рівного 5,5 Ом.

Инв. № подл.	Подп. и дата				Лист 49
	Инв. № дубл.				
	Взам. инв. №				
	Подп. и дата				
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	6.133.20.04.00.00.00 ПЗ

## Висновки

Розроблена технологічна схема виробництва для очистки повітря від аміаку. Описані теоретичні основи процесу абсорбції. Описаний принцип дії та конструкція насадочного абсорбера для очистки повітря. 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 та ремонт апарату.

Зроблений аналіз потенційних небезпек на виробництві та зроблений розрахунок заземлення.

Инов. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инов. № дубл.	Подп. и дата	6.133.20.04.00.00.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		50

## 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, 576 с.

3. Соколов В. Н. Машины и аппараты химических производств. Примеры и задачи. Ленинград, Машиностроение, 1982, 384 с.

4. Дытнерский Ю. И. Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по проектированию. Москва, Химия, 1983, 272 с.

5. Дж. Пери. Справочник инженера химика. Ленинград, Химия, 1969, 504 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. Ленинград, Химия, 1991, 352 с.

8. Лазинский А. А. Конструирование сварных химических аппаратов, Справочник. Ленинград, Машиностроение, 1981, 382 с.

9. Стабников В. Н. Процессы и аппараты пищевых производств. Москва, Легкая и пищевая промышленность, 1983, 328 с.

10. Рамм В. М. Абсорбция газов. Москва, Химия, 1976, 656 с.

11. Лазинский А. А., Толчинский А. Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры. Справочник. Ленинград, Машиностроение, 1970, 752 с.

12. Александров И. А. Ректификационные и абсорбционные аппараты. Методы расчета и основы конструирования. Москва, Химия, 1978, 280 с.

Инд. № подл.	Подп. и дата	Инд. № дубл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № подл.	Подп. и дата	Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	6.133.20.04.00.00.00 ПЗ	Лист
													51

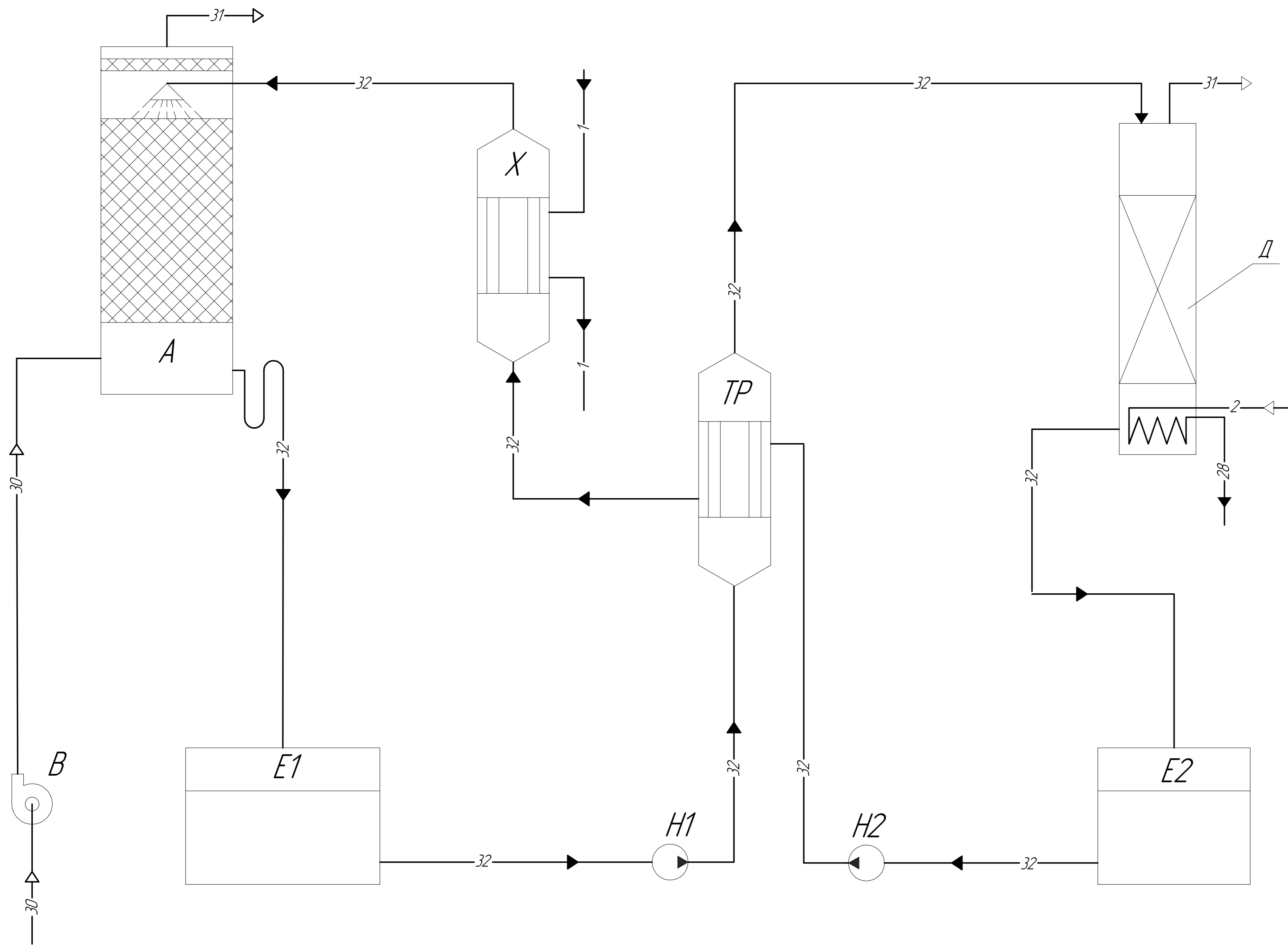


Таблица трубопроводов

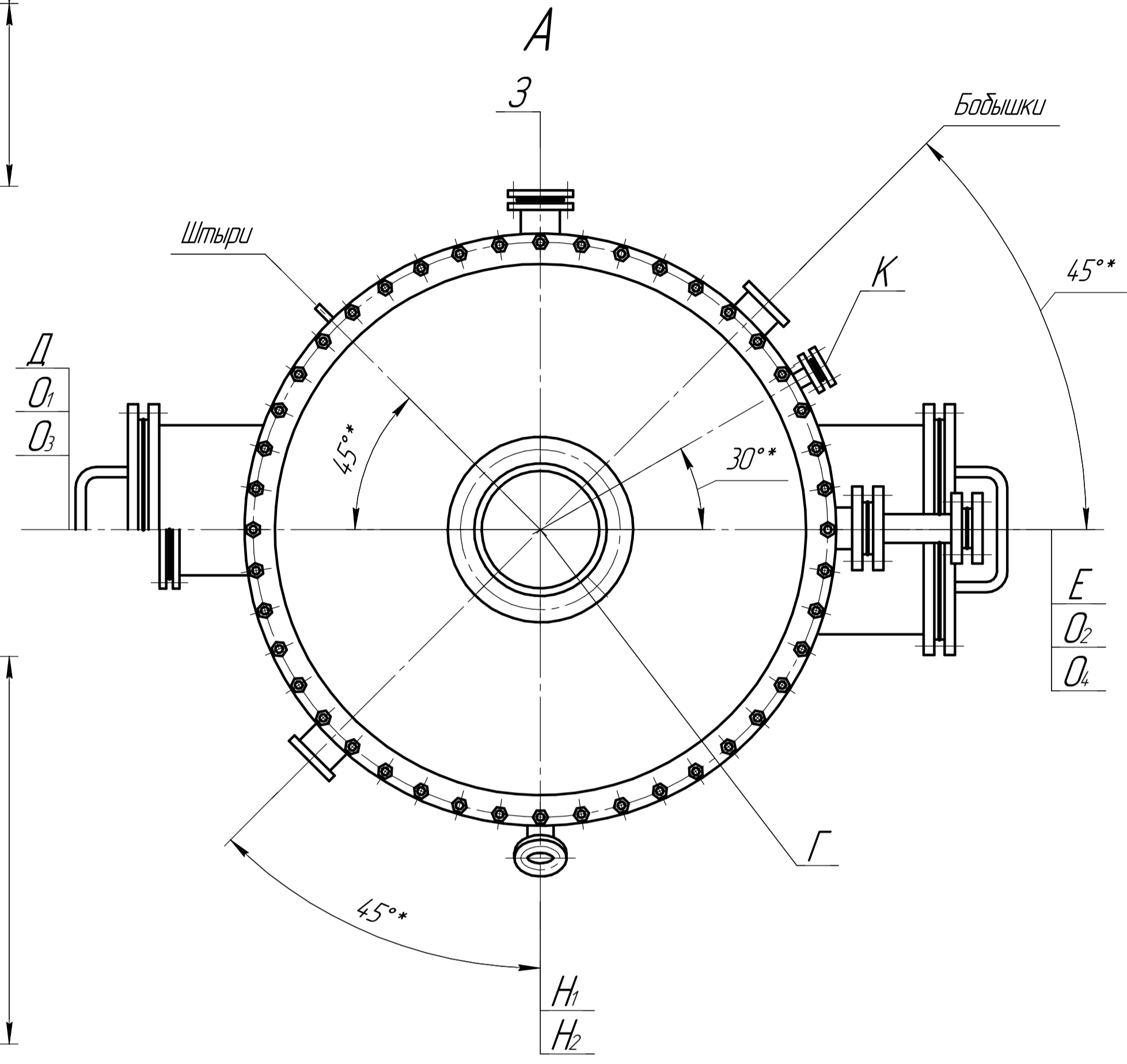
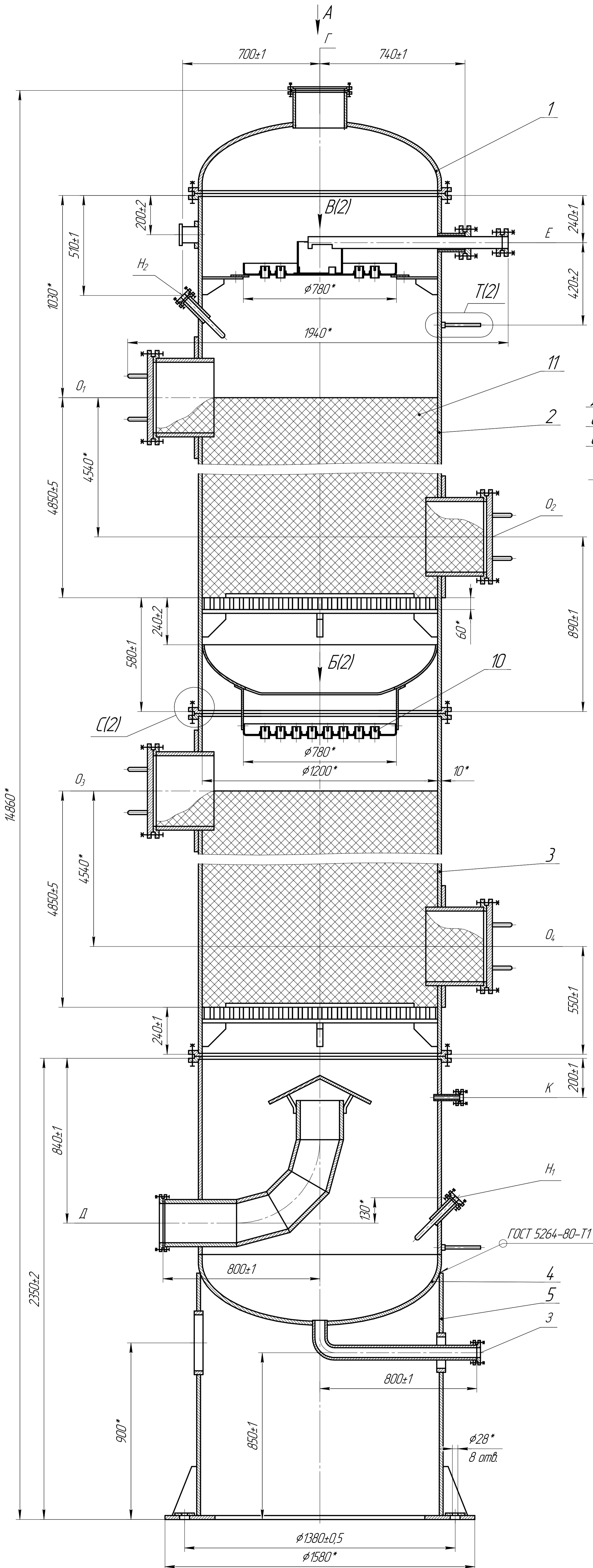
Условное обозначение	Графическое	Наименование среды в трубопроводе
Букв.		
	— 1 — 1 —	Вода
	— 2 — 2 —	Пар
	— 28 — 28 —	Конденсат
	— 30 — 30 —	Газ
	— 31 — 31 —	Очищенный газ
	— 32 — 32 —	Адсорбент

Обозначение	Наименование	Кол	Примечание
B	Вентилятор	1	
A	Адсорбер	4	
E1	Емкость для адсорбента	1	
X	Холодильник	1	
H1	Насос	1	
E2	Емкость для адсорбента	1	
H2	Насос	1	
TP	Теплообменник-рекуператор	1	
D	Десорбер	1	

				6.133.20.04.00.00.00 ТС		
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Установка абсорбционная	
Разраб.		Мусенко			Лит	Масса
Проб.		Бончицкий				Масштаб
Т.контр.					Лист	Листов 1
И.контр.					ШИ Сум ГУ	
Утв.						

Лист № 001  
Лист № 002  
Лист № 003  
Лист № 004  
Лист № 005  
Лист № 006  
Лист № 007  
Лист № 008  
Лист № 009  
Лист № 010  
Лист № 011  
Лист № 012  
Лист № 013  
Лист № 014  
Лист № 015  
Лист № 016  
Лист № 017  
Лист № 018  
Лист № 019  
Лист № 020  
Лист № 021  
Лист № 022  
Лист № 023  
Лист № 024  
Лист № 025  
Лист № 026  
Лист № 027  
Лист № 028  
Лист № 029  
Лист № 030  
Лист № 031  
Лист № 032  
Лист № 033  
Лист № 034  
Лист № 035  
Лист № 036  
Лист № 037  
Лист № 038  
Лист № 039  
Лист № 040  
Лист № 041  
Лист № 042  
Лист № 043  
Лист № 044  
Лист № 045  
Лист № 046  
Лист № 047  
Лист № 048  
Лист № 049  
Лист № 050  
Лист № 051  
Лист № 052  
Лист № 053  
Лист № 054  
Лист № 055  
Лист № 056  
Лист № 057  
Лист № 058  
Лист № 059  
Лист № 060  
Лист № 061  
Лист № 062  
Лист № 063  
Лист № 064  
Лист № 065  
Лист № 066  
Лист № 067  
Лист № 068  
Лист № 069  
Лист № 070  
Лист № 071  
Лист № 072  
Лист № 073  
Лист № 074  
Лист № 075  
Лист № 076  
Лист № 077  
Лист № 078  
Лист № 079  
Лист № 080  
Лист № 081  
Лист № 082  
Лист № 083  
Лист № 084  
Лист № 085  
Лист № 086  
Лист № 087  
Лист № 088  
Лист № 089  
Лист № 090  
Лист № 091  
Лист № 092  
Лист № 093  
Лист № 094  
Лист № 095  
Лист № 096  
Лист № 097  
Лист № 098  
Лист № 099  
Лист № 100

Обозн.	Наименование	Кол.	Проход условный D, мм	Давление условное P, МПа
Г	Выход газовой смеси	1	200	0,1
Д	Вход газовой смеси	1	200	0,1
Е	Вход жидкости	1	50	0,25
З	Выход жидкости из куба	1	50	0,25
К	Для манометра	1	25	16
Н-2	Для термометра ртутного	2	25	2,5
О1-4	Люк	6	360	0,25



Техническая характеристика

Аппарат предназначен для поглощения аммиака водой	
Параметр	
1. Число циклов нагружения сосуда за весь срок службы, не более	1000
2. Минимально допустимая рабочая температура стенки, °C	минус 20
3. Расчетная температура стенки, °C	
4. Наименование среды	воздух-аммиак-вода
5. Характеристика рабочей среды: - класс опасности (по ГОСТ 12.1.007) - пожароопасность (по ГОСТ 12.1.004) - взрывоопасность (по ГОСТ 12.1.011)	4
6. Номинальный объем, м <sup>3</sup>	
7. Группа аппарата (по ГСТУ 3-17-191-2000)	58
8. Срок службы аппарата, лет	15

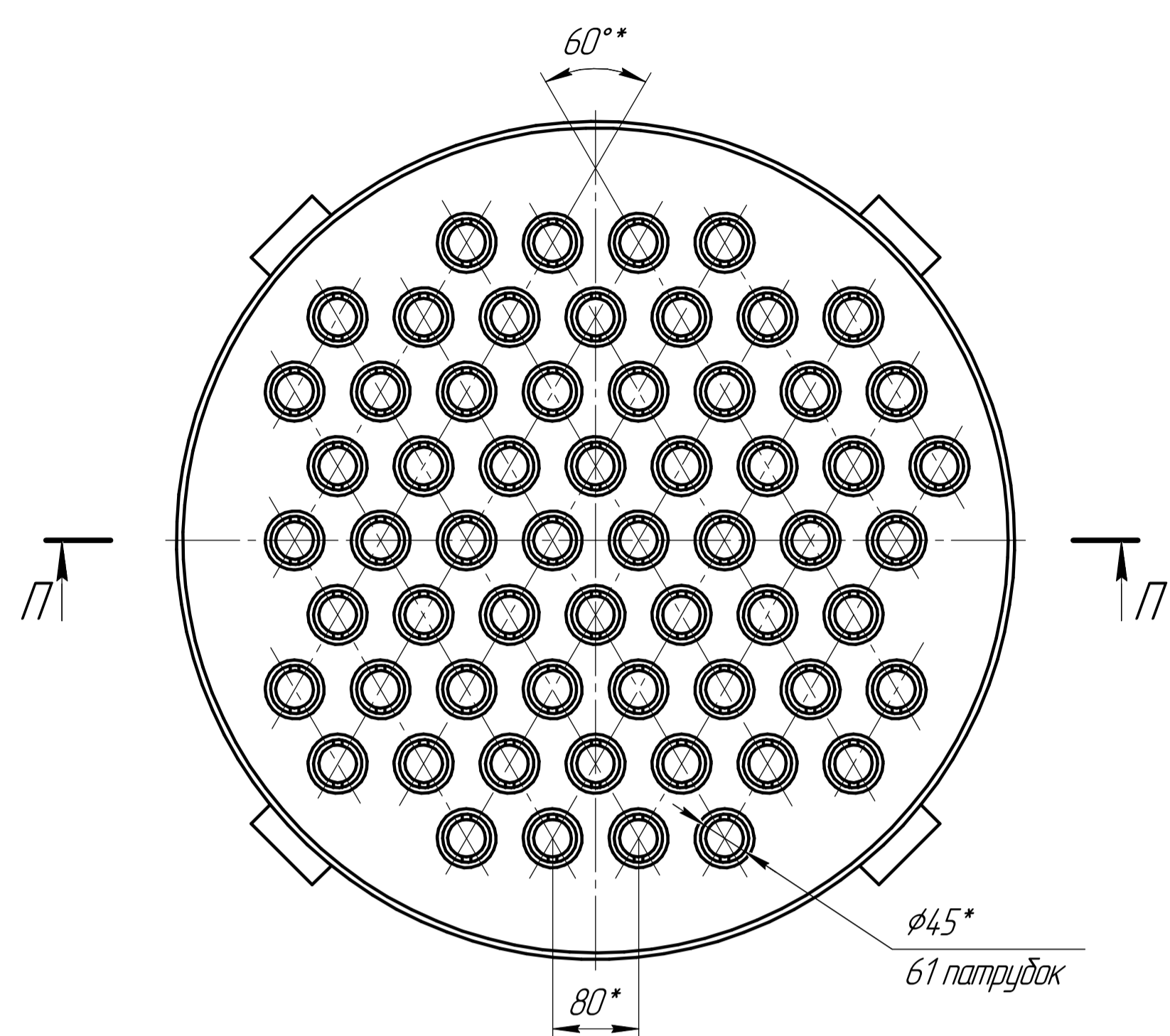
Технические требования

- Аппарат изготовить в соответствии с ГСТУ 3-17-191-2000 "Посудина 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)  $P_{пр} = Pa$  в горизонтальном положении или пневматическим МПа.
- Сварные швы составных фланцев проверить на герметичность давлением воздуха (или инертного газа)  $p=0,4...0,6$  МПа.
- Климатическое исполнение У. 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.

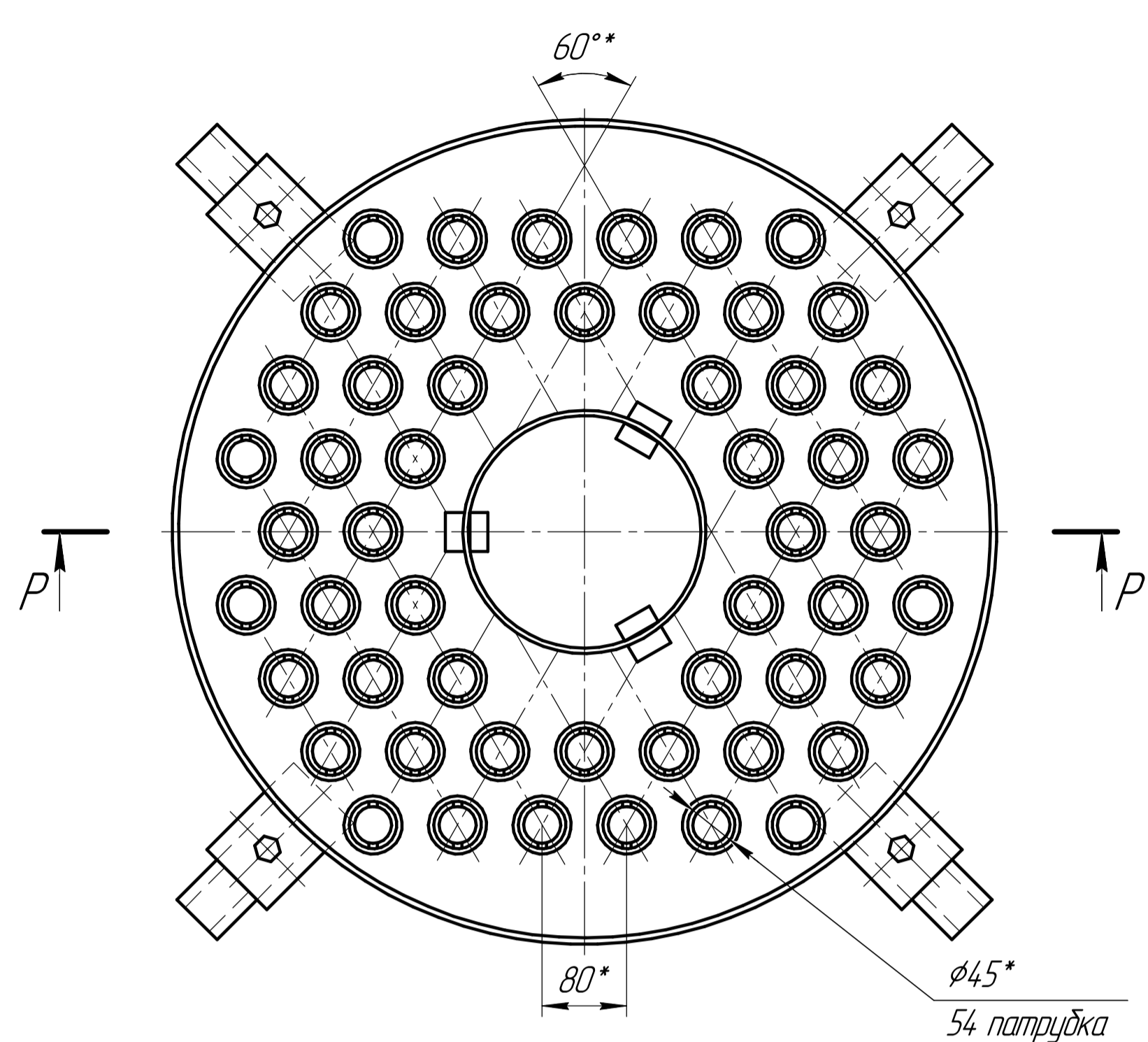
6.133.20.04.00.00.00 СБ			Лит	Масса	Масштаб
Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.	Мисенко				1:10
Проб.	Банишевский				
Т.контр.					
И.контр.					
Этб.					
Колонна абсорбционная Сварочный чертёж				Лист 1	Листов 2
				ШИ СУМ ГУ	

Лист № докум. 1  
Изд. № 01/01  
Листы в сборе  
Взам. инв. №  
Изм. № докум.  
Спецификация

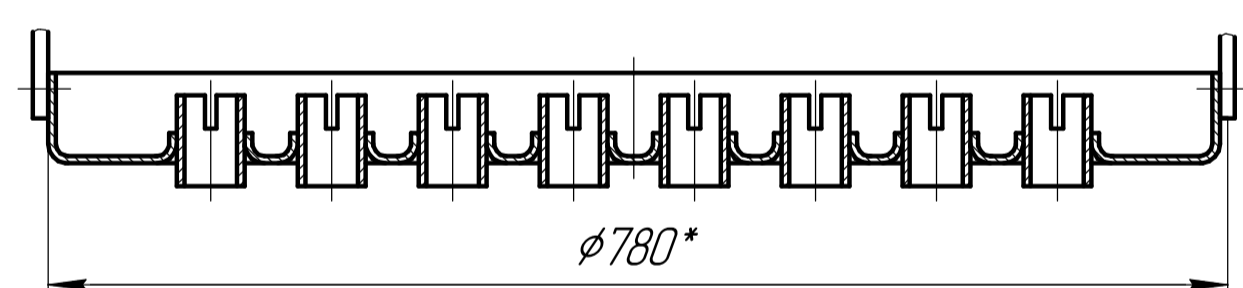
Б(1:5)(1)



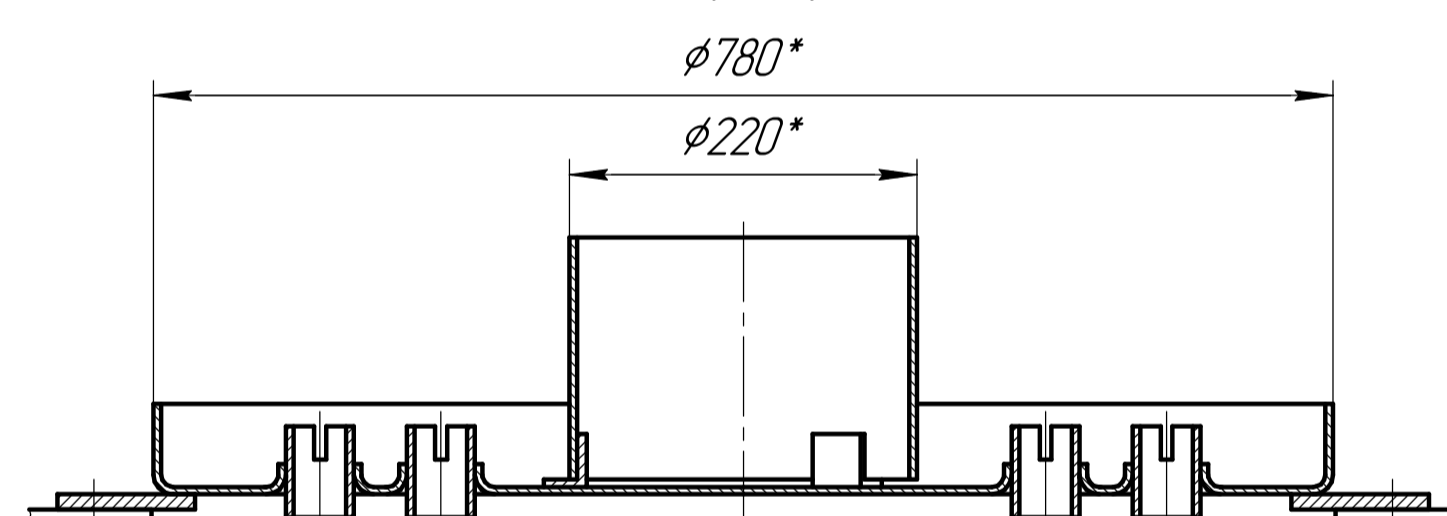
В(1:5)(1)



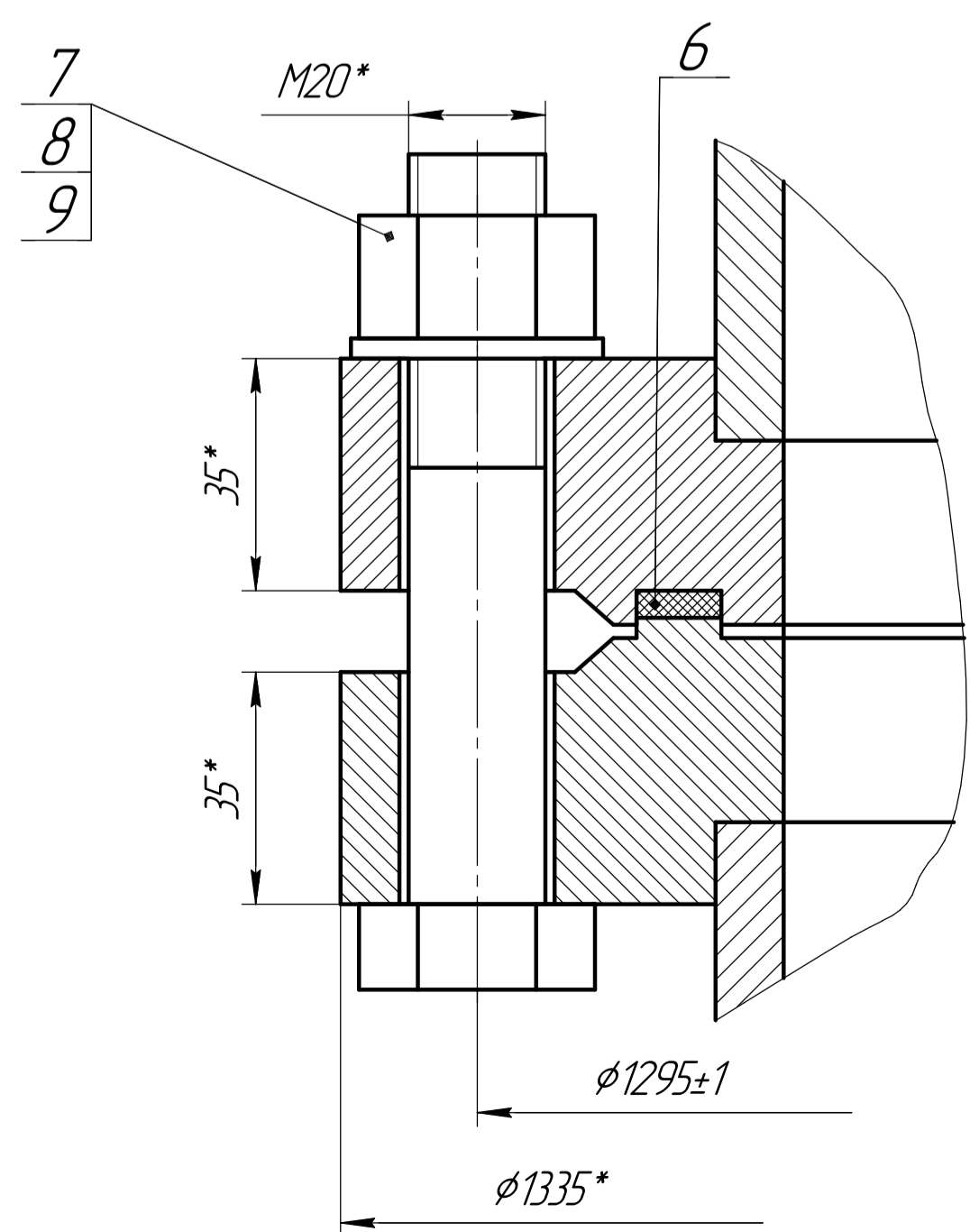
П-П(1:5)



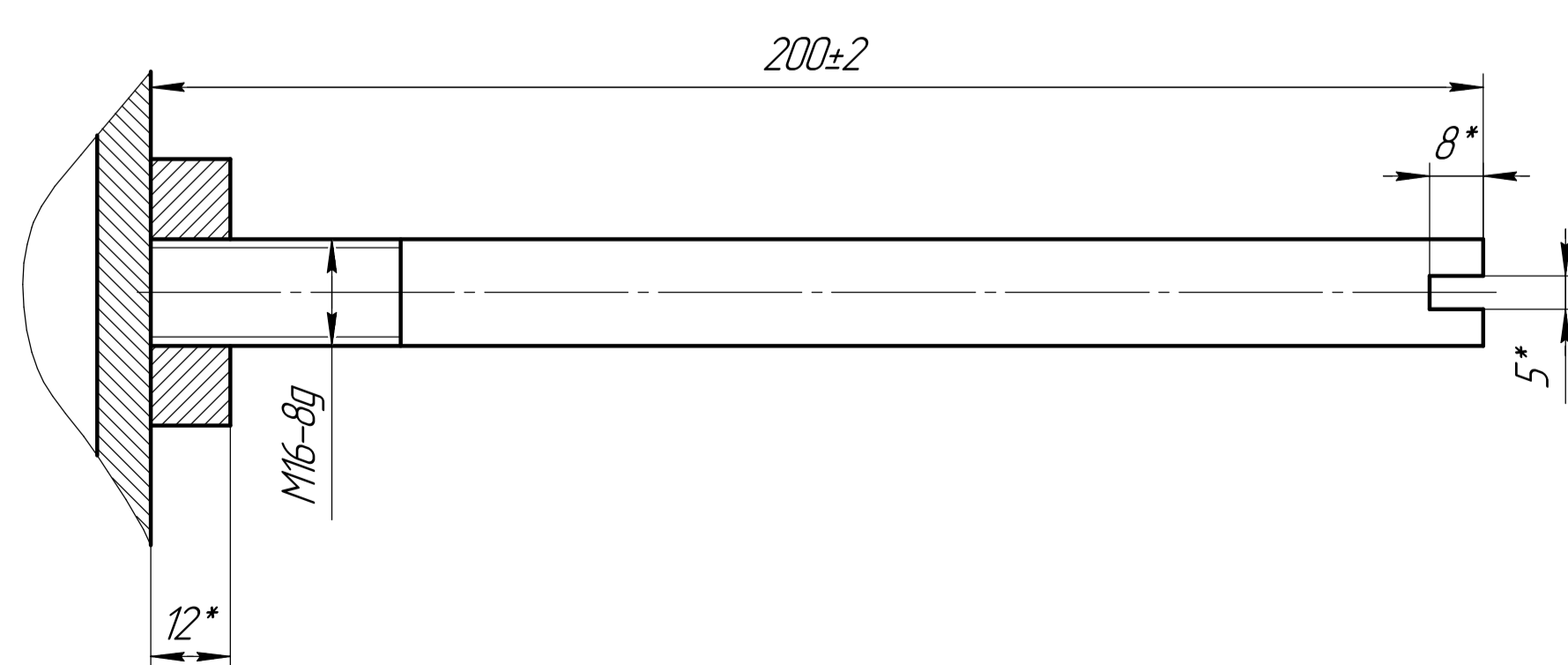
Р-Р(1:5)



С(1:1)(1)

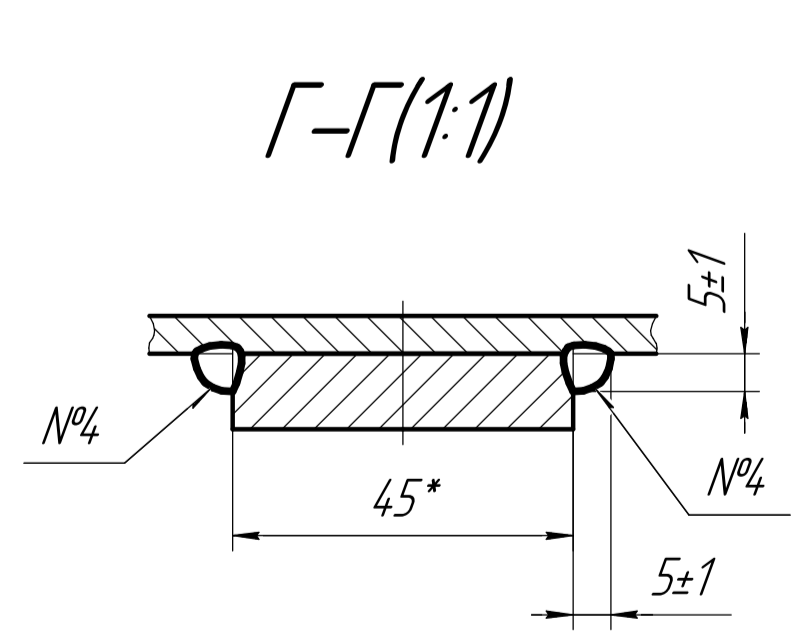
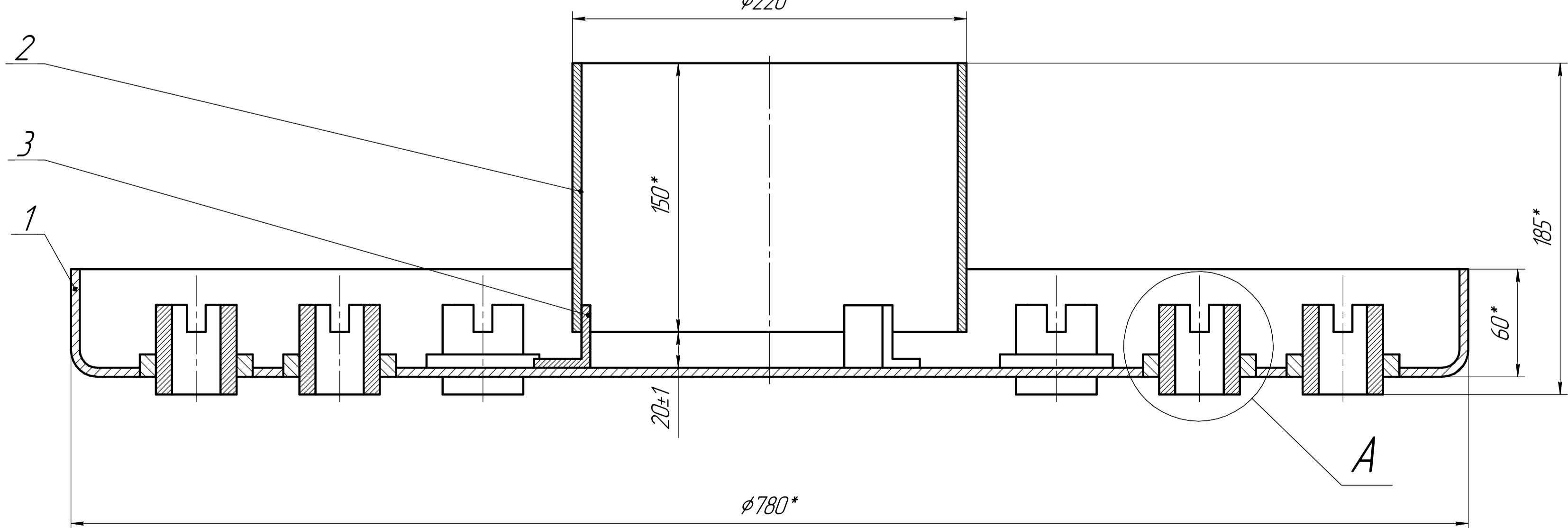
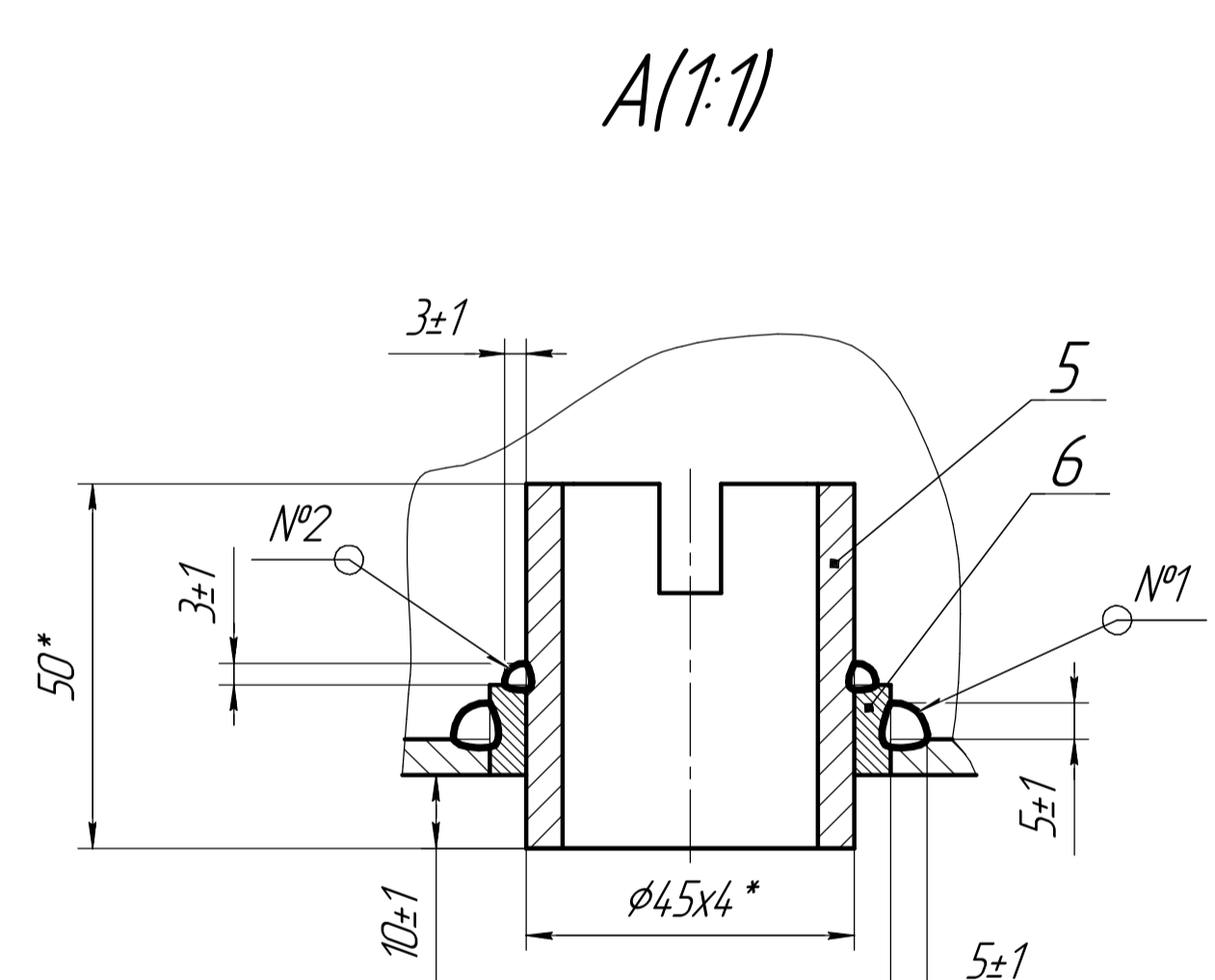
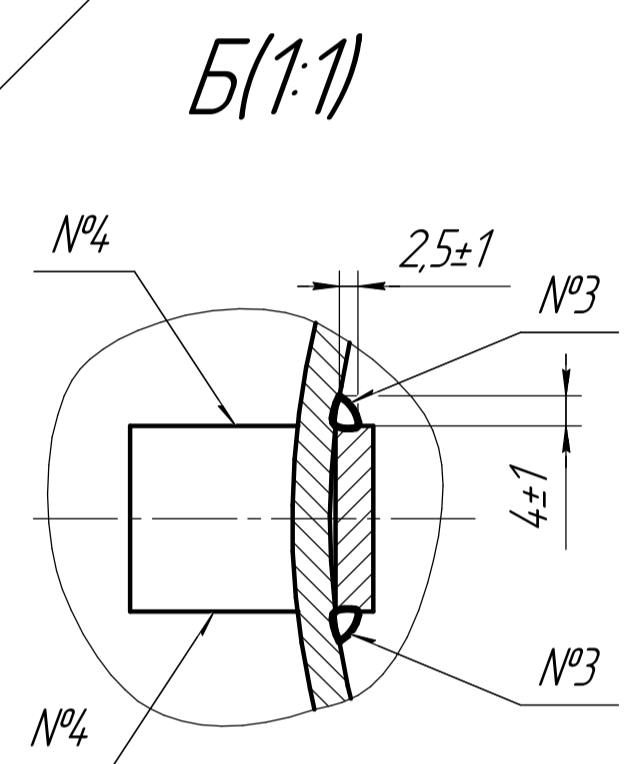
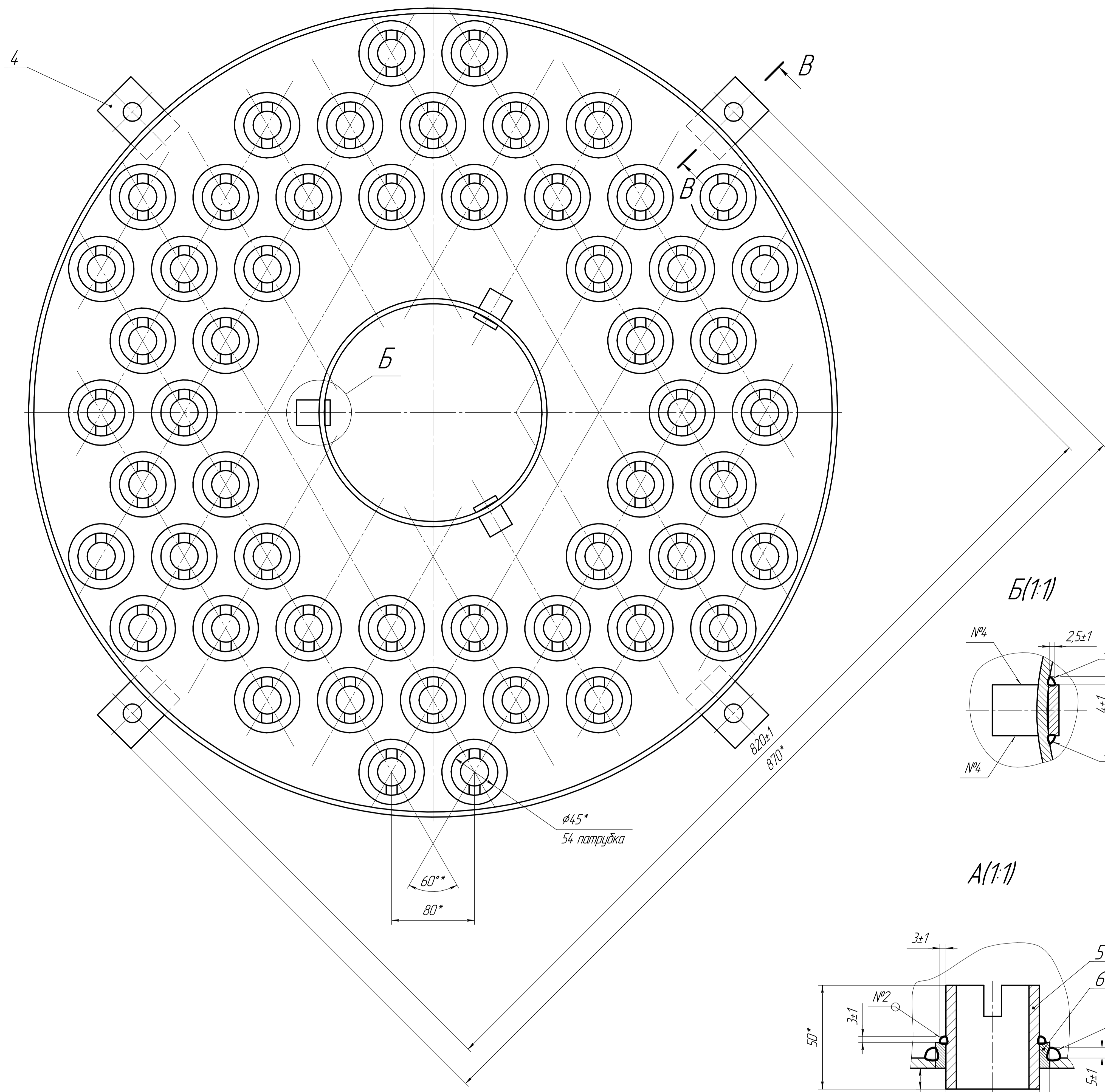


Т(1:1)(1)



Имя, № листа, Лист и дата, Вид, № детали, Лист и дата, Вид, № детали, Лист и дата, Вид, № детали, Лист и дата





B-B(1:1) O

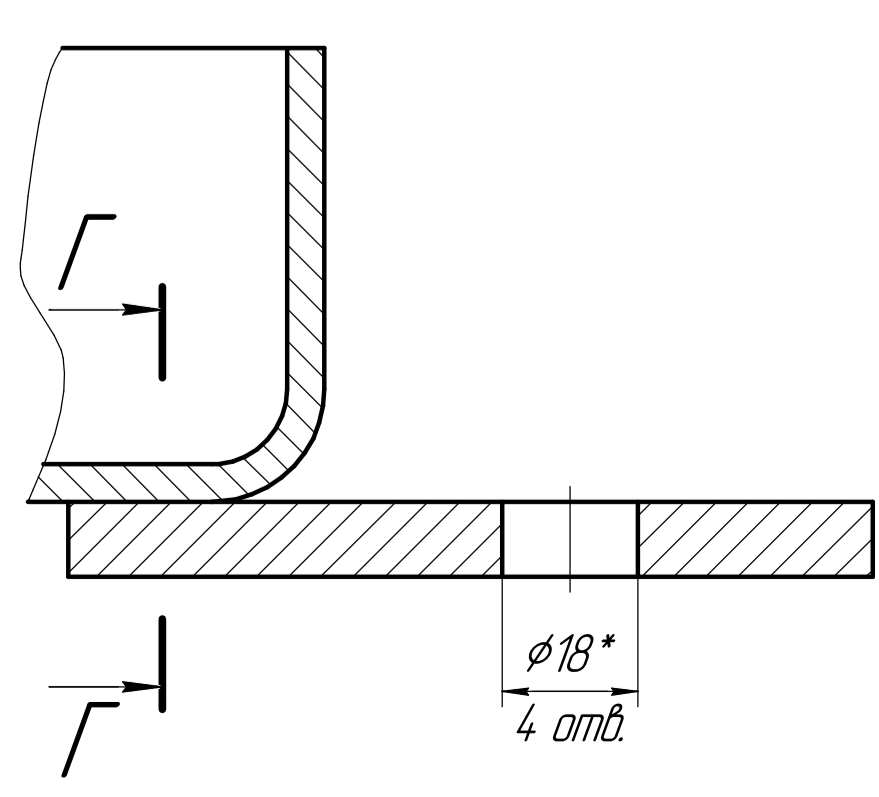


Таблица сварных швов

№ шва	Обозначение или способ сварки шва	Конструктивные элементы шва	Кол	Электрод или сварочная проволока (марка, тип, диаметр)
1	ГОСТ 5264-80-Т1	5	А	54 ЦЛ-11-5
2	ГОСТ 5264-80-Т1	3	А	54 ЦЛ-11-5
3	ГОСТ 5264-80-Н1	Б	6	ЦЛ-11-5
4	ГОСТ 5264-80-Н1	Г-Г	14	ЦЛ-11-5

1 \*Размеры для справок.

6.133.20.04.10.00.00 СБ				Лит	Масса	Масштаб
Изм/Лист	№ док-м	Подп.	Шта	Тарелка ТСН-11-1200		1:25
Разраб	Мисенко			Сборочный чертеж	Лист	Листов 1
Проб	Банишевский					
Т.контр.						
И.контр.						
Этап						

Лист № 1 из 1  
 Вид № 1  
 Вид № 2  
 Вид № 3  
 Вид № 4  
 Вид № 5  
 Вид № 6  
 Вид № 7  
 Вид № 8  
 Вид № 9  
 Вид № 10  
 Вид № 11  
 Вид № 12  
 Вид № 13  
 Вид № 14  
 Вид № 15  
 Вид № 16  
 Вид № 17  
 Вид № 18  
 Вид № 19  
 Вид № 20  
 Вид № 21  
 Вид № 22  
 Вид № 23  
 Вид № 24  
 Вид № 25  
 Вид № 26  
 Вид № 27  
 Вид № 28  
 Вид № 29  
 Вид № 30  
 Вид № 31  
 Вид № 32  
 Вид № 33  
 Вид № 34  
 Вид № 35  
 Вид № 36  
 Вид № 37  
 Вид № 38  
 Вид № 39  
 Вид № 40  
 Вид № 41  
 Вид № 42  
 Вид № 43  
 Вид № 44  
 Вид № 45  
 Вид № 46  
 Вид № 47  
 Вид № 48  
 Вид № 49  
 Вид № 50  
 Вид № 51  
 Вид № 52  
 Вид № 53  
 Вид № 54  
 Вид № 55  
 Вид № 56  
 Вид № 57  
 Вид № 58  
 Вид № 59  
 Вид № 60  
 Вид № 61  
 Вид № 62  
 Вид № 63  
 Вид № 64  
 Вид № 65  
 Вид № 66  
 Вид № 67  
 Вид № 68  
 Вид № 69  
 Вид № 70  
 Вид № 71  
 Вид № 72  
 Вид № 73  
 Вид № 74  
 Вид № 75  
 Вид № 76  
 Вид № 77  
 Вид № 78  
 Вид № 79  
 Вид № 80  
 Вид № 81  
 Вид № 82  
 Вид № 83  
 Вид № 84  
 Вид № 85  
 Вид № 86  
 Вид № 87  
 Вид № 88  
 Вид № 89  
 Вид № 90  
 Вид № 91  
 Вид № 92  
 Вид № 93  
 Вид № 94  
 Вид № 95  
 Вид № 96  
 Вид № 97  
 Вид № 98  
 Вид № 99  
 Вид № 100