

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: Установка розділу суміші «ацетон-бензол». Ректифікаційна колона потужністю 7500 кг/годину по бензолу.

Виконав студент

Демченко В.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: Демченко В.В.

група ХМз-61ш курс IV

1. **Тема курсової роботи:** «Установка розділу суміші «ацетон-бензол».

Ректифікаційна колона потужністю 7500 кг/годину по бензолу»

2. **Вихідні дані:** Продуктивність 7500 кг/год, Вміст легко літаючого компонента вихідної суміші 28% (мол.), в дистилаті 92% (мол.), в кубовому залишку 3%.

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

3.1 Загальний вигляд 2,5хА1;

3.2 Технологічна схема А2;

3.3 Складальні креслення 2хА2.

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: 59 с, 9 рисунки, 3 табл., 13 література.

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

Тема: Установка розділу суміші «ацетон-бензол». Ректифікаційна колона потужністю 7500 кг/годину по бензолу.

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

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

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

Описаний монтаж і ремонт апарату та охорона праці.

Ключові слова: АПАРАТ, КОРПУС, РЕКТИФІКАЦІЯ, КОЛОНА, АЦЕТОН, БЕНЗОЛ.

Зміст

Вступ.....	5
1 Технологічна частина.....	6
1.1 Опис технологічної схеми виробництва.....	6
1.2 Теоретичні основи процесу ректифікації	8
1.3 Опис конструкції колони і вибір матеріалів.....	10
2 Технологічні розрахунки процесу і апарату	16
2.1 Матеріальний баланс процесу.....	16
2.2 Технологічні розрахунки	17
2.3 Конструктивні розрахунки	24
2.4 Гідравлічний опір апарата	27
2.5 Тепловий баланс установки.....	29
2.6 Вибір допоміжного обладнання	32
3 Розрахунок апарату на міцність та герметичність	36
3.1 Расчет толщины стенки корпуса и крышки.....	36
3.2 Розрахунок фланцевого з'єднання	38
3.3 Розрахунок опори.....	47
4 Монтаж і ремонт апарату.....	49
4.1 Монтаж колони	49
4.2 Проведення ремонтних робіт	52
5 Охорона праці.....	54
5.1 Аналіз потенційних небезпек, під час експлуатації обладнання.....	54
5.2 Токсичні характеристики розділених компонентів	55
5.3 Розрахунок освітлення.....	56
Висновки.....	58
Література.....	59

					6.133.20.02.00.00.00 ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка					
Розроб.		Демченко						Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Банишевський						4	59	
Реценз.								ШІ Сум ДУ		
Н. Контр.										
Затверд.										

Вступ

Розрахунок колонних апаратів виконується з метою визначення технологічного режиму процесу, основних розмірів апарату і його внутрішніх пристроїв, які забезпечують задану чіткість поділу вихідної сировини при заданій продуктивності. Технологічний режим процесу визначається робочим тиском в апараті, температурами всіх зовнішніх потоків, питомою витратою тепла на часткове випаровування залишку і холоду на конденсацію парів у верхній частині колони, флегмовое числом або витратою рідини підпитування. Основними розмірами апарату є його діаметр і висота, що залежать головним чином від типу контактної пристрою в колоні.

Розрахунок умовно розділяється на дві частини з метою систематизації та вибору найбільш раціональної схеми розрахунку процесів і апаратів. До першої належить визначення параметрів процесу поділу, контролюючих якість одержуваних продуктів - показників технологічного режиму; до другої - визначення параметрів процесу, які контролюють продуктивність колони, т. е. основних розмірів колони і її внутрішніх пристроїв. Перша частина називається технологічним розрахунком процесів і апаратів, оскільки основним його змістом є визначення технологічного режиму поділу; друга частина називається конструктивним розрахунком апаратів, оскільки основні розміри апарату визначаються на основі гідравлічних залежностей взаємодії двофазних потоків пар - рідина.

Оптимальний розрахунок процесів і апаратів виконується шляхом одночасного вирішення всіх рівнянь, що описують процес поділу і визначають основні розміри апарату.[1]

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

1 Технологічна частина

1.1 Опис технологічної схеми виробництва

Принципова схема ректифікаційної установки показана на рисунку 1. Початкова суміш надходить в проміжну ємність поз. 7, потім з проміжної ємності поз.7 відцентровим насосом поз.11 подається в теплообмінник підігрівача поз.4, де підігрівається до температури кипіння. Нагріта суміш надходить в колону ректифікації поз.1 на розподільчу тарілку.

Стікаючи вниз по колоні, рідина взаємодіє з піднімаючою вгору парою, що утворюється при кипінні кубової рідини в кип'ятильник поз.3. Початковий склад пара приблизно дорівнює складу кубового залишку x_w , тобто, збіднений легколетучим компонентом. Для більш повного збагачення верхню частину колони зрошують відповідно до заданого флегмового числа рідини (флегмою) складу x_p , яка входить в дефлегматор поз.2 шляхом конденсації пара, що виходить з колони. Частина конденсату виводиться з дефлегматора у вигляді готового продукту поділу - дистилляту, який охолоджується в теплообміннику (холодильнику) поз.5 і направляється в проміжну ємність поз.8. З кубової частини колони насосом поз.13 безперервно виводиться кубова рідина - продукт, збагачений важколетучим компонентом, який охолоджується в теплообміннику (холодильнику) поз.6 і направляється в ємність поз.9.

Таким чином, в ректифікаційній колоні здійснюється безперервний нерівномірний процес поділу вихідної бінарної суміші на дистиллят з високим вмістом легколетучого компонента і кубовий залишок, збагачений важколетучим компонентом.[4]

					6.133.20.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

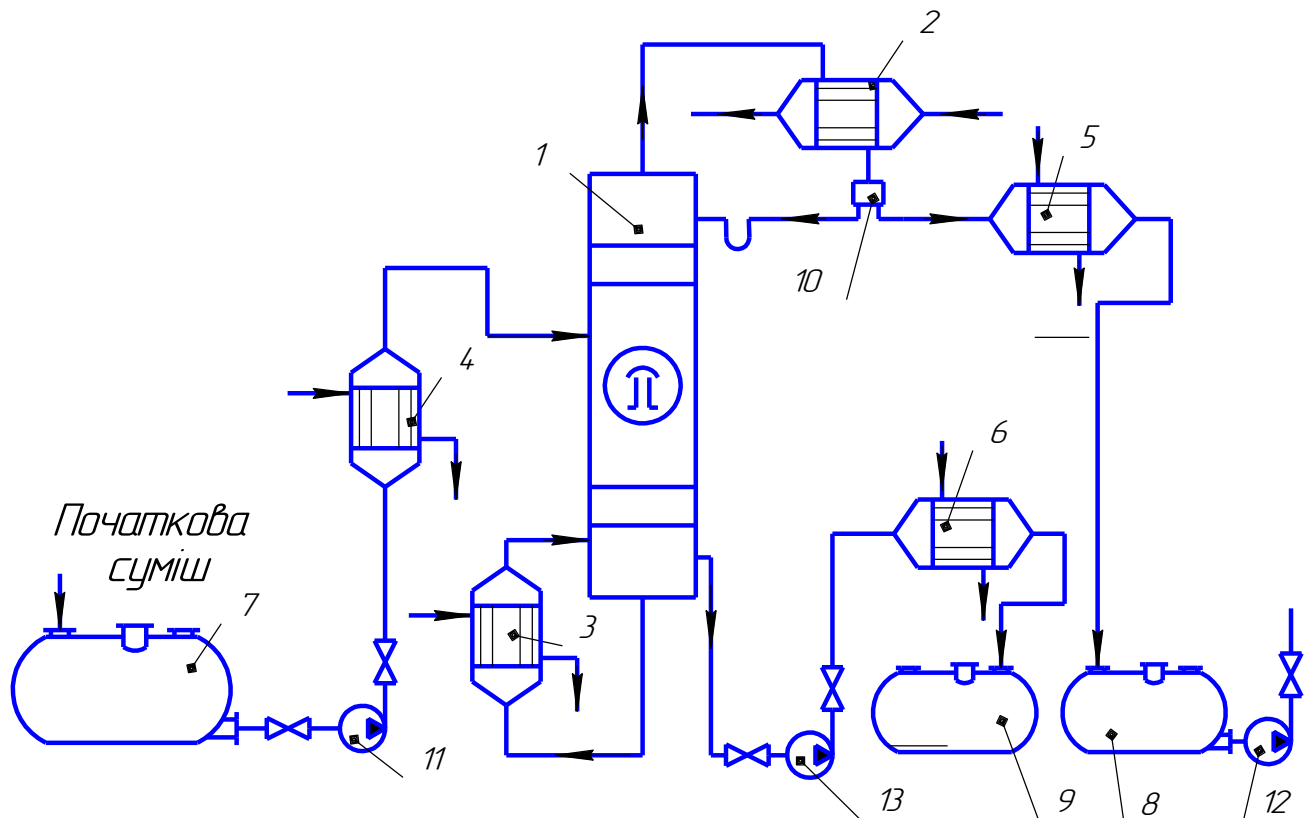


Рисунок 1 – Технологічна схема ректифікаційної установки.

- 1 - колона ректифікації,
- 2 - дефлегматор (конденсатор),
- 3 - кип'ятильник,
- 4 - теплообмінник - підігрівач,
- 5 - холодильник дистиляту,
- 6 - холодильник кубової рідини,
- 7 - ємність для початкової суміші,
- 8 - ємність для збору дистиляту,
- 9 - ємність для кубової рідини,
- 10 - розподільник,
- 11, 12, 13 - насоси

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

6.133.20.02.00.00.00 ПЗ

Арк.

7

1.2 Теоретичні основи процесу ректифікації

Розглядаючи взаємодію пара і рідини в ректифікаційній колоні, зробимо такі припущення:

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

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

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

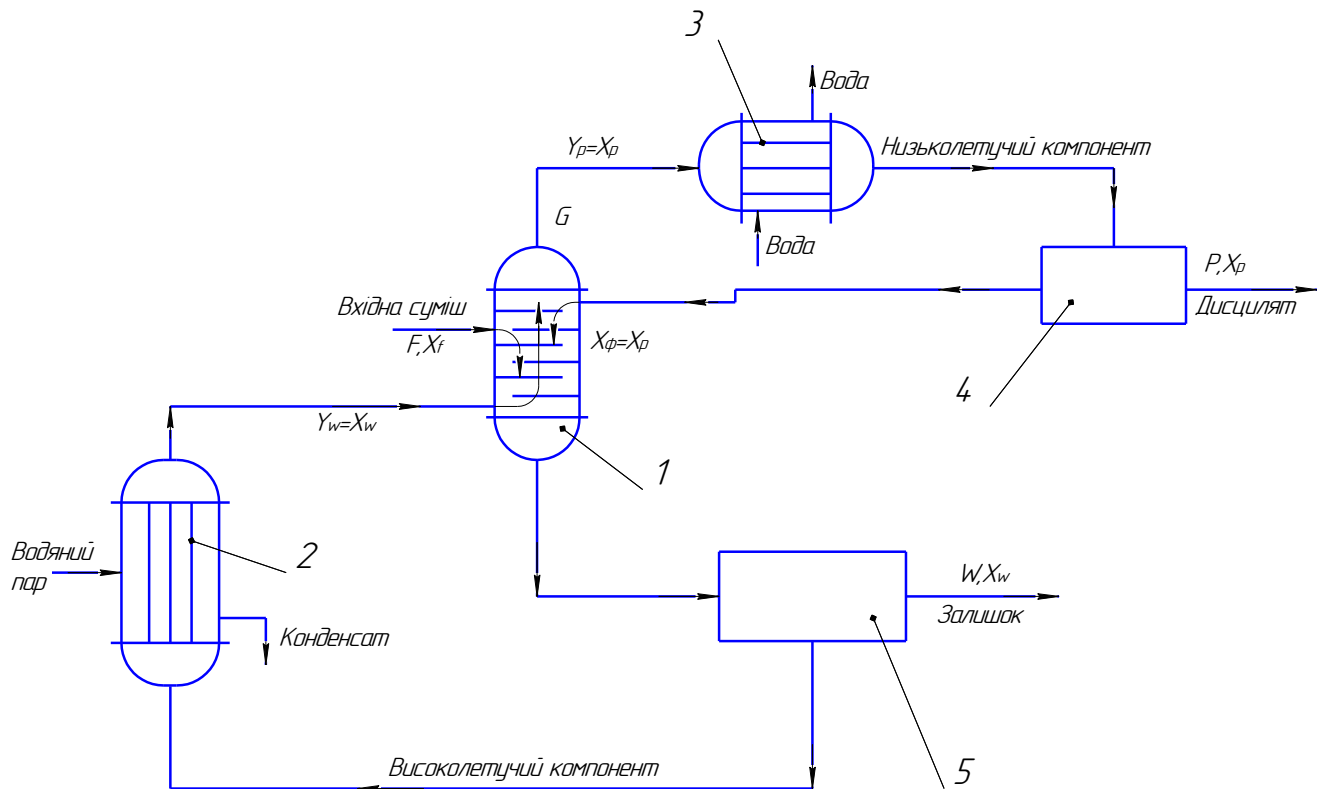


Рис. 2 Схема роботи ректифікаційної колони

- 1 - Ректифікаційна колона, 2 – кип'ятильник, 3 – конденсатор,
4 – холодильник дистилляту, 5 – холодильник кубової рідини.

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

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

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

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

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

чи

$$D = R + 1$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

чи

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

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

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

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

чи

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

Де F – кількість вхідної суміші.

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

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

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

звідси

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

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

1.3 Опис конструкції колони і вибір матеріалів

Ректифікаційні колони, в залежності від їх внутрішнього устрою для розподілу стікаючої флегми і висхідних парів поділяються на ковпачкові, сітчасті і насадочні. Колона є вертикальний циліндр, виготовлений зі сталі, чавуну або кераміки і складається з декількох царг, з'єднаних герметично за допомогою рознімних фланців. Більшість колон цільно зварні.

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

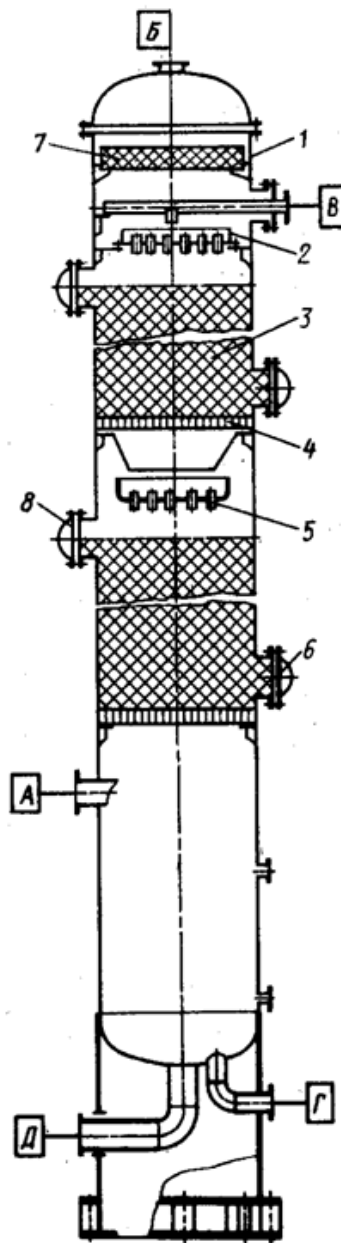


Рис. 3. Схема насадочної ректифікаційної колони
 1. Корпус, 2. Розподільча тарілка, 3. Насадка,
 4. Опорні решітки, 5. Перерозподільна тарілка,
 6, 8, Люки, 7. Відбійні пристрої, А, Б, В, Г, Д штуцери.

У перегінному кубі за рахунок підведення тепла відбувається випаровування бінарної суміші. Парі суміші піднімаються в ректифікаційній колоні, а назустріч їм з дефлегматора стікає деяка частина дистилату, яка носить назву флегми. Парі на виході з ректифікаційної колони надходять в дефлегматор, в якому вони частково конденсуються за рахунок віддачі тепла подається в нього холодильного агента. Парожидкісна емульсія надходить в сепаратор; в ньому відбувається відділення пари від рідини. Відсепарований

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

6.133.20.02.00.00.00 ПЗ

Арк.

11

пар надходить в конденсатор де він повністю конденсується і у вигляді готового продукту (ректифікату) надходить в збірний бак.

Процес тепло - і масообміну на контактує поверхні протікає в наступному порядку: рідина (флегма), що виходить в сепараторі вступає в контакт з парами, що надходять з попередньої по ходу пара контактує поверхні; при цьому відбувається часткова конденсація парів і подальша їх сепарація, в результаті якої з частини пара утворюється флегма. Ця флегма по насадці переміщається на контактує поверхні і вступає в контакт з парами цього рівня і інш.

Таким чином, ректифікація являє собою процесу тепло-і масообміну при безпосередньому змішуванні рідкої суміші (флегми) з парами при їх багаторазової часткової конденсації і сепарації. В процесі ректифікації флегма, опускаючись і вступаючи в тепло - і масообмін з парами, що піднімаються по колоні, випаровується за рахунок тепла конденсації парів і при цьому збіднюється легко кип'ячим компонентом, але збагачується висококиплячим компонентом за рахунок часткової конденсації парів; пари ж навпаки, піднімаючись, збагачуються легко киплячим компонентом за рахунок випаровування його з флегми і збіднюються висококиплячим компонентом.

У насадочних колонах насадка складається з кілець Рашига або Паля (металевих, фарфорових, керамічних), пустотілих кульок, дробленого коксу, кварцу та інших матеріалів. Вибір форми насадки і матеріалу її диктується в кожному окремому випадку фізико-хімічними властивостями, що розділяється рідина суміш в умовами ректифікації.

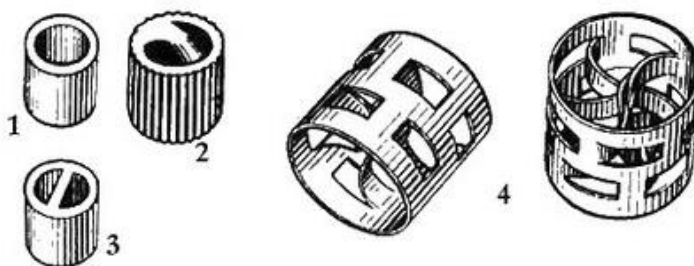


Рис. 4 Насадки ректифікаційної колони

1 – кільця Рашига 2 - спіральні, 3 – з перегородками, 4 – кільця Паля

Для успішної роботи насадок колон слід прагнути у всіх випадках до можливо більш рівномірному розподілу стікаючої рідини по всьому перетину колони. Такому розподілу рідини сприяють однорідність форми і розмірів насадки, максимально можлива швидкість висхідного потоку пара, а також строго вертикальна установка самої колони. Досліди показали, що спочатку досягнута рівномірність розподілу рідини поступово порушується в міру стікання її, так як пар прагне відтіснити рідину до периферії і зайняти

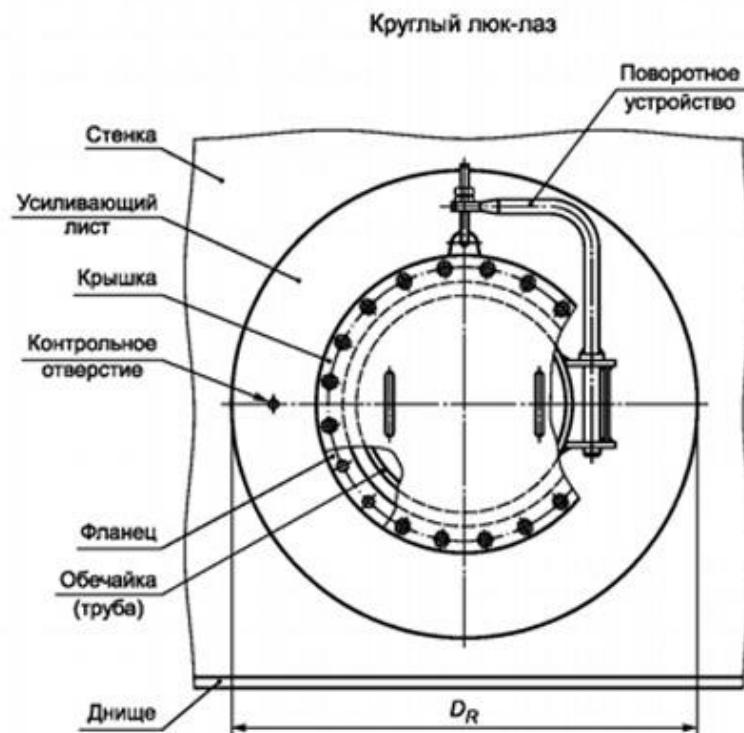
центральну зону шару насадки. Для боротьби з цим явищем в колонах з високим шаром насадки останній розбивають на декілька шарів меншої висоти, відокремлених один від одного вільним, незаповненим простором. Крім того, над кожним шаром насадки встановлюють перерозподільні тарілки, що створюють більш рівномірне зрошення насадки і забезпечують рівномірний розподіл пара по перетину колони.

По конструкції 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.



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

6.133.20.02.00.00.00 ПЗ

Арк.

13

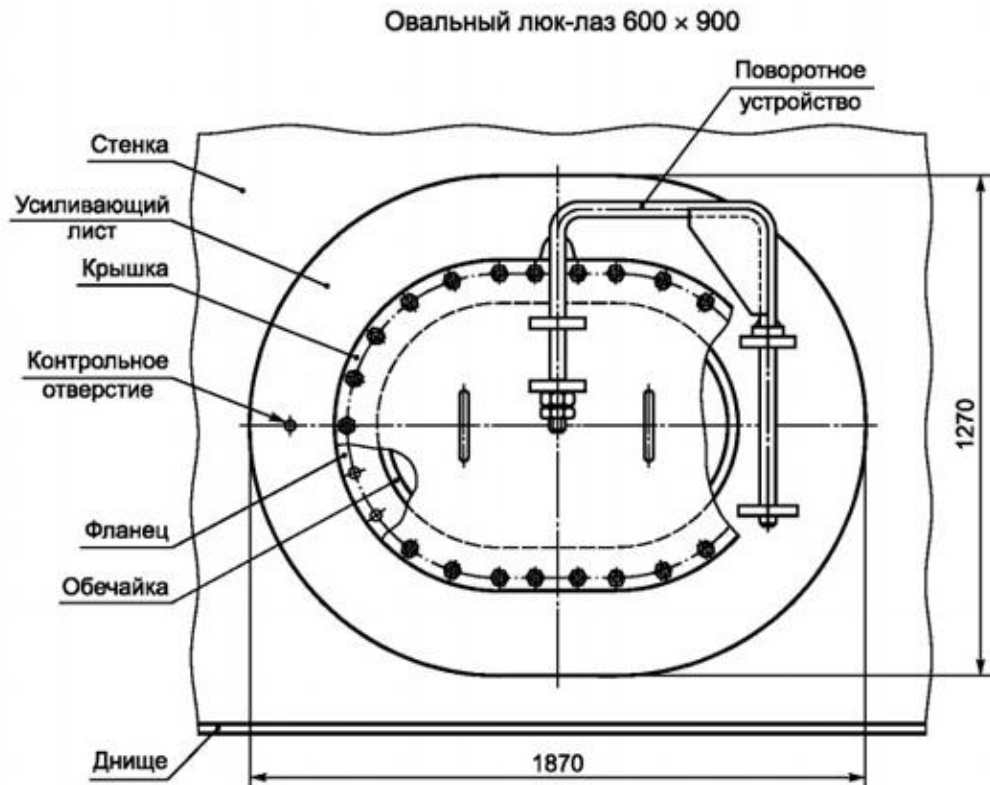


Рис.5 - Люки-лази в стінках колон

У конструкціях опор колонних апаратів необхідно передбачати лази або вікна для огляду зварних швів і полегшення обслуговування. Для колон діаметром 800 мм і більше лази повинні бути діаметром не менше 500 мм.

Вибір конструкційного матеріалу, який визначається умовою експлуатації проектованого елемента, вузла або апарата (температура, тиск, величина навантаження, характер агресивного впливу середовища, вимоги до якості, що переробляється продукту та інше.), Слід виконувати так, щоб при низькій вартості і не дефіцитності матеріалу забезпечувати ефективну технологію виготовлення елемента (вироби).[1]

У цьому проекті здійснюється технологічний процес із застосуванням продукту з підвищеним вимогою до його якості в частині відсутності домішок, то для забезпечення умов роботи апарату прийнята корозійностійка сталь аустенітного класу 12X18Н10Т ГОСТ 5632-80. Сталь характеризується гарною корозійною стійкістю в середовищі, рекомендується застосовувати в температурному інтервалі - 256 ° С до + 525 ° С для корпусних елементів, до 600 ° С - для внутрішніх пристроїв без обмеження тиску. Сталь технологічна, 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

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

6.133.20.02.00.00.00 ПЗ

Арк.

14

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, з огляду на, те що механічна обробка конструктивних елементів апарату здійснюється тільки за місцем стику зварюваних елементів конструкції, то цей фактор не має істотного впливу в цілому на вартість виготовлення апарату.

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

Таблиця 1.2 - Хімічний склад і механічні властивості сталі 20

C, %	Mn, %	Si, %	Cr, %	Ni, %	Cu, %	As, %	S, %	P, %	E·10 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 і апарату

2.1 Матеріальний баланс процесу

Висловимо концентрації підживлювання, дистилляту і кубового залишку в масових частках

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

$$\bar{x}_F = \frac{0,28 \cdot 58}{0,28 \cdot 58 + (1 - 0,28) \cdot 78} = 0,224,$$

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

$$\bar{x}_D = \frac{0,92 \cdot 58}{0,92 \cdot 58 + (1 - 0,92) \cdot 78} = 0,895,$$

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

$$\bar{x}_W = \frac{0,03 \cdot 58}{0,03 \cdot 58 + (1 - 0,03) \cdot 78} = 0,022,$$

де $M_A = 58$ кг/кмоль $M_B = 78$ кг/кмоль – мольні маси ацетону і бензолу відповідно.

З рівнянь матеріального балансу визначимо масові витрати дистилляту і кубового залишку

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

$$G_D = 7500 \cdot \frac{0,224 - 0,022}{0,895 - 0,022} = 1249,5 \text{ кг/ч},$$

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

$$G_W = 7500 \cdot \frac{0,895 - 0,224}{0,895 - 0,022} = 4150,5 \text{ кг/ч}.$$

					<i>6.133.20.02.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Технологічні розрахунки

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

Таблиця 2.1.

x	0	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
y	0	14	24,3	40	51,2	59,4	66,5	73	79,5	86,3	93,2	100
t	80,1	78,3	76,4	72,8	69,6	66,7	64,3	62,4	60,7	59,6	58,8	56,1

За даними таблиці 2.1 будемо криву рівноваги суміші ацетон-бензол.

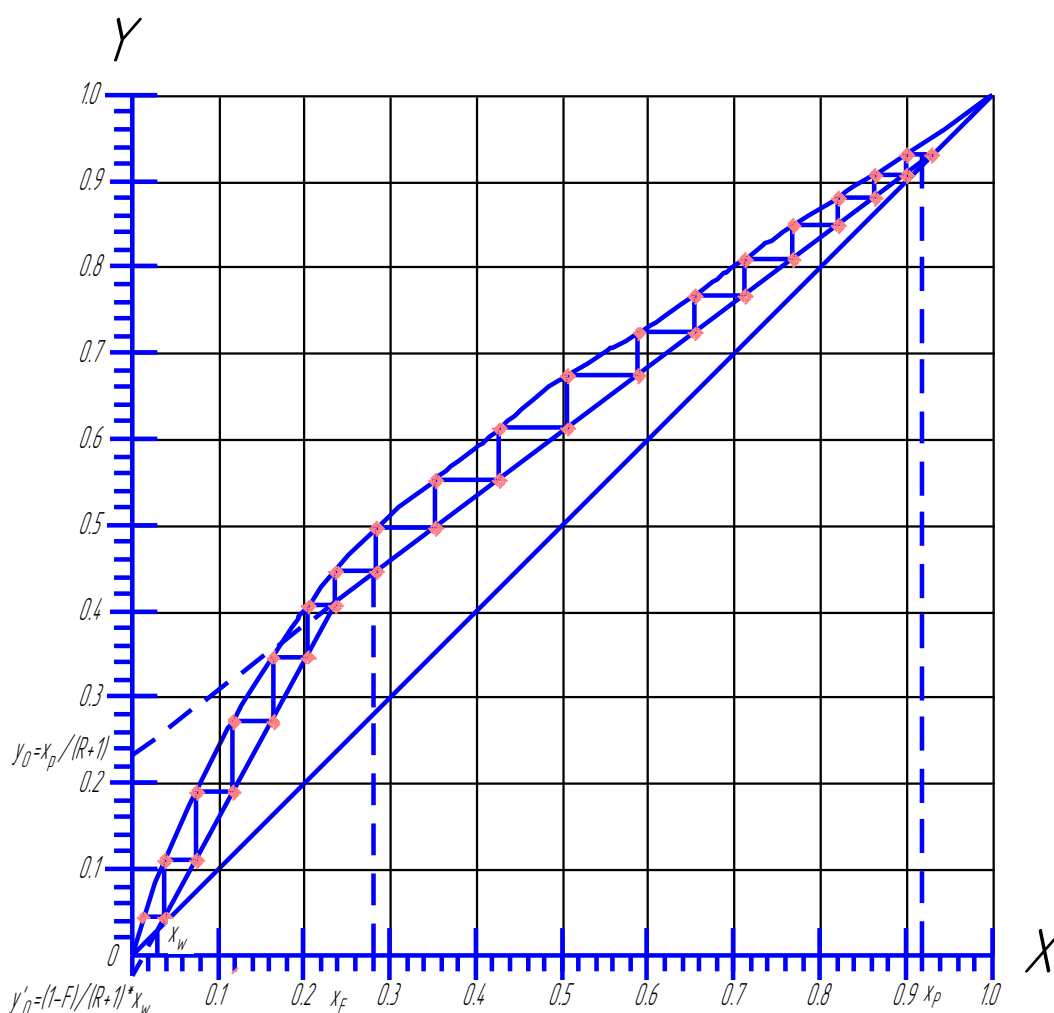


Рисунок 6 - Графічне визначення числа теоретичних тарілок
Відносна мольна витрата живильника

$$F = \frac{x_D - x_W}{x_F - x_W}, \quad (2.5)$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

6.133.20.02.00.00.00 ПЗ

Арк.

17

$$F = \frac{0,92 - 0,03}{0,28 - 0,03} = 3,56.$$

Визначаємо мінімальне число флегми [2, 7.10]

$$R_{\text{мин}} = \frac{x_D - y_F}{y_F - x_F}, \quad (2.5)$$

$$R_{\text{мин}} = \frac{0,92 - 0,448}{0,448 - 0,28} = 2,81,$$

де $y_F = 0,448$ – мольна частка бензолу в парі, рівноважному з рідиною підживлювання, що визначається по діаграмі у-х.

Робоче число флегми

$$R = 1,3 \cdot R_{\text{мин}} + 0,3, \quad (2.5)$$

$$R = 1,3 \cdot 2,81 + 0,3 = 3,953.$$

Рівняння робочих ліній:
верхній частині колони

$$y = \frac{R}{R+1} \cdot x + \frac{x_D}{R+1}; \quad (2.6)$$

$$y = \frac{3,953}{3,953+1} \cdot x + \frac{0,92}{3,953+1} = 0,798 \cdot x + 0,186;$$

нижній частині колони

$$y = \frac{R+F}{R+1} \cdot x - \frac{F-1}{R+1} \cdot x_w, \quad (2.7)$$

$$y = \frac{3,953+3,56}{3,953+1} \cdot x - \frac{3,56-1}{3,953+1} \cdot 0,022 = 1,517 \cdot x - 0,011.$$

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

Наносимо на діаграму положення робочих ліній. Відклавши на осі ординат 0,251 (25,1%), наносимо робочу лінію АВ для верхньої частини колони. Через точки А і С проводимо робочу лінію для нижньої частини колони.

Середні концентрації рідини:
у верхній частині колони

$$X_{\text{ср.в}} = \frac{X_F + X_D}{2} \quad (2.8)$$

$$x_{\text{ср.в}} = \frac{0,28 + 0,92}{2} = 0,6;$$

у нижній частині колони

$$X_{\text{ср.н}} = \frac{X_F + X_W}{2}; \quad (2.8)$$

$$x_{\text{ср.н}} = \frac{0,28 + 0,03}{2} = 0,155;$$

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

$$y_{\text{ср.в}} = 0,733 \cdot x_{\text{ср.в}} + 0,251; \quad (2.8)$$

$$y_{\text{ср.в}} = 0,798 \cdot 0,6 + 0,186 = 0,665;$$

у нижній частині колони

$$y_{\text{ср.н}} = 1,567 \cdot x_{\text{ср.н}} - 0,016, \quad (2.8)$$

$$y_{\text{ср.н}} = 1,517 \cdot 0,155 - 0,011 = 0,224.$$

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

$$\text{при } y_{\text{ср.в}} = 0,665 \quad t_{\text{ср.в}} = 63^\circ\text{C};$$

$$\text{при } y_{\text{ср.н}} = 0,224 \quad t_{\text{ср.н}} = 75^\circ\text{C}.$$

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

Середні мольні маси і щільності пари:
у верхній частині колони

$$M_{\text{ср.в}} = y_{\text{ср.в}} \cdot M_A + (1 - y_{\text{ср.в}}) \cdot M_B; \quad (2.8)$$

$$M_{\text{ср.в}} = 0,665 \cdot 58 + (1 - 0,665) \cdot 78 = 64,7 \text{ кг/кмоль};$$

$$\rho_{\text{ср.в}} = \frac{M_{\text{ср.в}} \cdot T_0}{22,4 \cdot T_{\text{ср.в}}}; \quad (2.8)$$

$$\rho_{\text{ср.в}} = \frac{M_{\text{ср.в}} \cdot T_0}{22,4 \cdot T_{\text{ср.в}}}; \quad (2.9)$$

$$\rho_{\text{ср.в}} = \frac{64,7 \cdot 273}{22,4 \cdot (273 + 63)} = 2,35 \text{ кг/м}^3;$$

у нижній частині колони

$$M_{\text{ср.н}} = y_{\text{ср.н}} \cdot M_A + (1 - y_{\text{ср.н}}) \cdot M_B; \quad (2.10)$$

$$M_{\text{ср.н}} = 0,224 \cdot 58 + (1 - 0,224) \cdot 78 = 73,52 \text{ кг/кмоль};$$

$$\rho_{\text{ср.н}} = \frac{M_{\text{ср.н}} \cdot T_0}{22,4 \cdot T_{\text{ср.н}}}; \quad (2.11)$$

$$\rho_{\text{ср.н}} = \frac{73,52 \cdot 273}{22,4 \cdot (273 + 75)} = 2,57 \text{ кг/м}^3;$$

тут $M_A = 58 \text{ кг/кмоль}$ і $M_B = 78 \text{ кг/кмоль}$ – мольні маси ацетону і бензолу відповідно.

Температура в верху колони при $x_D = 0,92$ дорівнює 57°C , а в кубі-випарнику при $x_W = 0,03$ вода дорівнює 79°C .

Щільність ацетону при 57°C : $\rho_A = 746 \text{ кг/м}^3$, а бензолу при 79°C : $\rho_B = 815 \text{ кг/м}^3$ (додаток I) [1].

Мольна маса вихідної суміші і дистилляту

$$M_F = M_A \cdot x_F + M_B \cdot (1 - x_F), \quad (2.12)$$

$$M_F = 58 \cdot 0,28 + 78 \cdot (1 - 0,28) = 72,4 \text{ кг/кмоль},$$

					<i>6.133.20.02.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_D = M_A \cdot x_D + M_B \cdot (1 - x_B), \quad (2.13)$$

$$M_D = 58 \cdot 0,92 + 78 \cdot (1 - 0,92) = 59,6 \text{ кг/кмоль.}$$

В'язкість рідких сумішей μ_x знаходимо за рівнянням VII.11 [3]

$$\lg \mu_x = x_{cp} \cdot \lg \mu_A + (1 - x_{cp}) \cdot \lg \mu_B, \quad (2.14)$$

де μ_A и μ_B – в'язкість ацетону і бензолу відповідно при температурі суміші.
За додатком II [1]

$$\mu_{A,B} = 0,246 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с} = 0,246 \text{ мПа}\cdot\text{с};$$

$$\mu_{B,B} = 0,436 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с} = 0,436 \text{ мПа}\cdot\text{с};$$

$$\mu_{A,H} = 0,2 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с} = 0,2 \text{ мПа}\cdot\text{с};$$

$$\mu_{B,H} = 0,316 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с} = 0,316 \text{ мПа}\cdot\text{с}$$

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

$$\lg \mu_{x,B} = x_{cp,B} \cdot \lg \mu_{A,B} + (1 - x_{cp,B}) \cdot \lg \mu_{B,B}, \quad (2.15)$$

$$\lg \mu_{x,B} = 0,6 \cdot \lg 0,246 + 0,4 \cdot \lg 0,436,$$

Звідси

$$\mu_{x,B} = 0,31 \text{ мПа}\cdot\text{с};$$

$$\lg \mu_{x,H} = x_{cp,H} \cdot \lg \mu_{A,H} + (1 - x_{cp,H}) \cdot \lg \mu_{B,H}, \quad (2.16)$$

$$\lg \mu_{x,H} = 0,155 \cdot \lg 0,2 + 0,845 \cdot \lg 0,316,$$

Звідси

$$\mu_{x,H} = 0,295 \text{ мПа}\cdot\text{с}.$$

Середні масові витрати (навантаження) по рідині для верхньої і нижньої частин колони визначимо зі співвідношень VII.4 и VII.5 [4]

					<i>6.133.20.02.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$L_B = G_D \cdot R \cdot \frac{M_B}{M_D}; \quad (2.17)$$

$$L_g = 0,347 \cdot 3,953 \cdot \frac{66}{59,6} = 1,52 \text{ кг/с};$$

$$L_H = G_D \cdot R \cdot \frac{M_H}{M_D} + G_F \cdot \frac{M_H}{M_F}, \quad (2.18)$$

$$L_H = 0,347 \cdot 3,953 \cdot \frac{74,9}{59,6} + 1,5 \cdot \frac{74,9}{72,4} = 3,276 \text{ кг/с}.$$

тут секундний витрата суміші

$$G_D = \frac{1249,5}{3600} = 0,347 \text{ кг/с};$$

$$G_F = \frac{5400}{3600} = 1,5 \text{ кг/с};$$

$$G_W = \frac{4150,5}{3600} = 1,15 \text{ кг/с}.$$

Мольна частка рідин у верхній і нижній частинах колони відповідно

$$M_B = M_A \cdot x_{\text{ср.в}} + M_B \cdot (1 - x_{\text{ср.в}}), \quad (2.19)$$

$$M_g = 58 \cdot 0,6 + 78 \cdot (1 - 0,6) = 66 \text{ кг/кмоль},$$

$$M_H = M_A \cdot x_{\text{ср.н}} + M_B \cdot (1 - x_{\text{ср.н}}), \quad (2.20)$$

$$M_H = 58 \cdot 0,155 + 78 \cdot (1 - 0,155) = 74,9 \text{ кг/кмоль}.$$

Гранична фіктивна швидкість пара $\omega_{\text{п}}$, при якій відбувається захлинання насадочних колон, визначається за рівнянням VII.9 [3]

$$\frac{\omega_{\text{п}}^2 \cdot a \cdot \rho_y \cdot \mu_x^{0,16}}{g \cdot \varepsilon^2 \cdot \rho_x} = 1,2 \cdot \exp \left[-4 \cdot \left(\frac{L}{G} \right)^{0,25} \cdot \left(\frac{\rho_y}{\rho_x} \right)^{0,125} \right], \quad (2.21)$$

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

де ρ_x, ρ_y , – середні щільності рідини і пара, кг/м³; μ_x – в'язкість рідкої суміші, мПа·с; G – середній масовий потік в колоні, кг/с.

Маємо

$$G_B = G_D \cdot (R + 1) \cdot \frac{M_{\text{ср.В}}}{M_D}, \quad (2.22)$$

$$G_6 = 0,347 \cdot (3,953 + 1) \cdot \frac{64,7}{59,6} = 1,866 \text{ кг/с,}$$

$$G_H = G_D \cdot (R + 1) \cdot \frac{M_{\text{ср.Н}}}{M_D} \text{ кг/с,} \quad (2.23)$$

$$G_H = 0,347 \cdot (3,953 + 1) \cdot \frac{73,52}{59,6} = 2,12 \text{ кг/с.}$$

Для кілець 50×50×4 мм по таблиці XVII [2]:

питома поверхня насадки, $a = 140 \text{ м}^2/\text{м}^3$;

вільний обсяг, $\varepsilon = 0,78 \text{ м}^3/\text{м}^3$;

насіпна щільність, $\rho_H = 530 \text{ кг/м}^3$.

Гранична швидкість парів у верхній частині колони $\omega_{\text{п.В}}$

$$\frac{\omega_{\text{н.в}}^2 \cdot 140 \cdot 2,35 \cdot 0,31^{0,16}}{9,81 \cdot 0,78^2 \cdot 746} = 1,2 \cdot \exp \left[-4 \cdot \left(\frac{1,52}{1,186} \right)^{0,25} \cdot \left(\frac{2,35}{746} \right)^{0,125} \right],$$

звідси

$$\omega_{\text{п.В}} = 1,81 \text{ м/с.}$$

Гранична швидкість парів в нижній частині колони $\omega_{\text{п.Н}}$

$$\frac{\omega_{\text{н.н}}^2 \cdot 140 \cdot 2,57 \cdot 0,295^{0,16}}{9,81 \cdot 0,78^2 \cdot 815} = 1,2 \cdot \exp \left[-4 \cdot \left(\frac{3,276}{2,12} \right)^{0,25} \cdot \left(\frac{2,57}{815} \right)^{0,125} \right],$$

звідси

$$\omega_{\text{п.Н}} = 1,7 \text{ м/с.}$$

					6.133.20.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для ректифікаційних колон, що працюють в плівковому режимі при атмосферному тиску, робочу швидкість рекомендується приймати на 20-30% нижче швидкості захлинання (див. с. 127) [3].

Прийmemo робочу швидкість ω на 30% нижче граничної

$$\omega_{\text{в}} = 0,7 \cdot 1,81 = 1,27 \text{ м/с},$$

$$\omega_{\text{н}} = 0,7 \cdot 1,7 = 1,19 \text{ м/с}.$$

2.3 Конструктивні розрахунки

Діаметр ректифікаційної колони визначаємо з рівняння витрати [3, VII.12]

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot G}{\pi \cdot \omega \cdot \rho}}. \quad (2.23)$$

Тоді діаметр верхньої і нижньої частини колони відповідно дорівнює

$$D_{\text{в}} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{\text{в}}}{\pi \cdot \omega_{\text{в}} \cdot \rho_{\text{сп.в}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,866}{3,14 \cdot 1,27 \cdot 2,35}} = 0,9 \text{ м},$$

$$D_{\text{н}} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{\text{н}}}{\pi \cdot \omega_{\text{н}} \cdot \rho_{\text{сп.н}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,12}{3,14 \cdot 1,19 \cdot 2,57}} = 1 \text{ м}.$$

Вибираємо (див. гл. VI, розділ 1.4) [3] стандартний діаметр обичайки $D = 1,0$ м, однаковий для обох частин колони. При цьому дійсні робочі швидкості парів в колоні будуть рівні

$$\omega_{\text{в}} = 1,27 \cdot \left(\frac{0,9}{1,0}\right)^2 = 1,03 \text{ м/с},$$

$$\omega_{\text{н}} = 1,19 \cdot \left(\frac{1}{1,0}\right)^2 = 1,19 \text{ м/с}.$$

Висоту шару насадки визначаємо окремо для верхньої і нижньої частини колони [1, 73]

$$H = N_{\text{T}} \cdot h_{\text{з}}, \quad (2.24)$$

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

де N_T – число теоретичних тарілок, що визначається графічно по діаграмі $y-x$; h_3 – Висота насадки, еквівалентна одній теоретичній тарілці.

Виконавши на діаграмі $y-x$ побудова ламаної лінії (починаючи від точки В), знаходимо необхідне число ступенів зміни концентрації:

у верхній частині колони воно становить

$$N_{T,B} \approx 14,$$

у нижній частині

$$N_{T,H} \approx 6,$$

всього

$$N_T \approx 20.$$

Еквівалентна висота насадки [2, 7.23]

$$h_3 = 5,2 \cdot d_3 \cdot \text{Re}_{\Pi}^{0,2} \cdot \left(\frac{G}{L}\right)^{0,35} \cdot \left(\frac{\rho_{ж}}{\rho_{\Pi}}\right)^{0,2} \cdot \frac{\lg \frac{L}{m \cdot G}}{1 - \frac{m \cdot G}{L}}. \quad (2.25)$$

Далі визначимо параметри, що входять в попереднє рівняння.

Еквівалентний діаметр насадки

$$d_3 = \frac{4 \cdot \varepsilon}{a},$$

$$d_3 = \frac{4 \cdot 0,78}{140} = 0,022 \text{ м.}$$

Критерій Рейнольдса для верхньої і нижньої частин колони відповідно

$$\text{Re}_{\Pi,B} = \frac{4 \cdot \omega_B \cdot \rho_{\text{ср},B}}{a \cdot \mu_B},$$

$$\text{Re}_{\Pi,B} = \frac{4 \cdot 1,03 \cdot 2,35}{140 \cdot 0,0106 \cdot 10^{-3}} = 6524,3,$$

$$\text{Re}_{\Pi,H} = \frac{4 \cdot \omega_H \cdot \rho_{\text{ср},H}}{a \cdot \mu_H},$$

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

$$Re_{n,n} = \frac{4 \cdot 1,19 \cdot 2,57}{140 \cdot 0,0103 \cdot 10^{-3}} = 8483,5,$$

де μ_B и μ_H – в'язкості парів для верхньої і нижньої частин колони

$$\mu_B = \frac{0,0112 + 0,0099}{2} = 0,0106 \text{ мПа}\cdot\text{с},$$

$$\mu_H = \frac{0,0114 + 0,0101}{2} = 0,0103 \text{ мПа}\cdot\text{с},$$

де μ_A и μ_B – в'язкості парів ацетону і бензолу відповідно при середній температурі вгорі і внизу колони, що визначаються за додатком XIII [1].

Відношення навантажень по пару і рідини G / L кмоль / кмоль одно:
для верхньої частини колони

$$\frac{G_g}{L_g} = \frac{R+1}{R} = \frac{3,953+1}{3,953} = 1,25 \text{ кмоль/кмоль};$$

для нижньої частини колони

$$\frac{G_n}{L_n} = \frac{R+1}{R+F} = \frac{3,953+1}{3,953+3,56} = 0,66 \text{ кмоль/кмоль}.$$

Величину m знайдемо спрямленням ділянок кривої рівноваги(заміною кривої рівноваги ламаною лінією)

$$m = \frac{m_1 + m_2 + \dots + m_k}{k},$$

де $m_1, m_2 \dots$ – тангенси кутів нахилу прямих на окремих ділянках; k -число прямолінійних ділянок ламаної лінії:

для нижньої частини колони

$$m_H = \frac{1,3 + 1,4 + 1,5 + 1,46 + 1,33 + 1,23}{6} = 1,38;$$

для верхньої частини колони

$$m_g = \frac{1,14 + 1,18 + 1,18 + 1,14 + 1,0 + 0,97 + 0,92 + 0,8 + 0,72 + 0,67 + 0,57 + 0,6 + 0,57 + 0,5}{14} = 0,84$$

Отже, еквівалентна Висота насадки:

для верхньої частини колони

					<i>6.133.20.02.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$h_{\text{в,г}} = 5,2 \cdot 0,022 \cdot 6524,4^{0,2} \cdot 1,25^{0,35} \cdot \left(\frac{746}{2,35}\right)^{0,2} \cdot \frac{\lg \frac{1}{0,84 \cdot 1,25}}{1 - 0,84 \cdot 1,25} = 0,96 \text{ м};$$

для нижньої частини колони

$$h_{\text{в,н}} = 5,2 \cdot 0,022 \cdot 8384,5^{0,2} \cdot 0,66^{0,35} \cdot \left(\frac{815}{2,57}\right)^{0,2} \cdot \frac{\lg \frac{1}{1,38 \cdot 0,66}}{1 - 1,38 \cdot 0,66} = 0,87 \text{ м}.$$

Тоді величина шару насадки:
для верхньої частини колони

$$H_{\text{г}} = 14 \cdot 0,96 = 13,44 \text{ м};$$

для нижньої частини колони

$$H_{\text{н}} = 6 \cdot 0,87 = 5,22 \text{ м}.$$

Загальна висота шару насадки:

$$H_{\text{н}} = 13,44 + 5,22 = 18,66 \text{ м}.$$

Приймаємо висоту шару насадки 19 м.

2.4 Гідравлічний опір апарата

Гідравлічний опір апарату ΔP знаходять за рівнянням

$$\Delta p_{\text{с}} = \lambda \frac{H}{d_{\text{г}}} \frac{\omega^2 \rho}{\varepsilon^2 \cdot 2} \quad (2.26)$$

Критерій Рейнольдса для газу у верхній і нижній частинах колони відповідно дорівнює:

$$\text{Re}_{\text{г}} = \frac{\omega_{\text{г}} \cdot d_{\text{г}} \cdot \rho_{\text{г}}}{\varepsilon \cdot \mu_{\text{г}}} = \frac{1,03 \cdot 0,022 \cdot 2,335}{0,78 \cdot 0,0106 \cdot 10^{-3}} = 6400;$$

$$\text{Re}_{\text{н}} = \frac{\omega_{\text{н}} \cdot d_{\text{г}} \cdot \rho_{\text{н}}}{\varepsilon \cdot \mu_{\text{н}}} = \frac{1,19 \cdot 0,022 \cdot 2,57}{0,78 \cdot 0,0103 \cdot 10^{-3}} = 8374.$$

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

Коефіцієнт опору сухої насадки у вигляді безладно засипаних кілець знаходять за рівнянням:

$$\lambda = \frac{16}{\text{Re}^{0,2}} \quad (2.27)$$

Для верхньої і нижньої частин колони отримаємо відповідно:

$$\lambda_g = \frac{16}{6400^{0,2}} = 2,8;$$

$$\lambda_n = \frac{16}{8374^{0,2}} = 2,6.$$

Гідравлічний опір сухої насадки у верхній і нижній частинах колони дорівнює:

$$\Delta p_{ca} = 2,8 \cdot \frac{13,44}{0,022} \cdot \frac{1,03^2 \cdot 2,35}{0,78^2 \cdot 2} = 2733 \text{ Па};$$

$$\Delta p_{cn} = 2,49 \cdot \frac{5,22}{0,022} \cdot \frac{1,19^2 \cdot 2,57}{0,78^2 \cdot 2} = 1767 \text{ Па}.$$

Щільність зрошення у верхній і нижній частинах колони визначимо за формулами:

$$U_B = \frac{L_B}{\rho_x \cdot 0,785 \cdot D^2}; \quad (2.28)$$

$$U_H = \frac{L_H}{\rho_x \cdot 0,785 \cdot D^2}. \quad (2.30)$$

Підставивши дані, отримаємо:

$$U_g = \frac{1,52}{746 \cdot 0,785 \cdot 1,0^2} = 0,003 \text{ м}^3/\text{м}^2\text{с};$$

$$U_n = \frac{3,276}{815 \cdot 0,785 \cdot 1,0^2} = 0,0051 \text{ м}^3/\text{м}^2\text{с}.$$

Величину Δp знаходимо за формулою [4]

					<i>6.133.20.02.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta p = \Delta p_c \cdot 10^{b \cdot U},$$

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

Для кілець Рашига значення b (4, с.108)

$$b = 173$$

Гідравлічний опір зрошуваної насадки у верхній і нижній частинах колони:

$$\Delta p_e = 10^{173 \cdot 3 \cdot 10^{-3}} \cdot 2733 = 9028 \text{ Па},$$

$$\Delta p_n = 10^{173 \cdot 5,1 \cdot 10^{-3}} \cdot 1767 = 1000 \text{ Па}.$$

Гідравлічний опір зрошуваної насадки в колоні:

$$\Delta p = \Delta p_e + \Delta p_n = 9028 + 1000 = 10028 \text{ Па}.$$

2.5 Тепловий баланс установки

Витрата теплоти, що віддається охолоджувальній воді в дефлегматорі

$$Q_d = G_D \cdot (1 + R) \cdot r_D, \quad (2.30)$$

$$Q_d = 0,34 \cdot (1 + 3,953) \cdot 1081 = 1820 \text{ кВт},$$

Тут

$$r_D = \bar{x}_D \cdot r_A + (1 - \bar{x}_D) \cdot r_B, \quad (2.31)$$

$$r_D = 0,92 \cdot 1097 + 0,08 \cdot 872 = 1079 \text{ кДж/кг},$$

де r_A і r_B – питомі теплоти конденсації ацетону і бензолу при 57°C .

Витрата теплоти, одержуваний в кубі-випарнику від пари, що гріє

$$Q_k = Q_d + G_D \cdot C_D \cdot t_D + G_W \cdot C_W \cdot t_W - G_F \cdot C_F \cdot t_F + Q_{\text{пот}} \quad (2.32)$$

$$Q_k = 1,03 \cdot (1820 + 0,34 \cdot 2,793 \cdot 65,4 + 1,52 \cdot 3,064 \cdot 77,6 - 1,5 \cdot 3,078 \cdot 63,4) = 2009 \text{ кВт}.$$

					6.133.20.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тут теплові втрати $Q_{\text{пот}}$ прийняті в розмірі 3% від корисно витрачається теплоти; питомі теплоємності взяті відповідно при $t_D = 63,4^\circ\text{C}$, $t_W = 77,6^\circ\text{C}$ і $t_F = 65,4^\circ\text{C}$; температура кипіння визначена по таблиці 1.

Витрата теплоти в паровому підігрівачі вихідної суміші:

$$Q = 1,05 \cdot G_F \cdot C_F \cdot (t_F - t_H), \quad (2.33)$$

$$Q = 1,05 \cdot 1,5 \cdot 3,078 \cdot (65,4 - 20) = 220 \text{ кВт.}$$

Тут теплові втрати прийняті в розмірі 5% , питома теплоємність вихідної суміші

$$C_F = \bar{x}_F \cdot C_A + (1 - \bar{x}_F) \cdot C_B, \quad (2.34)$$

$$C_F = 0,28 \cdot 2,835 + 0,72 \cdot 3,144 = 3,057 \text{ кДж/кг}\cdot\text{К},$$

взята при середній температурі

$$t_{\text{cp}} = \frac{t_F + t_H}{2} = \frac{65,4 + 20}{2} = 42,7^\circ\text{C}.$$

Витрата теплоти, що віддається охолоджувальній воді у Водяному холодильнику дистилляту

$$Q = G_D \cdot C_D \cdot (t_D - t_K), \quad (2.35)$$

$$Q = 0,34 \cdot 2,793 \cdot (63,4 - 25) = 36,46 \text{ кВт},$$

де питома теплоємність дистилляту $C_D = 2,793 \text{ кДж/кг}\cdot\text{К}$ взята при середній температурі

$$t_{\text{cp}} = \frac{63,4 + 25}{2} = 44,2^\circ\text{C}.$$

Витрата теплоти, що віддається охолоджувальній воді у водяному холодильнику кубового залишку:

$$Q = G_W \cdot C_W \cdot (t_W - t_K), \quad (2.36)$$

$$Q = 1,52 \cdot 3,064 \cdot (77,6 - 25) = 245 \text{ кВт},$$

					<i>6.133.20.02.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де питома теплоємність кубового залишку $C_W = 1,89$ кДж/кг·К взята при середній температурі

$$t_{\text{ср}} = \frac{77,6 + 25}{2} = 51,3^\circ\text{C}.$$

Витрата пари, що гріє, що має тиск $p_{\text{абс}} = 4$ ат і вологість 5%:

а) в кубі-випарнику

$$G_{\text{ГП}} = \frac{Q_{\text{к}}}{r_{\text{ГП}} \cdot x}, \quad (2.37)$$

$$G_{\text{ГП}} = \frac{Q_{\text{к}}}{r_{\text{ГП}} \cdot x} = \frac{2009}{2260 \cdot 0,95} = 0,93 \text{ кг/с},$$

де $r_{\text{ГП}} = 2260$ кДж/кг – питома теплота конденсації пари, що гріє;

б) в підігрівачі вихідної суміші

$$G_{\text{ГП}} = \frac{Q}{r_{\text{ГП}} \cdot x} = \frac{275}{2260 \cdot 0,95} = 0,11 \text{ кг/с}.$$

Всього

$$G_{\text{ГП}} = 0,93 + 0,11 = 1,4 \text{ кг/с}.$$

Витрата охолоджуючої води при нагріванні її на $\Delta t = 20^\circ\text{C}$:

а) в дефлегматорі

$$V_{\text{В}} = \frac{Q_{\text{д}}}{c_{\text{в}} \cdot \Delta t \cdot \rho_{\text{в}}}; \quad (2.38)$$

$$V_{\text{В}} = \frac{1820}{4,19 \cdot 20 \cdot 1000} = 2,1 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3/\text{с};$$

б) у водяному холодильнику дистилляту

$$V_{\text{В}} = \frac{Q}{c_{\text{в}} \cdot \Delta t \cdot \rho_{\text{в}}} = \frac{36,46}{4,19 \cdot 20 \cdot 1000} = 0,4 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с};$$

					<i>6.133.20.02.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

в) у водяному холодильнику кубового залишку

$$V_B = \frac{245}{4,19 \cdot 20 \cdot 1000} = 2,92 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}.$$

Всього

$$V_B = (21,0 + 4 + 2,92) \cdot 10^{-3} = 37,3 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}.$$

2.6 Вибір допоміжного обладнання

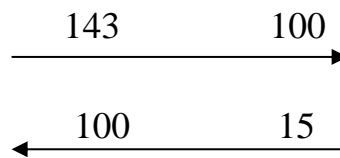
Розрахунок підігрівача вихідної суміші

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

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

Необхідна температура пари, що гріє

Температурна схема:



$$\Delta t_M = 43^\circ\text{C} \quad \Delta t_\delta = 85^\circ\text{C}$$

Знаходимо середню різницю температур:

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

Середня температура при нагріванні

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

Пар матиме такі властивості [8]:

					<i>6.133.20.02.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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

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

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

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

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

Визначаємо орієнтовну поверхню

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

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

Уточнений тепловий розрахунок

Об'ємна витрата суміші дорівнює

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

Швидкість повітря в міжтрубному просторі складе

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

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

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

$$\text{Величина критерію } Re = \frac{\omega d \rho}{\mu} = \frac{13,1 \cdot 0,025 \cdot 1,58}{11,5 \cdot 10^{-6}} = 44995$$

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

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

ε_{φ} - Коефіцієнт кута атаки. Для стандартизованих теплообмінників $= 0,65$

Коефіцієнт тепловіддачі суміші

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

Термічний опір [8]

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

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

Термічний опір стінки

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

де λ_{cm} - теплопровідність вуглецевої сталі [8]

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

Уточнена площа теплообміну

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

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

					<i>6.133.20.02.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Насос для подачі вихідної суміші

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

$$Q = \frac{Gf}{3600 \cdot \rho} = \frac{6317}{3600 \cdot 872} 0.002 \text{ м}^3/\text{с}$$

Вибираємо відцентровий насос марки X⁴⁵/₃₁

					6.133.20.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 Розрахунок апарату на міцність та герметичність

3.1 Расчет толщины стенки корпуса и крышки

Приймаємо коефіцієнт міцності зварних швів $\phi = 0,9$ (ручна дугова електрозварювання), напруга для сталі 12Х18Н10Т при $t = 77,6^\circ\text{C}$

$$\sigma = 150 \text{ МПа.}$$

Для листового матеріалу Допустиме напруга

$$[\sigma] = \eta \cdot \sigma = 1 \cdot 150 = 150 \text{ МПа}$$

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

Пробний тиск при гідравлічних випробуваннях

$$p_{\text{п}} = 1,25 \cdot p \cdot \frac{[\sigma_{\text{п}}]}{[\sigma]} \quad (3.1)$$

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

$$[\sigma_{\text{п}}] = \frac{\sigma_{\text{т}}}{1,1} = \frac{240}{1,1} = 218 \text{ МПа.}$$

Тоді

$$p_{\text{п}} = 1,25 \cdot 0,1 \cdot \frac{218}{150} = 0,18 \text{ МПа.}$$

Тиск в апараті від гідростатичного напорю

$$p_{\text{г}} = H \cdot \rho \cdot g \quad (3.2)$$

де H – висота колони з урахуванням сепараційного простору, м;

$$p_{\text{г}} = 20 \cdot 1000 \cdot 9,81 = 196,2 \cdot 10^3 \text{ Па} = 0,2 \text{ МПа.}$$

					6.133.20.02.00.00.00 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунковий тиск в апараті

$$p = p_{\pi} + p_{\Gamma} = 0,18 + 0,2 = 0,38 \text{ МПа.}$$

Розрахункова товщина стінки

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

де D – діаметр апарату, мм.

$$s_p = \frac{0,38 \cdot 1000}{2 \cdot 0,9 \cdot 218 - 0,38} = 1,0 \text{ мм}$$

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

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

Виконавча товщина стінки

$$s = s_p + c \quad (3.4)$$

$$s = 1,0 + 0,3 = 1,3 \text{ мм.}$$

З урахуванням напруг стиснення від маси колони приймаємо товщину стінки, мінімальну для $D = 1000$ [4, с.113]

$$s = 10 \text{ мм.}$$

Розрахункова товщина стінки кришки при проведенні гідравлічних випробувань

$$s_p = \frac{p_{\pi} \cdot D}{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma_{\pi}] - 0,5 p_{\pi}} \quad (3.5)$$

					<i>6.133.20.02.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$s_p = \frac{0,38 \cdot 1000}{2 \cdot 0,9 \cdot 218 - 0,5 \cdot 0,38} = 1,0 \text{ мм}$$

Виконавча товщина

$$s = 1,0 + 0,3 = 1,3 \text{ мм.}$$

З метою уніфікації сортаменту листового прокату приймаємо $s = 10 \text{ мм}$.

3.2 Розрахунок фланцевого з'єднання

Фланцеве з'єднання кришки і корпусу апарату при $D_{\text{вн}} = 1000 \text{ мм}$ і $p = 0,32 \text{ МПа}$ вибирається по ОСТ 26-426-79 з плоскими приварними фланцями і ущільнювальної поверхнею типу «шип – паз».

Товщина втулки фланця [6]

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

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

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

приймаємо $s_0 = 8 \text{ мм}$.

Перевіряємо виконання умови

$$s_0 - s \leq 5$$

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

Визначимо діаметр болтової окружності. Із [8] с.263

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

де $d_6 = 20 \text{ мм}$ – діаметр болтів при $D_{\text{вн}} = 1000 \text{ мм}$ і $p = 0,32 \text{ МПа}$ (табл. 1.40 [8]); $u = 6 \text{ мм}$ – нормативний зазор між гайкою і втулкою ($u = 4 \div 6$, табл.9 [8]).

$$D_6 = 1,0 + 2 \cdot (2 \cdot 0,008 + 0,020 + 0,006) = 1,084 \text{ м,}$$

					<i>6.133.20.02.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

приймаємо $D_6 = 1,1$ м. (см. с.263 [9]).

По [8] с.264 зовнішній діаметр фланця

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

де $a = 40$ мм (табл.13.27 [9])

$$D_{\phi} = 1,1 + 0,04 = 1,14 \text{ м,}$$

приймаємо $D_{\phi} = 1,15$ м (с.264 [8]).

Зовнішній діаметр прокладки визначається за формулою [8]

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

де $e = 30$ мм (табл.13,27 [8]);

$$D_{\Pi} = 1,1 - 0,03 = 1,07 \text{ м.}$$

приймаємо $D_{\Pi} = 1,07$ м

Середній Діаметр прокладки [8]

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

де $b_{\Pi} = 20$ мм – ширина прокладки (табл.1.42 [8]);

$$D_{\text{ср.}\Pi} = 1,07 - 0,02 = 1,05 \text{ м.}$$

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 2мм.

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

					<i>6.133.20.02.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

$$Z_{\text{б}} = \frac{3,14 \cdot 1,1}{0,09} = 38.$$

Приймаємо найближче більше кратне чотирьом значення $Z_{\text{б}} = 40$ мм.
Висота фланця визначається за формулою

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

де $\lambda = 0,38$ – коефіцієнт (рис.13.14 [8]); $s_{\text{е}}$ – еквівалентна товщина втулки фланця

$$s_{\text{е}} = \alpha \cdot s_0,$$

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

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

$$h = 0,38 \cdot \sqrt{1,0 \cdot 0,008} = 0,034 \text{ м},$$

Приймаємо $h = 40$ мм.

Розрахункова довжина болта між опорними поверхнями головки болта і гайки

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

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

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

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

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

Навантаження, що діє на фланцеве з'єднання

					<i>6.133.20.02.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

де $p_R = 0,32$ МПа – внутрішній тиск в апараті; $D_{cp.п} = 1,05$ м – середній діаметр прокладки

$$Q_d = \frac{0,27 \cdot 3,14 \cdot 0,9^2}{4} = 0,17 \text{ МН.}$$

Реакція прокладки при робочих умовах [6]

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

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

$$R_{п} = 3,14 \cdot 1,05 \cdot 0,00268 \cdot 2,5 \cdot 0,32 = 0,007 \text{ МН.}$$

Зусилля, що виникає від температурних деформацій

$$Q_t = \gamma \cdot Z_b \cdot f_b \cdot E_b \cdot (\alpha_{cp} \cdot t_{cp} - \alpha_b \cdot t_b), \quad (3.11)$$

де $\alpha_{cp} = 12,5 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$ – коефіцієнт лінійного розширення матеріалу фланця; $\alpha_b = 12,5 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$ – коефіцієнт лінійного розширення матеріалу болтів; $t_b = 0,96 \cdot t_p = 0,96 \cdot 40 = 39^\circ\text{C}$ - розрахункова температура неізолюваних болтів; γ – безрозмірний коефіцієнт; Z_b – Кількість болтів; $f_b = 2,35 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ – розрахункова площа поперечного перерізу болта по зовнішньому діаметру; $E_b = 1,91 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ – модуль поздовжньої пружності сталі 20к при $t_b = 39^\circ\text{C}$.

$$\gamma = A \cdot Y_b, \quad (3.12)$$

де Y_b – лінійна податливість болта.

$$Y_b = \frac{l_b}{E_b \cdot f_b \cdot Z_b} \quad (3.13)$$

					<i>6.133.20.02.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Y_6 = \frac{0,14}{1,91 \cdot 10^5 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4} \cdot 40} = 7,8 \cdot 10^{-5} \text{ м/МН};$$

$$A = [Y_{\Pi} + Y_6 + 0,25 \cdot (Y_{\phi 1} + Y_{\phi 2}) \cdot (D_6 - D_{\text{ср.п}})]^{-1}, \quad (3.14)$$

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

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

$$Y_{\Pi} = \frac{0,002}{3,14 \cdot 1,05 \cdot 0,02 \cdot 2000} = 15,2 \cdot 10^{-6} \text{ м/МН};$$

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

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

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

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

$$K = \frac{1,15}{1,0} = 1,15;$$

$$\psi_1 = 1,28 \cdot \lg 1,15 = 6,6 \cdot 10^{-2},$$

$$\psi_2 = \frac{k+1}{k-1} = \frac{1,15+1}{1,15-1} = 14,3;$$

					<i>6.133.20.02.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Тоді

$$\omega = [1 + 0,9 \cdot 0,38 \cdot (1 + 6,6 \cdot 10^{-2} \cdot 5^2)]^{-1} = 0,52;$$

$$Y_\phi = \frac{[1 - 0,52 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,38)] \cdot 14,3}{0,04^3 \cdot 1,9 \cdot 10^5} = 0,353 \cdot 10^{-5} \text{ м/МН};$$

$$A = [15,2 \cdot 10^{-6} + 7,8 \cdot 10^{-5} + 0,5 \cdot 0,353 \cdot (1,1 - 1,05)^2]^{-1} = 1871 \text{ МН/м};$$

отже

$$\gamma = 1871 \cdot 7,8 \cdot 10^{-5} = 0,146 ;$$

зусилля, що виникає від температурних деформацій

$$Q_t = 0,146 \cdot 40 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4} \cdot 1,91 \cdot 10^5 \cdot (12,5 \cdot 10^{-6} \cdot 39 - 12,5 \cdot 10^{-6} \cdot 38) = 0,0033 \text{ МН}.$$

Визначимо коефіцієнт жорсткості фланцевого з'єднання

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

$$k_{\text{ж}} = \frac{7,8 \cdot 10^{-5} + 0,353 \cdot 0,9 \cdot 10^{-5} \cdot (1,1 - 1,0 - 0,008) \cdot (1,1 - 1,05)}{15,2 \cdot 10^{-6} + 7,8 \cdot 10^{-5} + 0,353 \cdot (1,1 - 1,05)^2} = 0,91.$$

Визначимо болтову навантаження. В умови монтажу [8]

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

де $p_{\text{пр}}$ – пробний тиск стиснення прокладки, для пароніту по табл. 4 [8] $p_{\text{пр}} = 20 \text{ МПа}$.

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

$$p_{61} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,91 \cdot 0,277 + 0,007 \\ 0,5 \cdot 3,14 \cdot 1,05 \cdot 0,02 \cdot 20 \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,26 \\ 0,66 \end{array} \right\} = 0,66 \text{ МН.}$$

При робочих умовах [8]

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

$$p_{62} = 0,66 + (1 - 0,91) \cdot 0,277 + 0,0033 = 0,69 \text{ МН.}$$

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

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

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

де $[\sigma_6]^{20} = 200$ МПа – для матеріалу болтів при температурі 20°C; $[\sigma_6] = 138$ МПа – для матеріалу болтів при температурі 39°C.

$$\frac{0,66}{40 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4}} \leq 200 = 70,2 \leq 200 \text{ – умова виконується;}$$

$$\frac{0,69}{40 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4}} \leq 138 = 73,4 \leq 138 \text{ – умова виконується.}$$

Визначимо наведений згинальний момент за формулою 1.145 [6]

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

$$M_0 = \left\{ \begin{array}{l} 0,5 \cdot (1,1 - 1,05) \cdot 0,66 \\ 0,5 \cdot (1,1 - 1,05) \cdot 0,69 \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,017 \\ 0,018 \end{array} \right\} = 0,018 \text{ МН}\cdot\text{м.}$$

За формулою 1.141 [6] для прокладки з пароніту

					<i>6.133.20.02.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

$$P_{\text{бmax}} = \max\{p_{\text{б1}}; p_{\text{б2}}\} \quad (3.25)$$

$$P_{\text{бmax}} = \max\{0,66; 0,69\} = 0,69 \text{ МН.}$$

$$\frac{P_{\text{бmax}}}{\pi \cdot D_{\text{ср.п}} \cdot b} = \frac{0,69}{3,14 \cdot 1,05 \cdot 0,02} = 10,5 \text{ МПа} \leq 130 \text{ МПа,}$$

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]

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

$$\sigma_m = \frac{0,32 \cdot 1,0}{4 \cdot (0,008 - 0,0003)} = 11 \text{ МПа;}$$

за формулою 1.149 [6]

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

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

$$\sigma_t = \frac{0,32 \cdot 1,0}{2 \cdot (0,008 - 0,0003)} = 22 \text{ МПа};$$

за формулами 1.143 и 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]

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

де $D_n = 1,07$ м – зовнішній діаметр прокладки;

$$T_{cp} = \frac{1,07^2 \cdot \left(1 + 8,55 \cdot 1g \frac{1,07}{1,0}\right) - 1,0^2}{(1,05 \cdot 1,0^2 + 1,945 \cdot 1,07^2) \cdot \left(\frac{1,07}{1,0} - 1\right)} = 1,7,$$

$$\sigma_0 = \frac{1 \cdot 1,7 \cdot 0,018 \cdot 0,52}{1,07 \cdot (0,008 - 0,0003)^2} = 251 \text{ МПа};$$

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

Умова міцності

$$\sqrt{(251+11)^2 + 22^2} - (251+11) \cdot 22 \leq 0,95 \cdot 570$$

252 < 542 – умова міцності виконано.

Окружний тиск в кільці фланця

					<i>6.133.20.02.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$\sigma_k = \frac{0,018 \cdot 14,3 \cdot [1 - 0,52 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,38)]}{1,0 \cdot 0,04^2} = 49 \text{ МПа.}$$

Визначаємо кут повороту фланця за формулою 1.150 [6]

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

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

$$\Theta = \frac{49 \cdot 1,0}{1,9 \cdot 10^5} = 0,0064 < 0,009 \text{ рад,}$$

тобто умова герметичності з'єднання виконується.

3.3 Розрахунок 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

$$\rho = 530 \text{ кг/м}^3,$$

тоді маса насадки

$$m_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot (H_B + H_H) \cdot \rho \quad (3.6)$$

$$m_1 = \frac{3,14 \cdot 1,0^2}{4} \cdot (15 + 4) \cdot 530 = 7905 \text{ кг.}$$

					<i>6.133.20.02.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Маса обичайки колони

$$m_2 = \pi \cdot (D + s) \cdot s \cdot H \cdot \rho \quad (3.7)$$

$$m_2 = 3,14 \cdot (1,0 + 0,01) \cdot 0,01 \cdot 20,0 \cdot 7850 = 4979 \text{ кг.}$$

Маса оснащення колони приймається в розмірі 20% від маси обичайки

$$m_3 = 0,2 \cdot m_2$$

$$m_3 = 0,2 \cdot 4979 = 996 \text{ кг.}$$

Об'єм колони $V = 15,7 \text{ м}^3$, тоді маса води при гідравлічних випробуваннях

$$m_4 = V \cdot \rho_v \quad (3.8)$$

$$m_4 = 15,7 \cdot 1000 = 15700 \text{ кг.}$$

Наведене навантаження на опору

$$Q = (m_1 + m_2 + m_3 + m_4) \cdot g \quad (3.9)$$

$$Q = (7905 + 4979 + 996 + 15700) \cdot 9,81 = 29,55 \cdot 10^3 \text{ Н} = 289 \text{ кН.}$$

Міцність зварного з'єднання опори з корпусом визначаємо за умовою

$$\sigma = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D \cdot a_1} \leq \varphi_s \cdot [\sigma], \quad (3.10)$$

де $a_1 = 10 \text{ мм}$ – розрахункова товщина зварного шва; φ_s – коефіцієнт міцності зварного шва, зазвичай приймається $\varphi_s = 0,7$.

Тоді

$$\sigma = \frac{4 \cdot 289 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 1000 \cdot 10} = 36,8 \text{ МПа} \leq 0,7 \cdot 120 = 84 \text{ МПа.}$$

Отже, умова міцності зварного шва виконується.

					<i>6.133.20.02.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 Монтаж і ремонт апарату

4.1 Монтаж колони [12]

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

Найбільш простий монтаж колони, що складається з окремих елементів – царг. Існують два способи монтажу: нарощуванням і підрощуванням (рис. 7, а і б). Вибір способу залежить, в основному, від наявного підйомно-транспортного обладнання.

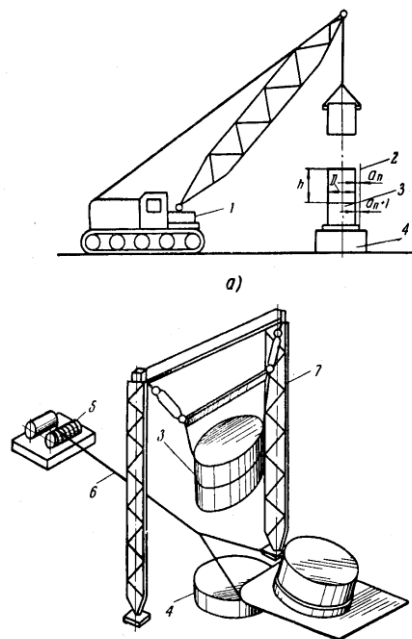


Рисунок 7 – Методи монтажу і вивірки розбірних колон:

б - нарощуванням, б - підрощуванням;

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

Якщо є кран, висота підйому якого більше загальної висоти колонного апарату, а вантажопідйомність перевищує вагу однієї

царги, доцільно застосовувати спосіб нарощування (рис. 7, а). Перед установкою кожної царги необхідно приварити кронштейни для риштування з огорожами. З цих риштування проводиться стикування і з'єднання царг.

Спосіб підрощування (рис. 7, б) зручний при установці царгового колонного апарату всередині існуючої етажерки, що має монтажну балку. Окремі царги в цьому випадку затягують на фундамент за допомогою трактора

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

6.133.20.02.00.00.00 ПЗ

Арк.

49

або монтажних лебідок і поворотних блоків і підстиковують до раніше змонтованим царгам.

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

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

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

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

При підйомі колонних апаратів поворотом навколо шарніра щогла, оснащена поліспастром, встановлюється на такій відстані від проектної осі апарату, щоб прикріплені до її верху блоки поліспаствів не зішлись при вертикальному положенні колони мінімум на 1,5–2 м. Конструкція поворотного шарніра показана на рис. 8,а.

Для установки шарніра необхідно в фундаменті заздалегідь передбачити додаткові анкерні болти або заставні частини. При підйомі потрібно використовувати не менше двох лебідок, одна з яких служить для підйому колони, а друга підтримує колону при переході її центру ваги через вісь шарніра (рис. 8,б).

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

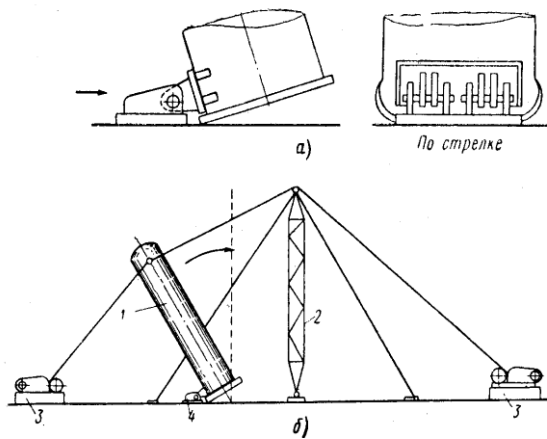


Рисунок 8 – Монтаж колони

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

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

Підйом колонного апарату за верх проводиться за допомогою монтажного порталу (рис. 9). Нижній кінець апарату укладається на сани і надійно кріпиться до них тросом, але так, щоб апарат міг повертатися навколо точки кріплення в процесі підйому. Верхня частина укладається на фундамент так, щоб його вісь була перпендикулярна площині установки порталу.

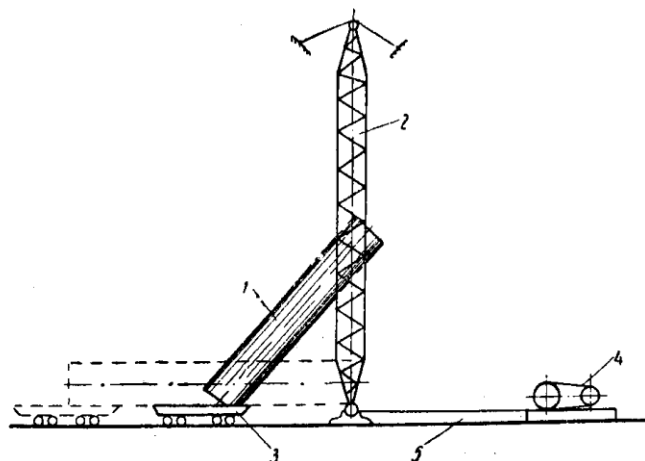


Рисунок 9 – Підйом колони за допомогою порталу
1-колона, 2-портал, 3-візок, 4-лебідка, 5-трос

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

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

6.133.20.02.00.00.00 ПЗ

Арк.

51

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

4.2 Проведення ремонтних робіт [13]

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

Підготовка ремонту включає:

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

3 оформлення та видачі замовлень на проведення робіт;

4 розробку графіка на проведення робіт;

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

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

									Арк.
									52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	6.133.20.02.00.00.00 ПЗ				

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

5 Охорона праці

5.1 Аналіз потенційних небезпек, під час експлуатації обладнання

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

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

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

Порушення послідовності операцій, відхилення (більше допустимих) від заданих кількостей сировини, що завантажується, температур, тиску і інш. можуть привести до аварії.

Технологічний процес поділу повинен проводитися відповідно до вимог наступних документів.

«Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств», утвержденных 06.09.88 г. Гостехнадзором Украины.

«Правила эксплуатации предприятий...», утвержденные приказом Министерства обороны промышленности Украины № 93 ДСП.

«Правила защиты от статического электричества в производствах отрасли», утвержденные приказом Министра от 12.04.93 г.

«Правила устройства предприятий...», утвержденные приказом Министерства машиностроения Украины № 109с от 28.03.95 г. и др.

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

Всі виробничі приміщення виробництва, складські приміщення по «Общим нормам технологического проектирования» ОНТП 24-86, відносяться до категорії А, а по «Правилам устройств электроустановок» (ПУЭ) – до класу В-1а.

При зверненні суміш відноситься до класу 3, до підкласу 3.1. Заходи безпеки та ліквідації наслідків аварій передбачені в аварійній картці № 34.

5.2 Токсичні характеристики розділених компонентів

Бензол відноситься до числа токсичних продуктів другого класу небезпеки по ГОСТ 12.1.005. Немає іншого такого речовини, для якого за весь період санітарно-токсикологічних досліджень гранично допустимі концентрації були б зменшені в тисячу разів, як це було з бензолом. Це говорить про те, що з часом відкриваються все нові і нові токсичні властивості і негативні сторони впливу бензолу на організм людини.

При безпосередньому контакті бензол потрапляє в організм людини не тільки через легені, але і через шкіру (неушкоджену), тому що володіє вражаючою проникаючою здатністю. Викликаючи набухання гуми, бензол проникає через латексні рукавички і всмоктується в шкіру зі швидкістю 0,4 мг/год (на площі 1 см²). При цьому спостерігаються такі ж симптоми отруєння, як і в разі інгаляційного впливу, але додатково до цього виникають різні захворювання шкіри. Так, зіткнення бензолу зі шкірою викликає сухість, тріщини, свербіж, шкіра червоніє, з'являється просовидний бульбашкою висип.

Ацетон, що втратив споживчі властивості, відноситься до III класу небезпеки [9].

Одна з основних небезпек при роботі з ацетоном - його легка займистість. Температура займання + 465 °С [7].

Повітряні суміші, що містять від 2,5% до 12,8 % (за обсягом) вибухонебезпечні. З цим необхідно рахуватися, так як ацетон швидко випаровується, і утворюється хмара може поширитися до місця займання (нагрів або Іскра) далеко від місця роботи з ним.

Вважається, що ацетон порівняно мало токсичний. В даний час максимально допустимою концентрацією прийнято вважати 0,1%. Перебування протягом короткого часу в атмосфері, в якій концентрація ацетону набагато перевищує зазначену, не завдає шкоди [6].

Особливу небезпеку становить пероральне отруєння великими дозами ацетону, а також інгаляційне отруєння (особливо в закритих приміщеннях).

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

Важкі шкірні отруєння практично не зустрічаються і відносяться до казуїстичних.

5.3 Розрахунок освітлення

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

Згідно з нормами СНиП II-4-79 при виконанні робіт VIII розряду використовується система загального освітлення. Нормована освітленість по VIII розряду (загальне спостереження за ходом виробничого процесу) підрозряду б (з періодичним перебуванням людей в приміщенні) становить 50 лк [5, табл. 4-1].

Для освітлення виробничого приміщення використовуються люмінесцентні лампи, тому що вони енергетично більш економічні і за спектральними характеристиками максимально близькі до природного і мають найвищу світловіддачу. Вибираємо лампи ЛД-80: потужність 80 Вт, Світловий потік 5400 лм, довжина 1,5 м, Діаметр 40 мм. [5, табл. 2-12].

У вибухонебезпечних приміщеннях категорії В-І встановлюються світильники тільки у вибухозахищеному виконанні, вибираємо світильник типу НОГЛ-2 х 80 з відбивачем [5, табл. 3-2], в світильнику встановлюється 2 лампи в захисних трубках з оргскла.

Світловий потік лампи в світильнику визначається за формулою [5, 5-1]:

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

звідки визначимо число світильників N:

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

де $\Phi_{\text{л}} = 5400$ лк – потрібний світловий потік лампи в світильнику, [5, табл.2-12];

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

E – задана мінімальна освітленість, лк;

S -освітлювана площа, m^2 ;

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

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

n – кількість ламп в світильнику, шт;

η – коефіцієнт використання світлового потоку.

Для визначення коефіцієнта використання η знайдемо індекс приміщення i за формулою [5, 5-3]:

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

де A – довжина приміщення, м; B - його ширина, м; H - розрахункова висота, м.

$$i = \frac{33 \cdot 18}{21(33 + 18)} = 0,6$$

Тоді приймаємо $\eta = 0,2$ [5, табл. 5-11].

Площа освітлення:

$$S = A \cdot B = 33 \cdot 18 = 594 \text{ м}^2.$$

Значить число світильників в робочій зоні складе:

$$N = \frac{50 \cdot 594 \cdot 1,8 \cdot 1,1}{5400 \cdot 2 \cdot 0,2} = 27,225 \text{ шт.}$$

Приймаємо 28 світильників. Разом виходить 56 ламп ЛД-80 для забезпечення необхідного загального освітленні робочої зони виробничого приміщення.

					<i>6.133.20.02.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

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

Зроблені технологічні розрахунки за якими було вибрано стандартну ректифікаційну колону.

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

Описан монтаж та ремонт апарату. Виконаний аналіз потенційних небезпек які можуть виникнути під час роботи обладнання, описані характеристики компонентів. Та зроблений розрахунок освітлення.

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

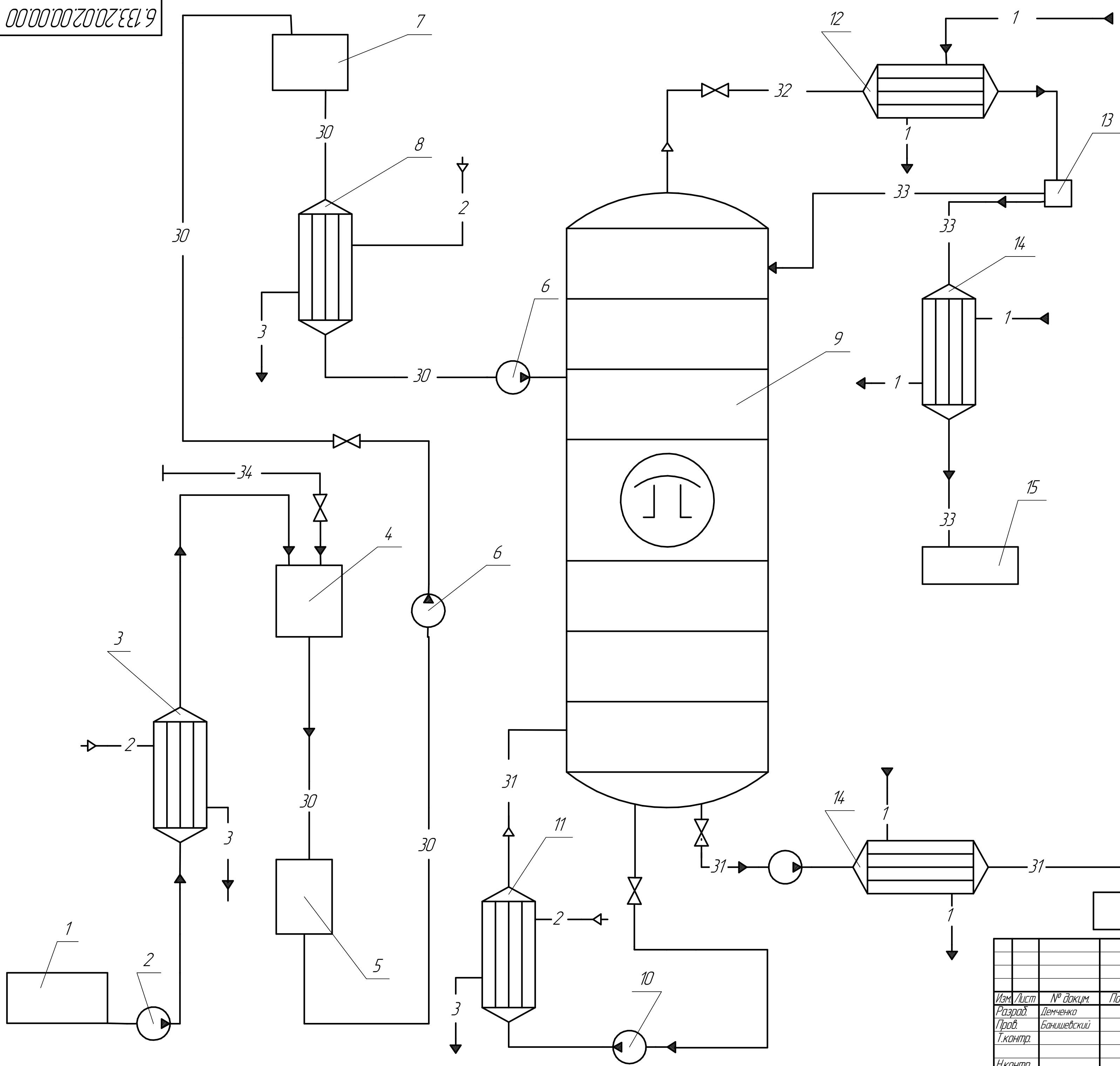
Література

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

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

6.133.20.02.00.00.00 ТС

Изм. №, Подп. и дата, Взам. инв. №, Инв. № дубл., Спроб. №, Проб. примен.



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

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

Изм. Лист				№ докум.			Подп.		Дата		6.133.20.02.00.00.00 ТС		
Разраб.				Демченко							Технологическая		
Проб.				Баншевский							схема		
Т.контр.											Лист		
Н.контр.											Листов		
Утв.											1		
											ШИ Сум ГУ		
Копировал											Формат А2		

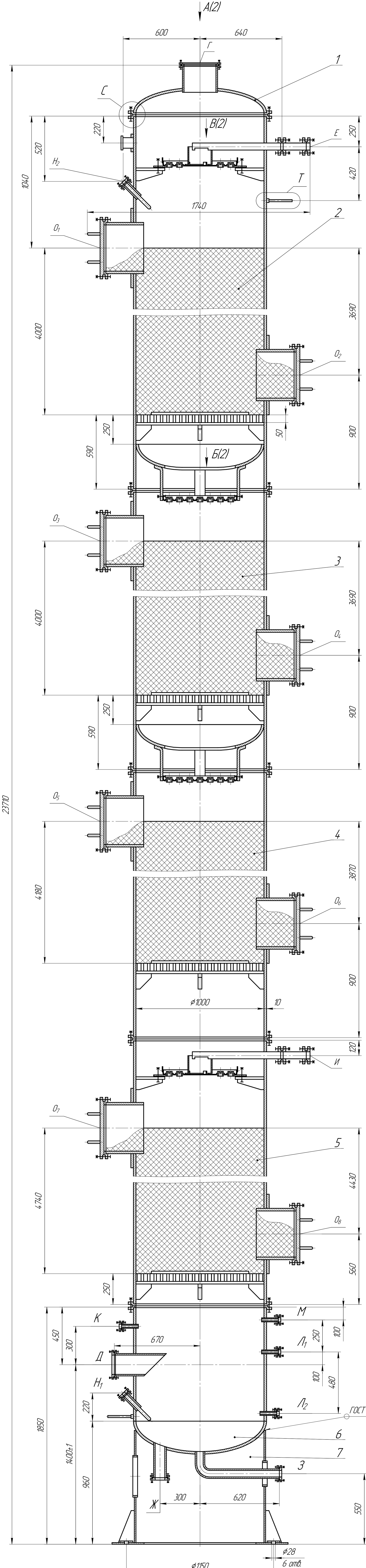
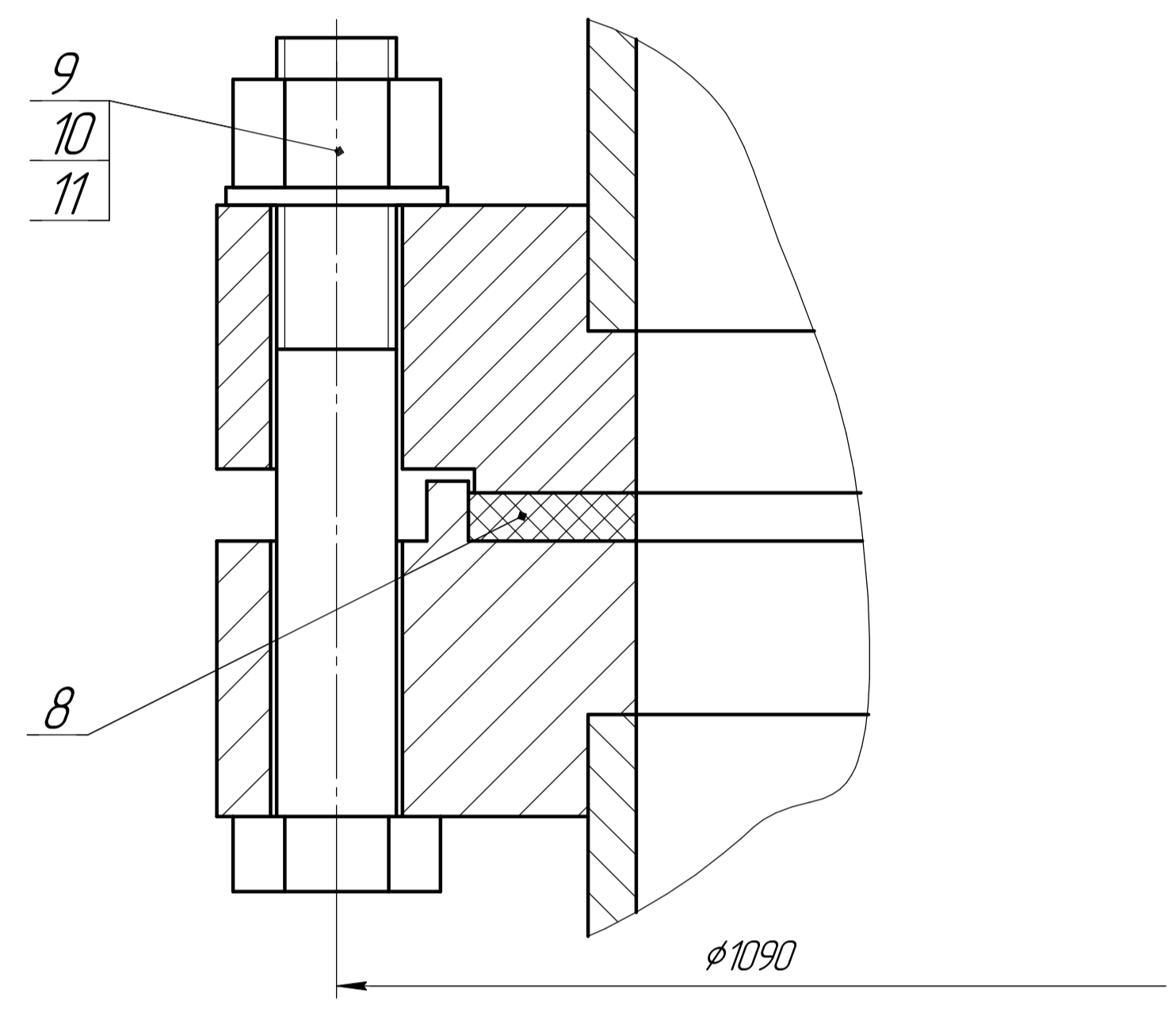


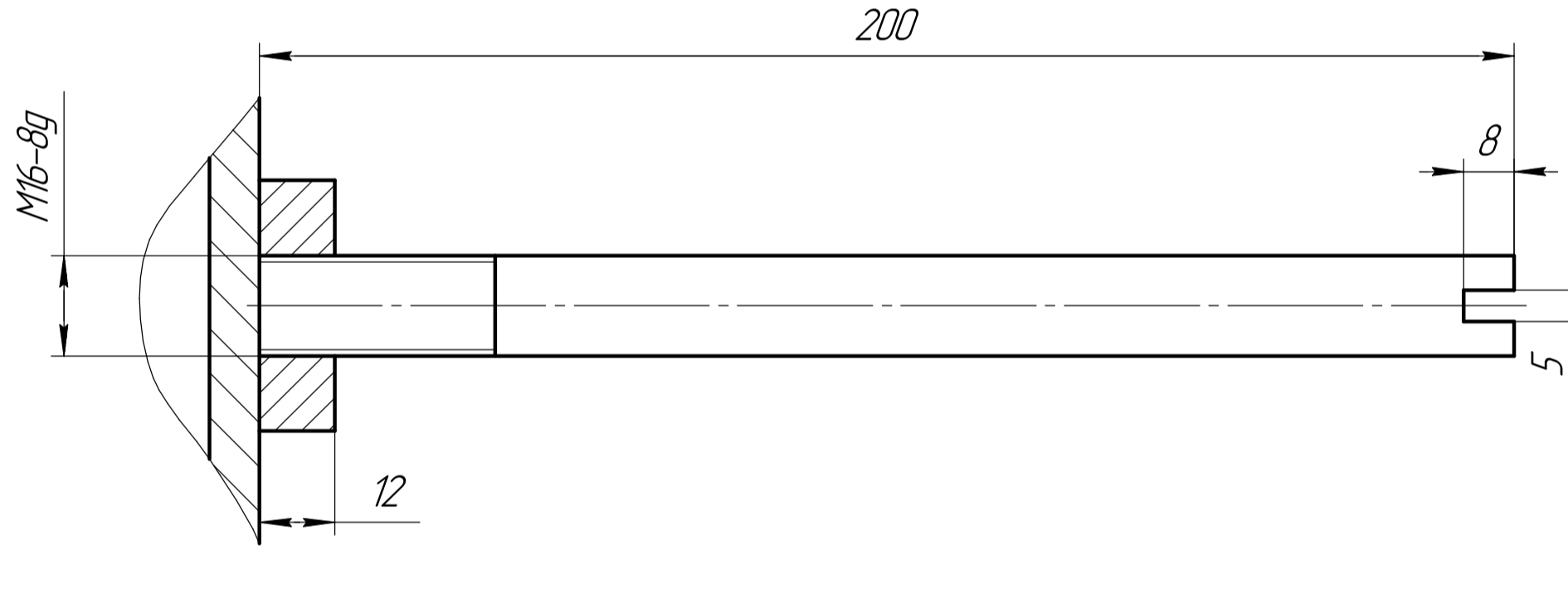
Таблица штуцеров

Обозн.	Наименование	Кол.	Проклад. условный D, мм	Давление условное P, МПа
Г	Выход пара	1	250	0,5
Д	Вход пара	1	250	0,25
Е	Вход флегмы	1	50	0,25
Ж	Выход кубового остатка	1	40	0,25
И	Вход исходной смеси	1	50	0,25
К	Для манометра	1	25	16
Л1-2	Для указателя уровня	2	20	16
М	Для установки уронемера	1	25	6,4
Н1-2	Для термометра ртутного	2	25	2,5
О1-8	Люк	6	500	0,6

С (1:1)



Т (1:1)



Техническая характеристика

Аппарат предназначен для разделения смеси ацетон-бензол	
Параметр	Значение
1. Рабочее давление, МПа (кгс/см ²)	0,1
2. Расчетное давление, МПа (кгс/см ²)	0,38
3. Максимально допустимая рабочая температура стенки, °С	80,1
4. Минимально допустимая рабочая температура стенки, °С	минус 20
5. Расчетная температура стенки, °С	77,6
4. Наименование среды	ацетон-бензол
5. Характеристика рабочей среды: - класс опасности (по ГОСТ 12.1.007) - пожароопасность (по ГОСТ 12.1.004) - взрывоопасность (по ГОСТ 12.1.011)	Да Да Да
6. Номинальный объем, м ³	
7. Группа аппарата (по ГСТУ 3-17-191-2000)	
8. Срок службы аппарата, лет	15
9. Число циклов нагружения сосуда за весь срок службы, не более	1000

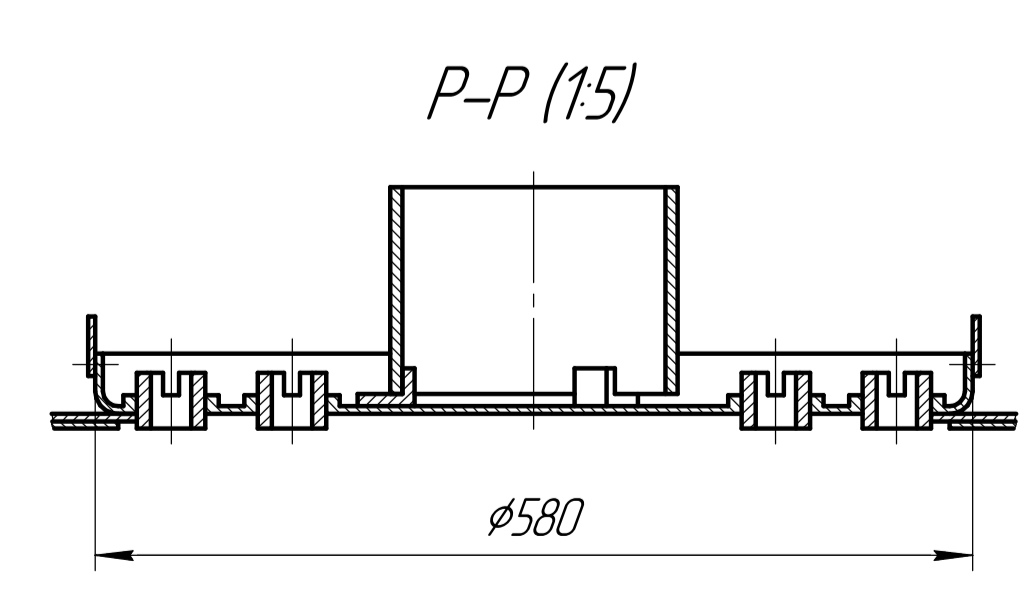
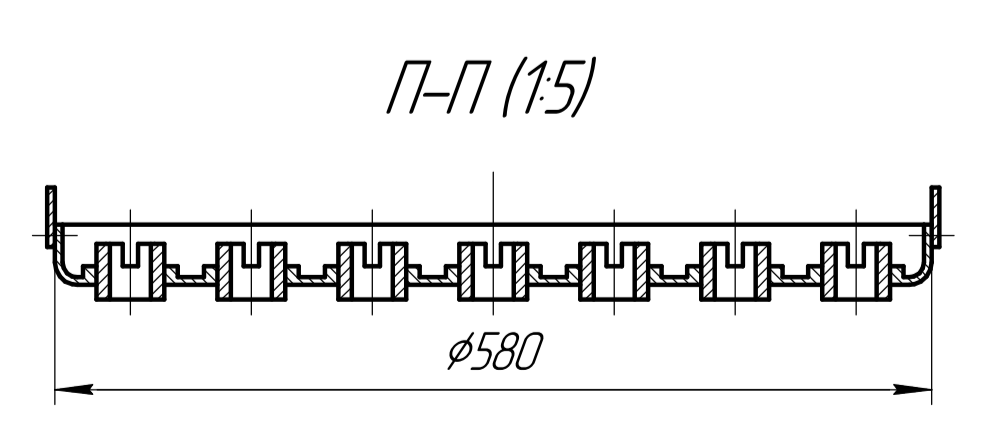
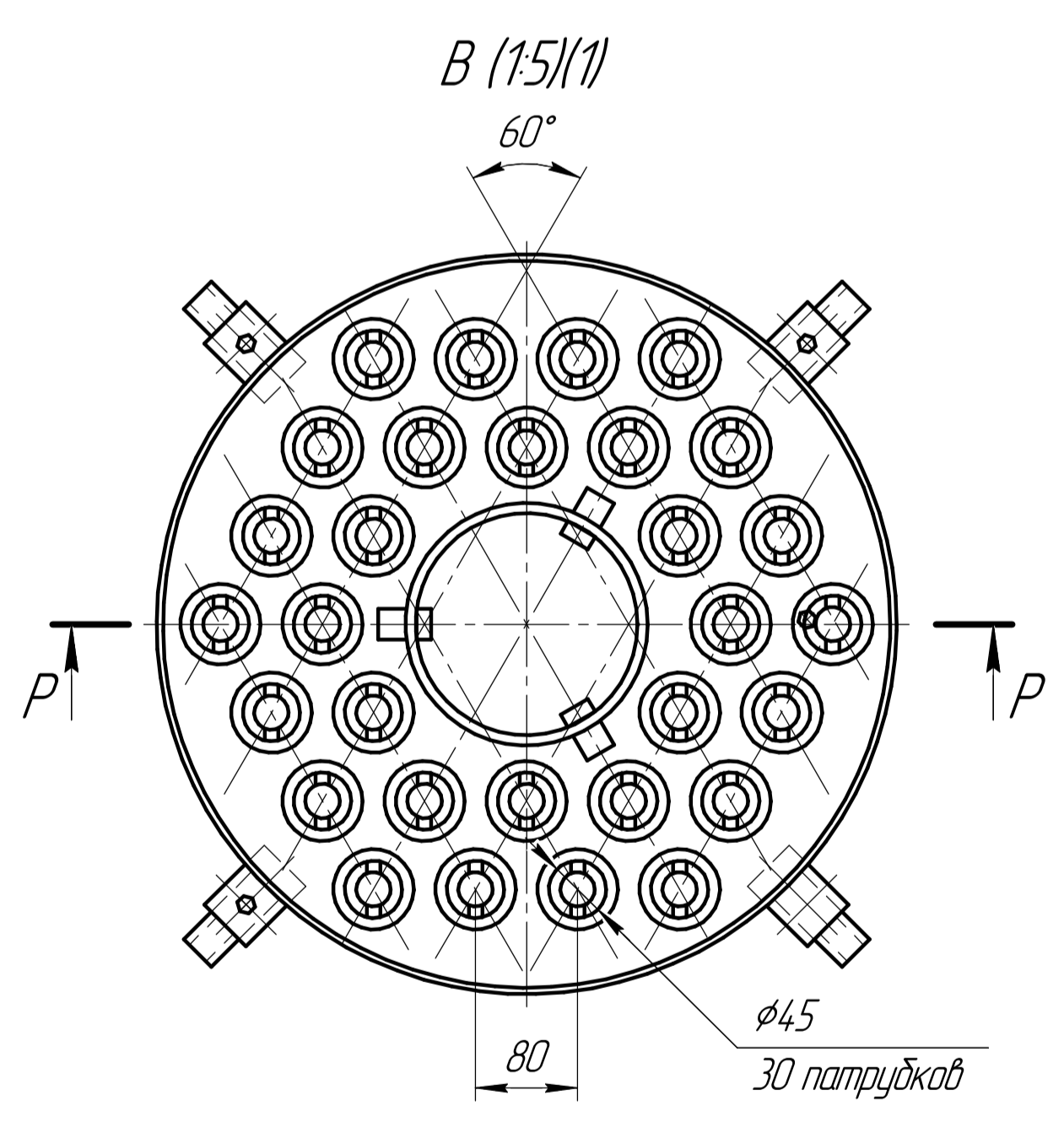
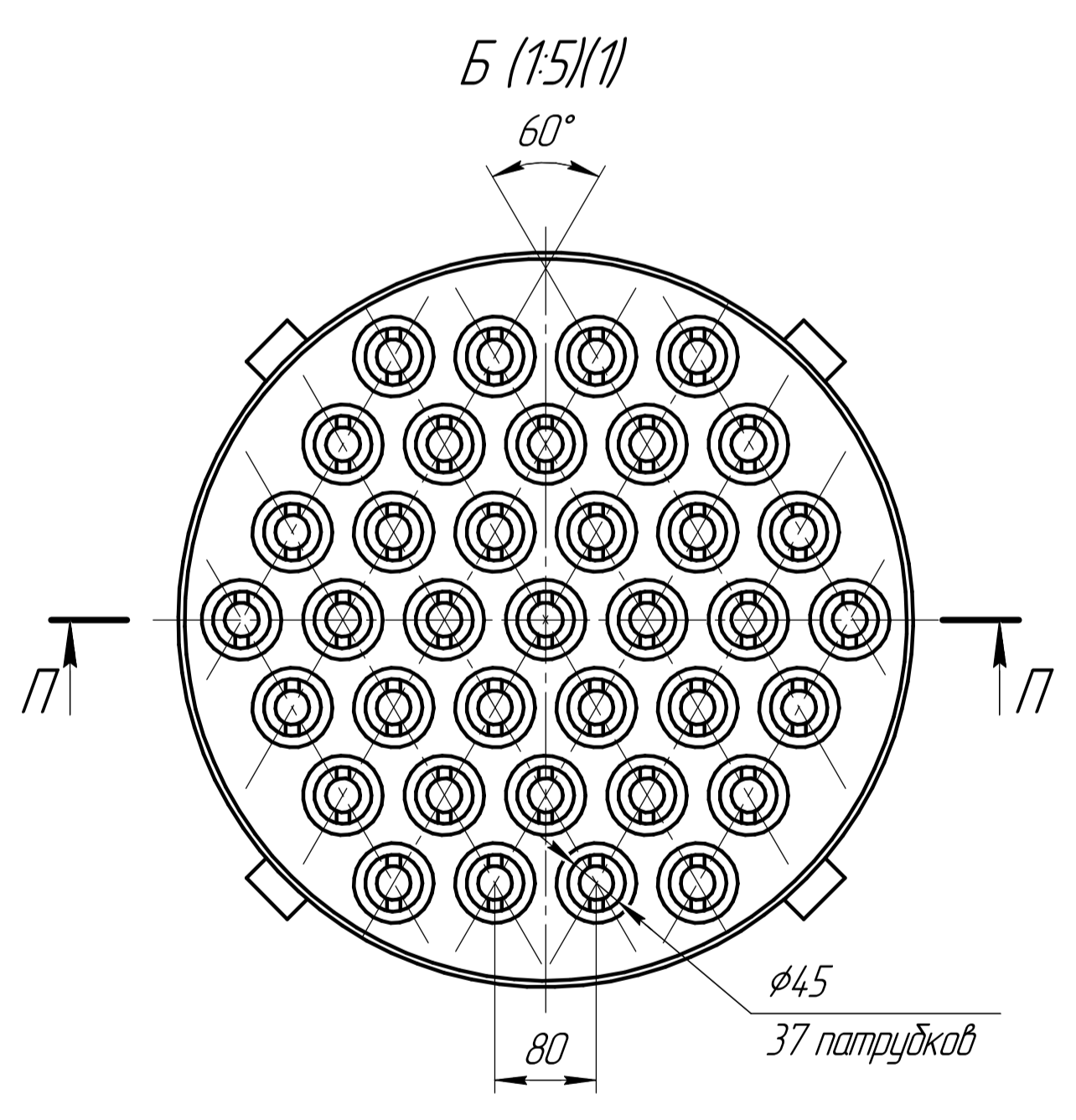
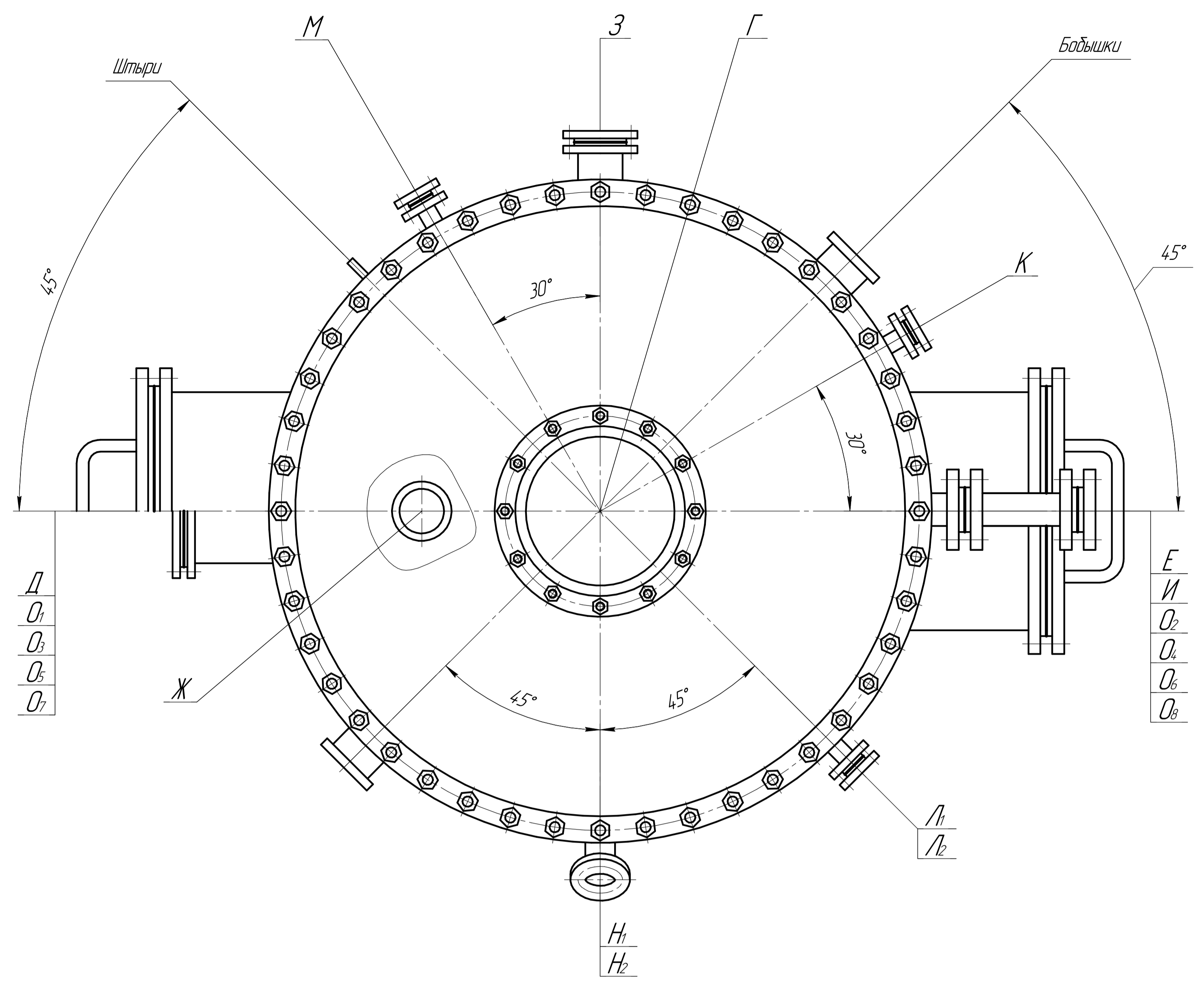
Технические требования

- Аппарат изготовить в соответствии с ГСТУ 3-17-191-2000 "Посуды из стали сварной. 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_{исп}=0,46 МПа в горизонтальном положении или пневматическим 0,07 МПа.
- Сварные швы сословных фланцев проверить на герметичность давлением воздуха (или инертного газа) p=0,4...0,6 МПа.
- Климатическое исполнение Ч. Категория размещения 4. ГОСТ 15.150-69.
- Действительное расположение штуцеров люков и цапф смотри вид А.
- Н14, н14, ±1Т14/2.
- Размеры для справок.
- Монтаж аппарата произвести в соответствии со СНиПЗ 05.05-84.

6.133.20.02.00.00.00 СБ			
Колонна ректификационная		Лист	Масса
Сварочный чертеж		1	110
		Лист	2
		ШИ Сум ГУ	

Изд. №	Лист №	Листов	Содержание
1	1	1	Лист 1

A(1:5)(1)



Изд. № 0000. Титул. и дата. Изм. № 0000. Титул. и дата. Изм. № 0000. Титул. и дата. Изм. № 0000. Титул. и дата.

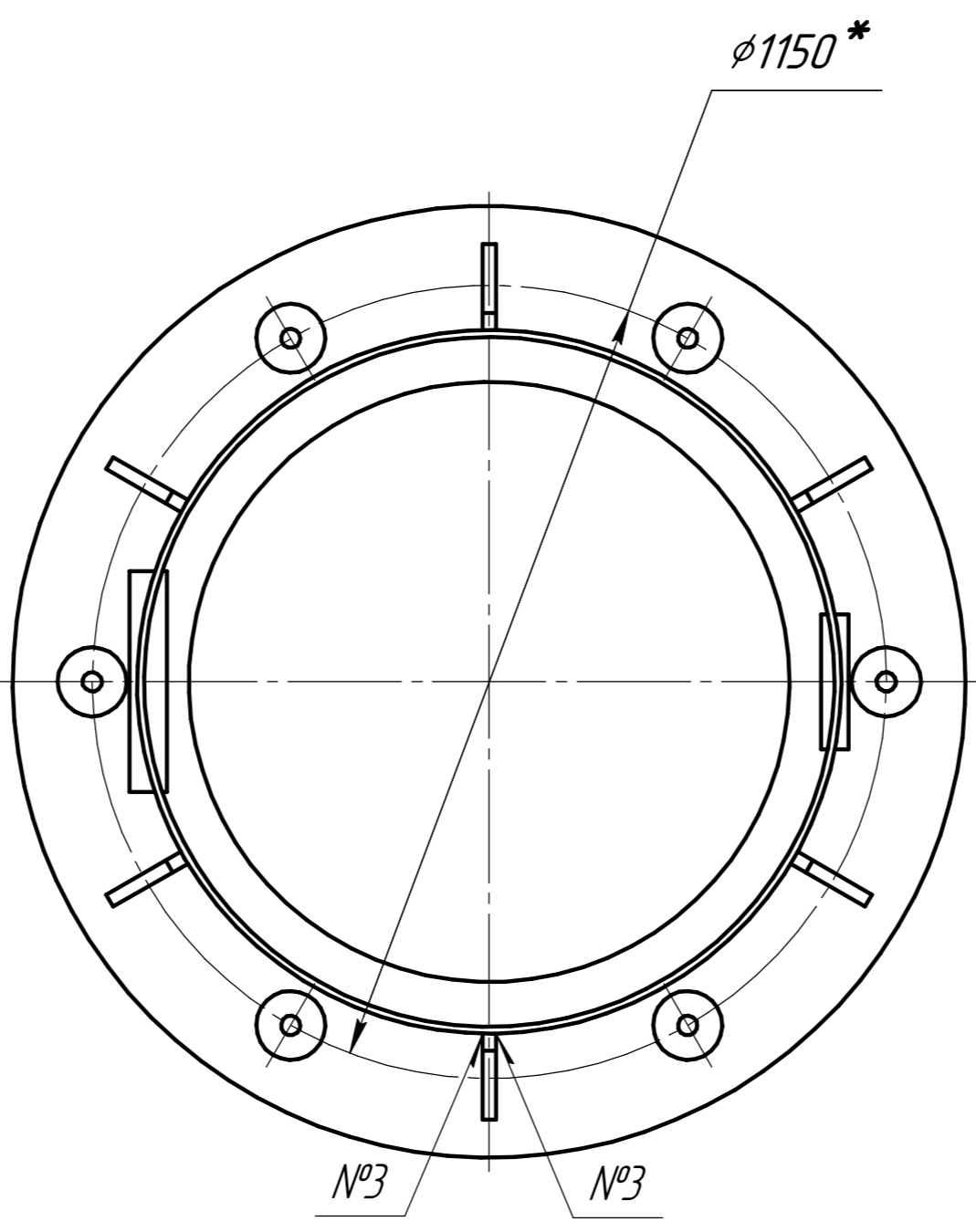
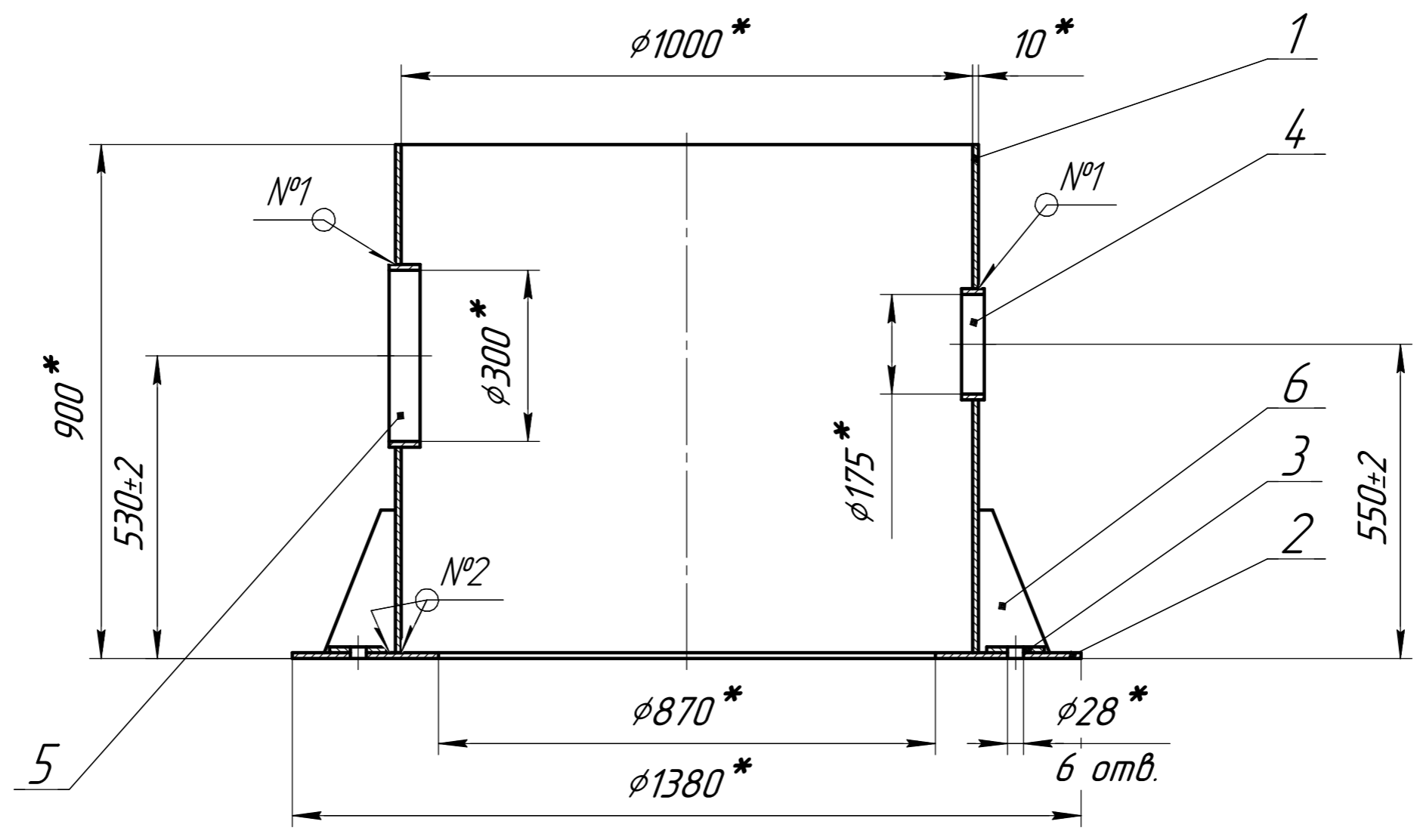


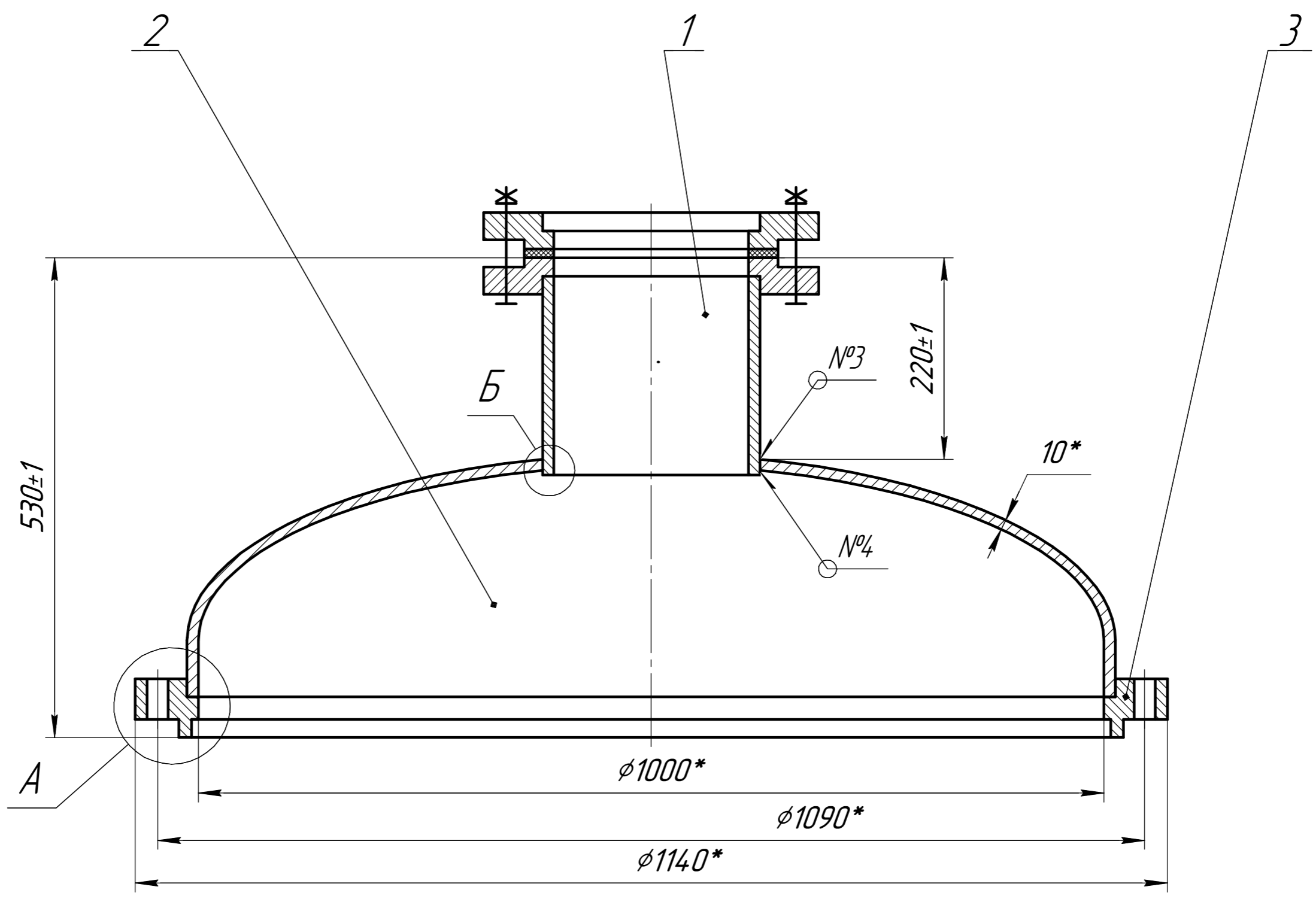
Таблица сварных швов

№ шва	Эскиз шва	Электроды, проволока			Метод контроля
		Тип	ГОСТ	Марка	
1		Э-42А	9467-85	УОНЦ-13/45	100% РГ
2		Э-42А	9467-85	УОНЦ-13/45	100% РГ
3		Э-42А	9467-85	УОНЦ-13/45	100% РГ

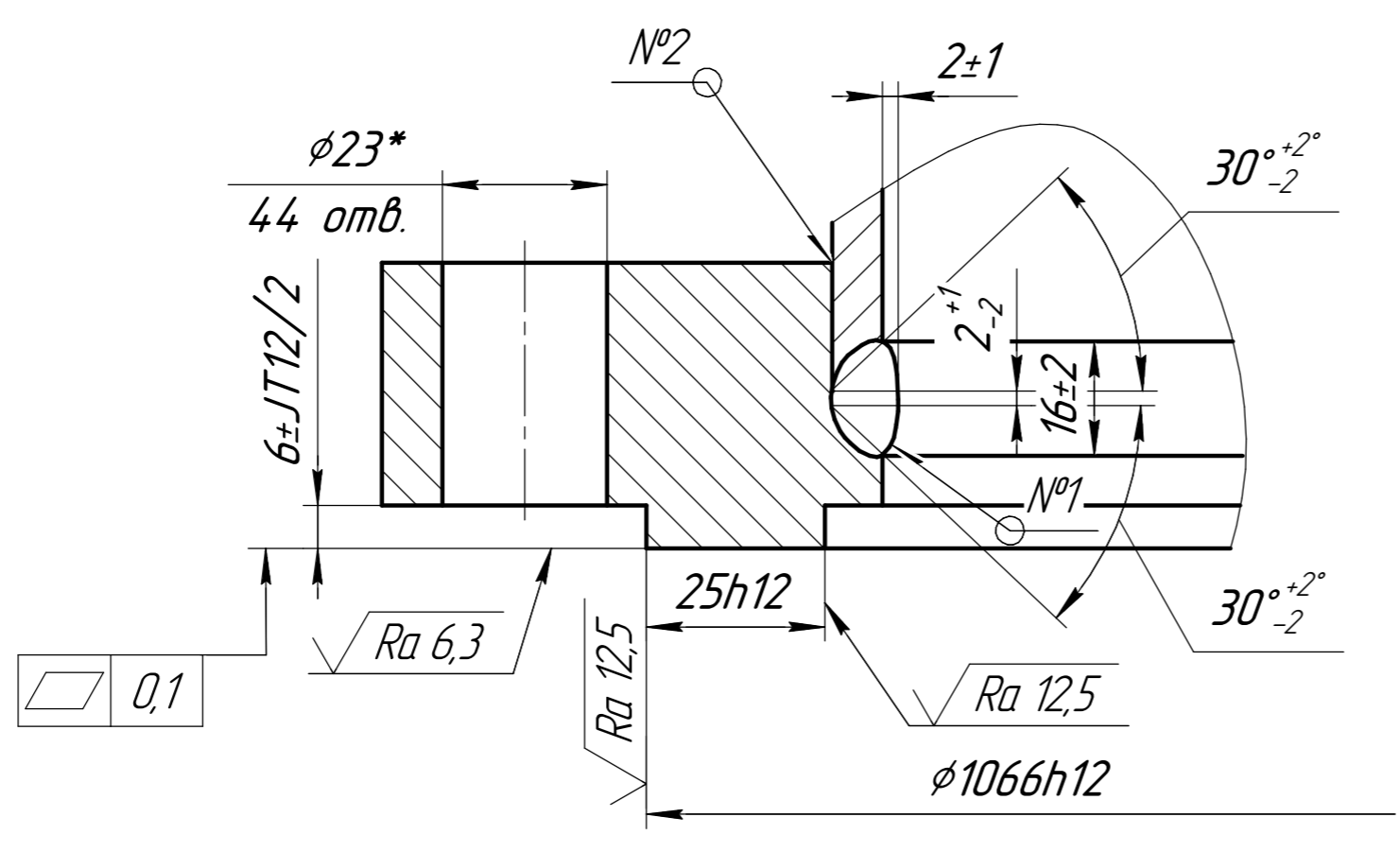
1. *Размеры для справок.

6.133.20.02.07.00.00 СБ				Лист	Масса	Масштаб
Опора						1:10
Сборочный чертеж				Лист	Листов	1
ШИ Суи ГУ						
Копировал				Формат А2		

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инд. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата	Справ. №	Перв. примен.



A (1:1)



B (1:1)

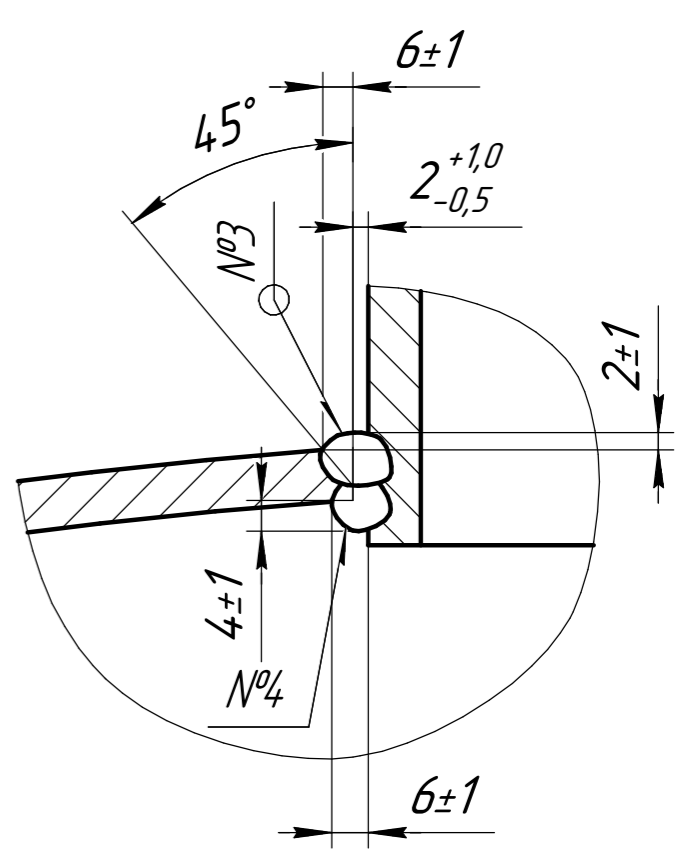


Таблица сварных швов

№ шва	Обозначение или способ сварки шва	Конструктивные элементы шва	Кол	Электрод или сварочная проволока (марка, тип, диаметр)
1	ГОСТ 5264-80-С17	А	1	ЦЛ 11-5
2	ГОСТ 5264-80-Т1	Катет 10 ⁺¹	1	ЦЛ 11-5
3	ГОСТ 5264-80	Б	1	ЦЛ 11-5
4	ГОСТ 5264-80	Б	1	ЦЛ 11-5

1. *Размеры для справок.

Изм. №, дата, Подп. и дата, Взам. инв. №, Инв. № дробл., Подп. и дата, Справ. №, Перв. примен.

Изм. Лист				6.133.20.02.01.00.00 СБ			Лист	Масса	Масштаб
Разраб. Демченко				Крышка					1:5
Пров. Банишевский				Сборочный чертеж			Лист	Листов	1
Т.контр.							ШИ Сум ГУ		
Н.контр. Утб.							Копировал Формат А2		