

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВР
зі спеціальності 6.133: Галузеве машинобудування

Тема роботи: Виробництво ацетону. Тарілчаста ректифікаційна колона потужність по вихідній суміші 13500 кг/годину.

Виконав студент

Дудуков Д.О.

Залікова книжка:

№ _____

Захищений з оцінкою:

Керівник проекту

Закусило Р.В.

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

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
 Зав. Кафедрою

«___» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВР

Студенту: Дудуков Д.О.

група ХМзт-71ш курс IV

1. **Тема курсової роботи:** «Виробництво ацетону. Тарілчаста ректифікаційна колона потужність по вихідній суміші 13500 кг/годину.»
2. **Вихідні дані:** Продуктивність 13500 кг/год, склад продуктів за легкокиплячим компонентом у вихідній суміші 25% (мол.), в дистилляті 92% (мол.), в кубовому залишку 3%. Тип тарілок - ковпачкові.
3. Перелік обов'язкового графічного матеріалу (листи А1)
 - 3.1 Загальний вигляд 2хА1;
 - 3.2 Технологічна схема А1;
 - 3.3 Складальні креслення 1хА1.
4. Література та матеріали, які рекомендуються: Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств: Примеры и задачи: Учеб. пособие для студентов / М.Ф. Михайлев, Н.П. Третьяков, А.И. Мильченко, В.В. Зобнин; Под общ. ред. М.Ф. Михайлева. Л.: Машиностроение, Ленингр. отдние, 1984. - 301 с., ил.
5. Контрольні терміни виконання: травень

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

6. Дата видачі завдання Березень 2021 р
 7. Термін захисту курсової роботи Червень 2021р.
 Керівник комплексної курсової роботи Закусило Р.В.

Реферат

Пояснювальна записка: 79 с, 14 рисунків, 4 таблиці, 10 літературних джерел. Графічні матеріали: складальне креслення апарата, технологічна схема, креслення складальних одиниць листів 4 формату А1.

Тема: Виробництво ацетону. Тарілчаста ректифікаційна колона потужність по вихідній суміші 13500 кг/годину.

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, ВОДА.

Зміст

Вступ.....	5
1 Технологічна частина.....	6
1.1 Опис технологічної схеми виробництва.....	6
1.2 Теоретичні основи процесу	8
1.3 Опис конструкції запроєктованого апарату.....	16
2 Технологічні розрахунки процесу та апарату	21
2.1 Матеріальний баланс	21
2.2 Визначення флегмового числа	23
2.3 Тепловий баланс	24
2.4 Конструктивні розрахунки апарату	28
2.4.1 Визначення кількості теоретичних тарілок	28
2.4.2 Розрахунок кількості робочих тарілок в колоні.....	29
2.4.3 Визначення висоти колони.....	36
2.4.4 Визначення діаметрів штуцерів.....	36
2.5 Гідравлічні розрахунки	39
2.6 Вибір допоміжного обладнання	41
2.6.1 Розрахунок кубового кип'ятильника	41
2.6.2 Розрахунок дефлегматора	44
2.6.3 Розрахунок підігрівача початкової суміші	50
3 Розрахунок на міцність та герметичність	54
3.1 Вибір матеріалу компонентів колони	54
3.2 Розрахунок товщини стінки корпусу апарата та кришки	54
3.3 Розрахунок фланцевого з'єднання	56
3.4 Розрахунок опори	66
4 Монтаж та ремонт апарата	68
4.1 Монтаж колони	68
4.2 Проведення ремонтних робіт.....	71
5 Охорона праці	74
5.1 Аналіз потенційних небезпек, під час експлуатації обладнання	74
5.2 Токсичні характеристики розділених компонентів.....	75
5.3 Розрахунок освітлення	75
5.4 Екологія при виробництві ацетону	77
Висновки.....	78
Список літератури	79

					6.133.21.04.00.00.00 ПЗ			
Изм	Лист	№ докум	Подпись	Дата	Виробництво ацетону Пояснювальна записка	Лит.	Лист	Листов
Разраб.	Дудуков						4	79
Провер.	Закусило							
Н. Контр.								
Утверд.								
						ШІ Сум ДУ		

Вступ

Ректифікація - процес поділу гомогенних сумішей летких рідин шляхом двостороннього масо - і теплообміну між нерівновагими рідкої і парової фазами, що мають різну температуру і рухомими відносно один одного. Поділ здійснюється зазвичай в колонних апаратах при багаторазовому або безперервному контакті фаз. При кожному контакті з рідини випаровується переважно НК, яким збагачуються пари, а з парової фази конденсується переважно ВК, що переходить в рідину. Обмін компонентами між фазами дозволяє отримати, в кінцевому рахунку, пари, що представляють собою майже чистий НК. Ці пари, що виходять з верхньої частини колони, після їх конденсації в окремому апараті дають дистиллят, або ректифікат (верхній продукт) і флегму - рідина, що повертається для зрошення колони і взаємодії з піднімаються по колоні парами. Знизу колони видаляється рідина, що є майже чистий ВК, - залишок (нижній продукт). Частина залишку випаровують в нижній частині колони для отримання висхідного потоку пара.

Ректифікація відома з початку XIX століття як один з найважливіших технологічних процесів головним чином спиртової та нафтової промисловості. В даний час ректифікацію все ширше застосовують в самих різних областях хімічної технології, де виділення компонентів у чистому вигляді має дуже важливе значення (в виробництвах органічного синтезу, ізотопів, полімерів, напівпровідників і різних інших речовин).

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

1 Технологічна частина

1.1 Опис технологічної схеми виробництва

Принципова схема ректифікаційної установки у виробництві ацетону показана на рисунку 1.1. Суміш що розділяється (ацетон - вода) після первинного розподілу 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 на вторинне поділ суміші в колону ректифікації поз.1 на тарілку харчування, де склад рідини дорівнює складу вихідної суміші.

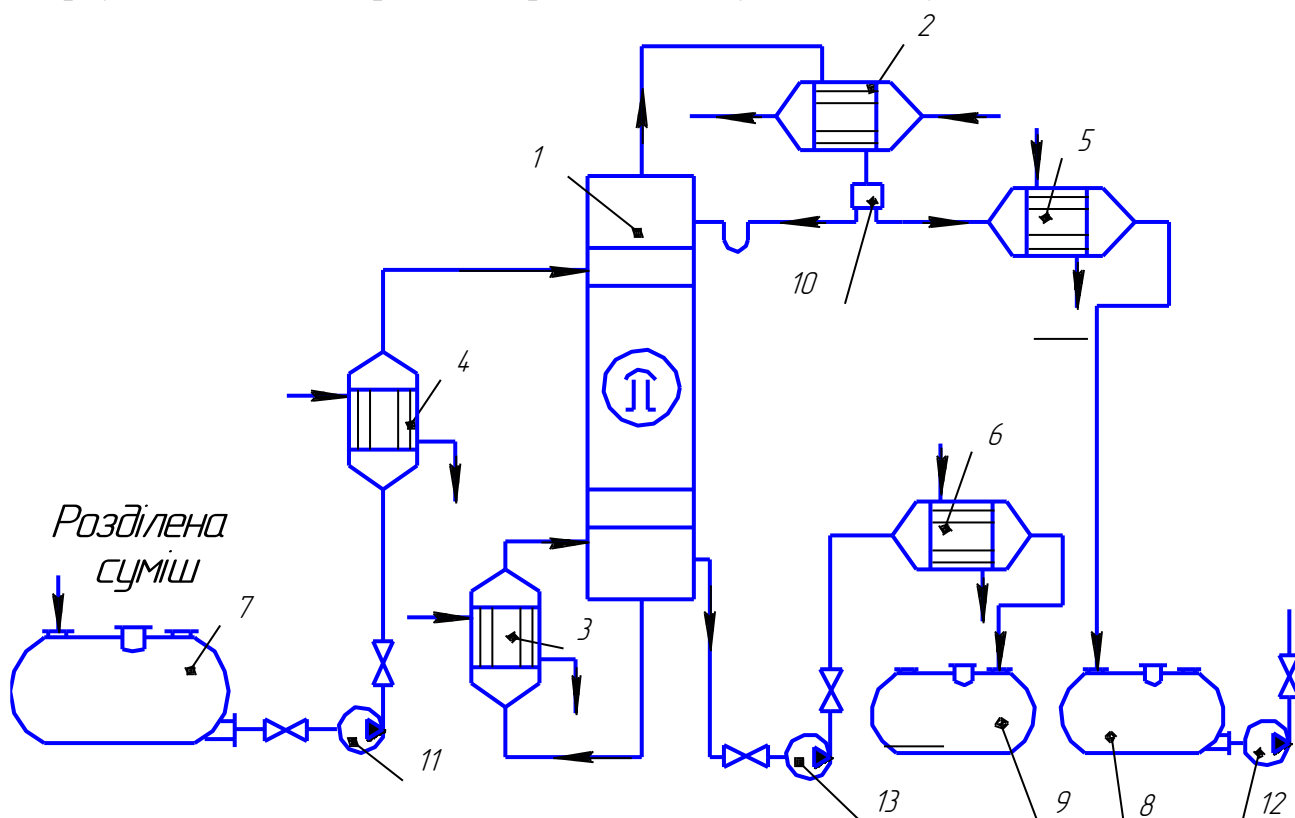


Рисунок 1.1 – Технологічна схема ректифікаційної установки при виробництві ацетону.

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

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

6.133.21.04.00.00.00 ПЗ

Арк.

6

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 легко летючим компонентом. Для більш повного збагачення верхню частину колони зрошують відповідно до заданого флегмового числом рідиною (флегмою) складу x_p , яка виходить в дефлегматорі поз.2 шляхом конденсації пара, що виходить з колони. Частина конденсату виводиться з дефлегматора у вигляді готового продукту поділу - дистиляту, 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 важко летючим компонентом, який охолоджується в теплообміннику (холодильнику) поз.6 і направляється в ємність поз.9.

Таким чином, в ректифікаційної колоні здійснюється безперервний нерівномірний процес поділу вихідної бінарної суміші на дистилат з високим вмістом легко летючого компонента і кубовий залишок, збагачений важко летючим компонентом.

					<i>6.133.21.04.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2 Теоретичні основи процесу

Колона зміцнення.

Розглянемо колону зміцнення апарату безперервної дії. Виведемо залежність між складом пари і складом рідини для будь-якого перетину колони між її тарілками. Зробимо при цьому такі припущення:

- 1) молекулярні теплоти випаровування обох компонентів рівні;
- 2) колона добре ізольована, і втрат тепла в навколишній простір немає;
- 3) суміш, що надходить в колону, нагріта до температури кипіння;
- 4) обігрів здійснюється глухим паром.

З графіка (див. рис. 1.2) видно, що молярна кількість пари, що піднімаються в колоні, G і кількість флегми, що стікає в колоні, f залишаються постійними, тобто $G = \text{const}$ та $f = \text{const}$. В такому випадку $G - f = \text{const}$.

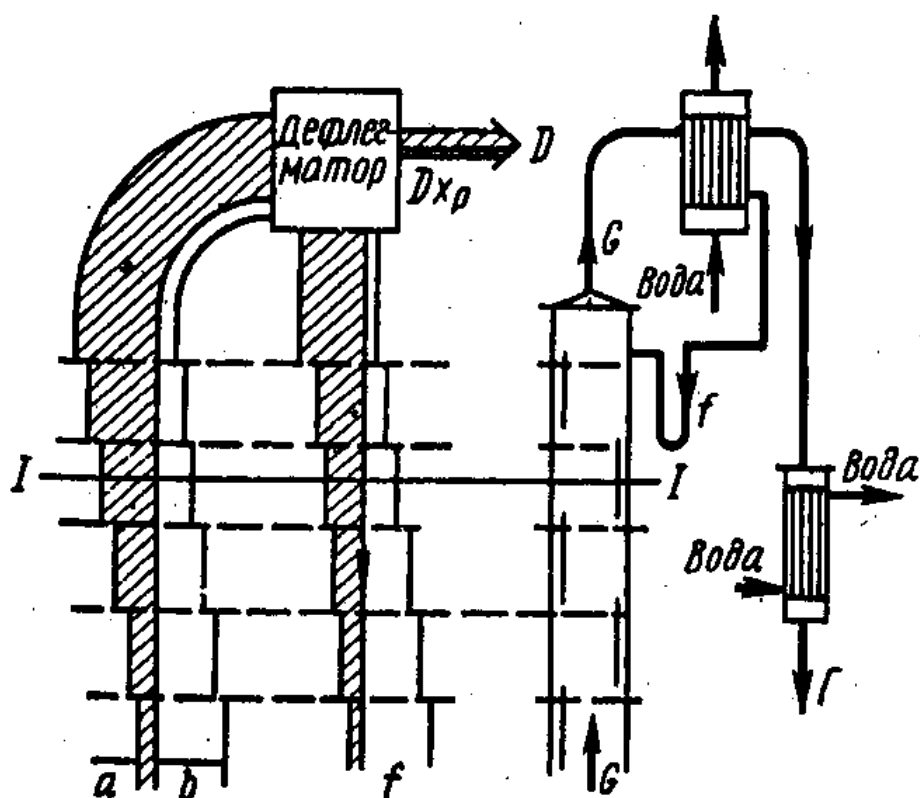


Рисунок 1.2 – Графік масообміну на тарілках ректифікаційної колони

З рис. 1.2 видно, що

$$G - f = D \quad (1.1)$$

Розглянемо перетин I-I між двома довільно обраними тарілками. Для цього перерізу можна написати

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

6.133.21.04.00.00.00 ПЗ

Арк.

8

$$Gy - fx = Dx_D \quad (1.2)$$

де D – кількість дистилляту, кмоль/с; x_D і x – зміст легко летючого компонента в дистилляті та в флегмі, мол. %.

Розглядаючи графік, неважко переконатися, що це рівняння справедливе для будь-якого перетину колони. З рівнянь (1.1) і (1.2) можна визначити

$$y = (fx + Dx_D)/G = (fx + Dx_D)/(f + D),$$

або

$$y = [fx/(f + D)] + [Dx_D/(f + D)] \quad (1.3)$$

Позначимо відношення f / D через v . Величина v називається флегмове число або погонним ставленням. Флегмове число показує, в якому відношенні парової потік, що надходить в дефлегматорі, розділяється на флегму і дистиллят.

Замінюючи в рівнянні (1.3) f через vD , отримаємо

$$y = [vDx/(vD + D)] + [Dx_D/(vD + D)],$$

або

$$y = [v/(v + 1)]x + [x_D/(v + 1)] \quad (1.4)$$

Рівняння (1.4) є рівнянням прямої лінії, так як при сталій роботі $v = \text{const}$ та $x_D = \text{const}$.

Ця пряма буде побудована в координатах $y - x$, тобто в тих же координатах, що і крива рівноваги. Ця лінія називається робочої або оперативною лінією колони. Побудова цієї лінії показано на рис. 1.3. На вертикальній осі відкладається відрізок $B = x_D/(v + 1)$; при отриманій точці N будується кут α , який знаходять з умови, що $\text{tg } \alpha = v/(v + 1)$. Послід цього будується робоча лінія.

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

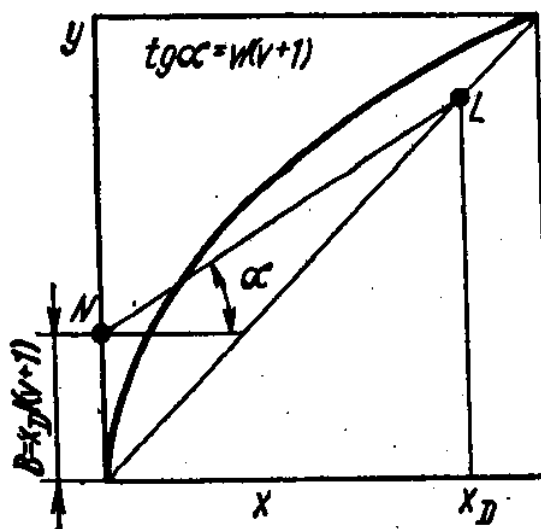


Рисунок 1.3 – Побудова робочої лінії колони зміцнення

Можна спростити побудову, виходячи з того положення, дистилат, флегма і пар, що надходить в дефлегматор, мають однакові склади. Звідси випливає, що перпендикуляр, вставлений з точки x_D до точки перетину з діагоналлю, дає одну з точок робочої лінії. У такому випадку немає необхідності будувати кут α . Можна, знайшовши точки N і L, провести через них робочу лінію. Робоча лінія і лінія рівноваги дозволяють знайти число контактів (тарілок), необхідних для зміцнення пари, що надходить в зміцнюючу колону, до заданої концентрації легко летучого компонента.

Побудова показано на рис. 1.4. Воно починається з точки L, яка, як зазначено вище, визначає склад дистилату, флегми і пара, що надходить в дефлегматор ($x_D = y_1$). Перпендикуляр, опущений з точки 1 на горизонтальну вісь, визначає склад рідини, що кипить на першій тарілці. Зміст легко летучого компонента в парі, що піднімається з другої тарілки на першу, y_2 , може бути знайдено за допомогою оперативної лінії. Для знаходження y_2 потрібно з точки M на оперативній лінії провести горизонталь до осі ординат. Якщо з точки 2 на кривій рівноваги опустити перпендикуляр на вісь абсцис, то знайдемо x_2 - склад рідини на другій тарілці. Точка P на оперативній лінії визначає склад пара y_3 , що піднімається з третьої тарілки на другу. Кожна ступінь на графіку відповідає одній тарілці колони. При побудові допущено, що на тарілці досягається рівновага між парою і рідиною. Отже, що отримується число тарілок є числом теоретичних тарілок, або числом ступенів концентрації. Таким способом визначають число ступенів концентрації, яке потрібно для збільшення концентрації легко летучого компонента від кінцевої x_k до x_D . В даному випадку $x_k = x_3$, отже, потрібно три ступені концентрації.

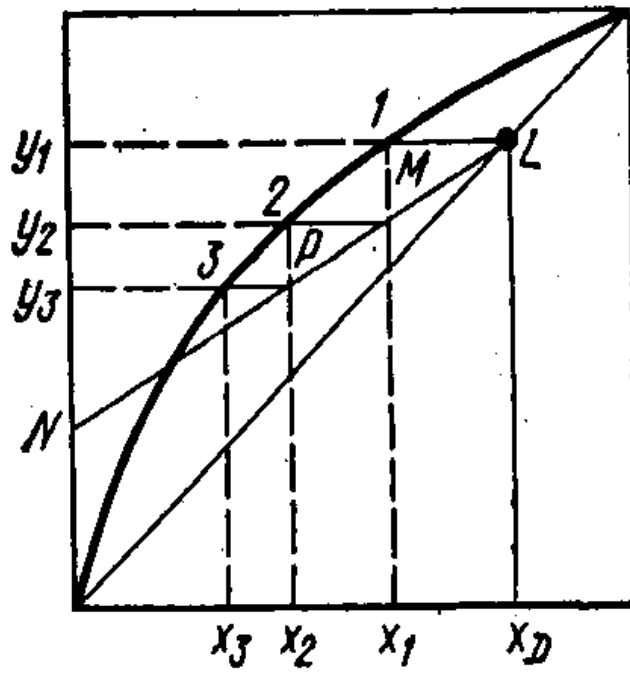


Рисунок 1.4 – Графічне визначення числа тарілок

Колона виснаження.

Колона виснаження апарату безперервної дії призначена для виділення з суміші, що надходить на ректифікацію, легко летючого компонента. Концентрація цього компонента в залишку, що минає з колони, повинна бути менше деякого заданого мінімуму. На рис. 1.5 приведено схему колони і графік руху пара і рідини в колоні виснаження.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

6.133.21.04.00.00.00 ПЗ

Арк.

11

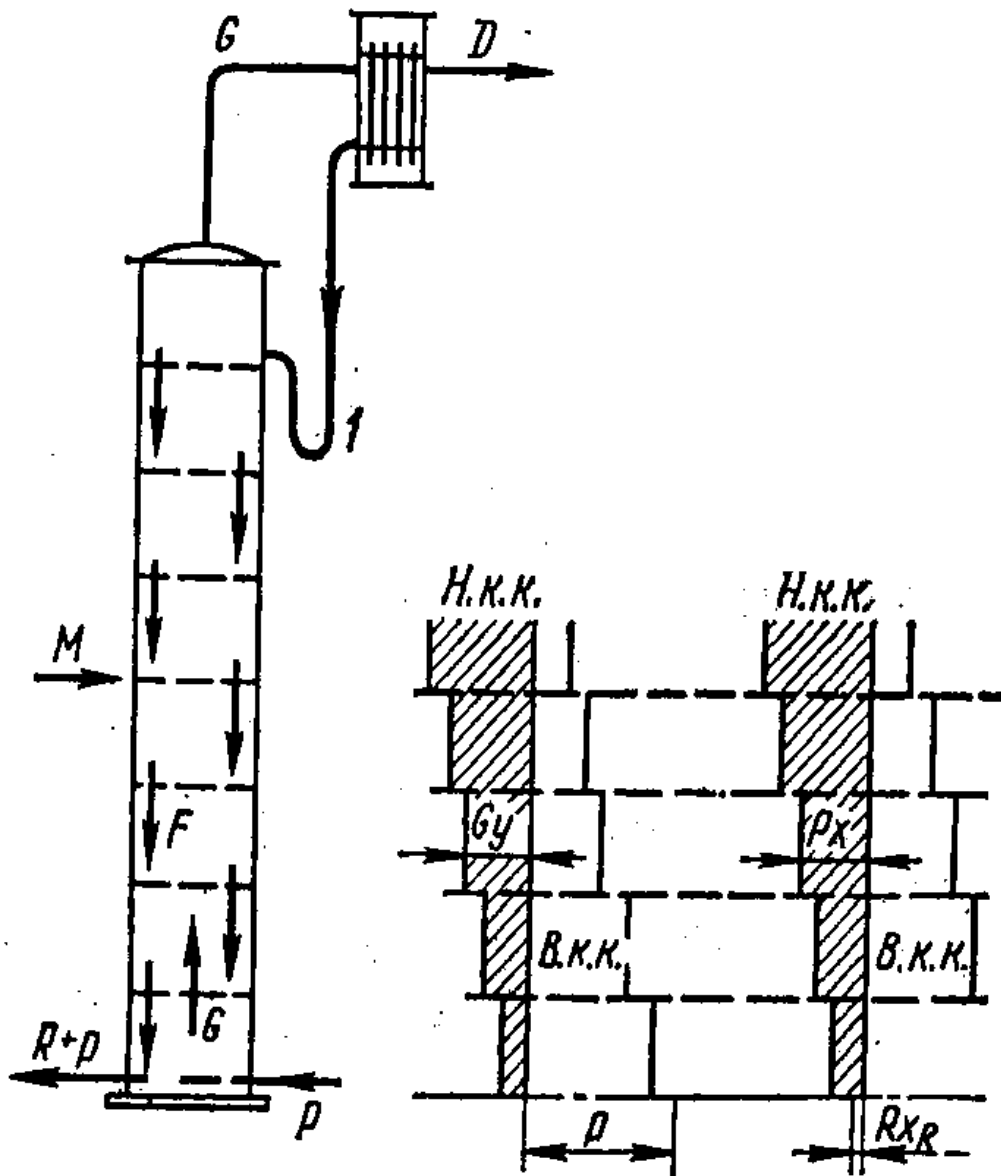


Рисунок 1.5 – Графік руху пара і рідини в колоні виснаження

У цій колоні стікає флегма f (в кмоль / с), що надійшла з колони зміцнення, і свіжа суміш, яка надходить на ректифікацію, в кількості M (в кмоль / с). Пара, що піднімається в цій колоні, утворюється в нижній частині колони за рахунок теплоти конденсації пари, що гріє. Його кількість P (в кмоль/с).

При цих умовах для виснажливої колони можна записати такі рівності:

$$M + f = F \quad (1.5)$$

де F – загальна кількість рідини, що стікає в нижній колоні, кмоль/с:

$$M = R + D \quad (1.6)$$

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

де R — залишок, що йде з колони, кмоль/с;

$$F - R = G \quad (1.7)$$

де G – кількість пари, що піднімається в колоні, кмоль / с.

При обігріві колони закритим паром з графіка руху пара і рідини випливає рівняння:

$$F_x - G_y = R_{xR} \quad (1.8)$$

де x_R — зміст легко летючого компонента в залишку, мовляв. %; x і y — зміст легко летючого компонента в парі і рідини в будь-якому перетині виснажливої колони, мол. %.

При обігріві відкритою парою рівняння (1.8) буде мати інший вигляд:

$$F_x - G_y = (P + R)x_R \quad (1.9)$$

так як конденсат пару змішується в цьому випадку із залишком. Однак так як P завжди значно менше R , то і при роботі з відкритим паром часто користуються рівнянням (1.8).

Рівняння (1.8) можна написати в такому вигляді:

$$x = [(F - R)/F]y + (R/F) x_R$$

Так як $F = M + f$ и $M = R + D$, то рівняння (2.8) може бути записано і так:

$$\begin{aligned} x &= [(M + f - M + D)/(M + f)]y + [(M - D)/(M + f)] x_R = \\ &= [(f + D)/(M + f)]y + [(M - D)/(M + f)] x_R \end{aligned}$$

Якщо прийняти $M / D = u$, а f , як раніше прийняте, вважати рівним vD , то це рівняння може бути записано і так:

$$x = [(vD + D)/(uD + vD)]y + [(uD - D)/(uD + vD)] x_R$$

Після скорочення на D отримаємо

$$x = [(v + 1)/(u + v)]y + [(u - 1)/(u + v)] x_R \quad (1.10)$$

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

Це рівняння так само, як і рівняння (1.4), є рівнянням прямої лінії, яка відсікає на осі x відрізок $[(u - 1)/(u + v)] x_R$ (рис. 1.6).

Пряма утворює з вертикаллю кут β , тангенс якого дорівнює $(v+1)/(u+v)$.

На цьому ж графіку побудована робоча лінія колони зміцнення. Робочі лінії перетинаються в точці K . Користуючись методами аналітичної геометрії, можна знайти координати точки K . Виявляється, що точка K лежить на перпендикулярі, вставлений з точки на осі абсцис x_M . Ця точка відповідає змісту легко летучого компонента в суміші, що надходить на ректифікацію. Таким же чином може бути знайдена точка перетину робочої лінії нижньої колони з діагоналлю графіка. Виявляється, що вона лежить на перпендикулярі, встановлений з точки x_R на осі абсцис (рис. 2.6).

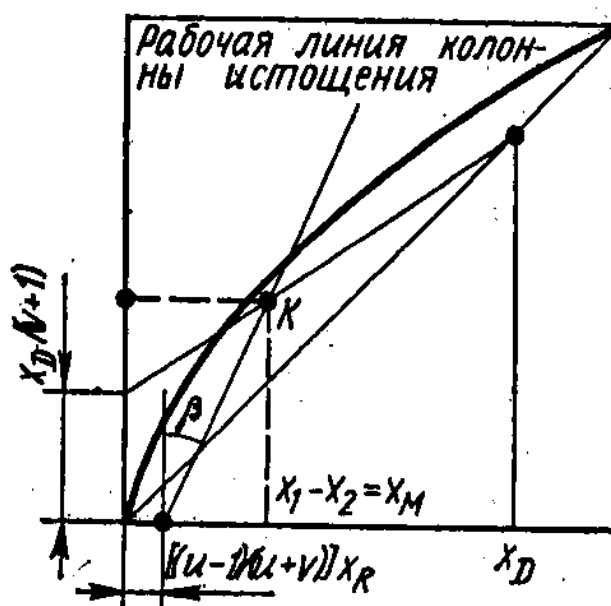


Рисунок 1.6 – Побудова робочої лінії колони виснаження (перший спосіб)

Звідси впливає другий, більш простий метод побудови робочої лінії нижньої колони (див. Рис. 1.7). Він полягає в наступному. Описаним методом проводять робочу лінію колони зміцнення; знаходять точки x_M і x_R на горизонтальній осі, проводять перпендикуляри до перетину з робочою лінією колони зміцнення і до діагоналлі графіка; знаходять точки K і D . Поєднуючи їх прямою, отримують робочу лінію колони виснаження.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

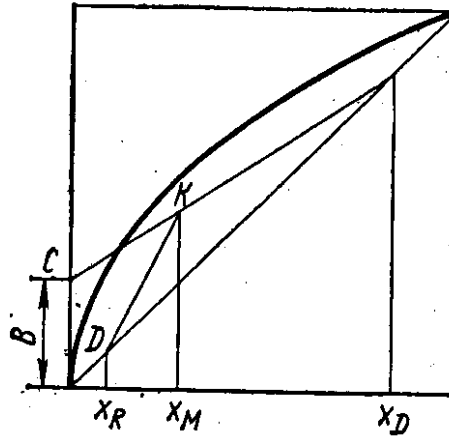


Рисунок 1.7 – Побудова робочої лінії колони виснаження (другий спосіб)

Число тарілок колони виснаження визначають так само, як і колони зміцнення, побудувавши ступінчастий графік. Це побудова показано на рис. 1.8. Отримане графічним розрахунком число теоретичних ступенів концентрації є вихідним для знаходження числа дійсних (реальних) тарілок. Дійсних тарілок повинно бути більше, ніж теоретичних, так як на дійсних тарілках не досягається стан рівноваги. Мірою ефективності дійсної тарілки є ККД тарілки. Цю величину, меншу одиниці, визначають експериментально. Розділивши число ступенів концентрації, знайдене графічним методом, на ККД, отримують число дійсних тарілок. Величина ККД тарілок залежить від багатьох факторів: конструкції тарілки, відстані між тарілками, швидкості пара, фізичних властивостей ректифікованої рідини. При розрахунку апаратів користуються середнім ККД, встановленими для різних випадків ректифікації. ККД коливається в межах від 0,25 до 0,9. Такий спосіб визначення числа тарілок в колоні за допомогою їх ККД в даний час вважається наближеним, так значення ККД змінюються в широких межах і, крім того вони багато в чому залежать від концентрації поділюваних сумішей «лінії перемішування суміші на тарілках. Точніше число тарілок до колони визначають за допомогою рівнянь масопередачі.

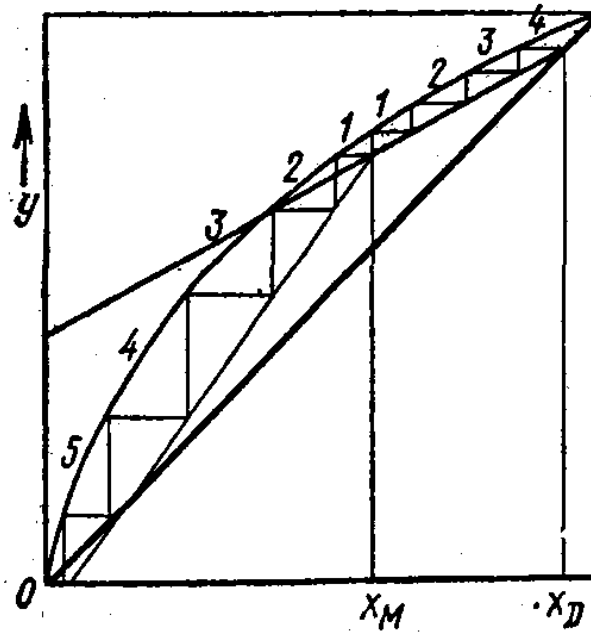


Рисунок 1.8 – Знаходження числа ступенів концентрації для колони ректифікації

1.3 Опис конструкції запроєктованого апарату

Колона ректифікації є вертикальний циліндричний апарат, конструктивно складається з корпусу, кришки, днища, штуцерів, опори і внутрішнього устрою.

Корпус зібраний з окремих царг, що з'єднуються між собою фланцями на прокладці. Кришку і днище кріплять таким же чином.

Колону виготовляють за заводськими нормам або відповідно до вимог ОСТ 26-291-71.

Тарілки - внутрішні барботичні пристрої, які забезпечують безпосередній контакт між парової і рідкої фазами, необхідний для ректифікації.

Колона укомплектована однопоточними тарілками типу ТСК зі сталевими капсульними круглими ковпачками, які збирають з царг.

Основною частиною такої тарілки (малюнок 1.9) є основа 2 - сталевий відбортований диск товщиною 4 мм з отворами для установки парових патрубків 3 і сегментної зливної труби 1. Над паровими патрубками встановлені стандартні ковпачки 4. Для створення необхідного рівня рідини тарілка забезпечена зливний перегородкою 10, до якої гвинтами прикріплена регульовальна планка 9. Перегородка 5 утворює так званий вхідну кишеню, в який занурюється зливна труба вище розташованої тарілки. Нижня тарілка встановлена на кільці 15, привареному до царги. Точність горизонтальної установки забезпечується регульовальними гвинтами 14.

						Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	6.133.21.04.00.00.00 ПЗ	

Для установки розташовуваної вище тарілки служать стійки 7, мають опорні плити 8. Таким чином заповнюють всю царгу (три - п'ять тарілок).

Зазор між бортом підстави тарілки і царгою ущільнюють установкою сальникової набивки 13 і затисненням її притискним кільцем 6 за допомогою шпильок 11 і скоб 12.

Ковпачки 1 (див. Рис. 1.10) прикріплені до парових патрубків 2 спеціальними болтами 5, шайбами 3 і гайками 4. По краю ковпачок має прорізи шириною 4 мм і висотою 15мм.

Рідина через сегментну зливну трубу заповнює тарілку на рівень, який визначається положенням регулювальної планки 9. Ковпачки своїми прорізами занурені в рідину. Пара проходить знизу через парові патрубки, щілини ковпачків і барботують крізь шар рідини; при цьому відбувається масообмін. Рідина переливається на нижче розташовану тарілку, а пара йде вгору. Відстань між тарілками прийнято 350мм.

Кільце являє собою розрізний бандаж, до якого по кінцях приварені металеві планки з співісними отворами. В отвори вставлені шпильки. Після установки бандаж розтискають за допомогою двох гайок, і він прилягає до внутрішньої поверхні корпусу; при цьому шипи, приварені до корпусу, входять в отвори бандажа.

					6.133.21.04.00.00.00 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

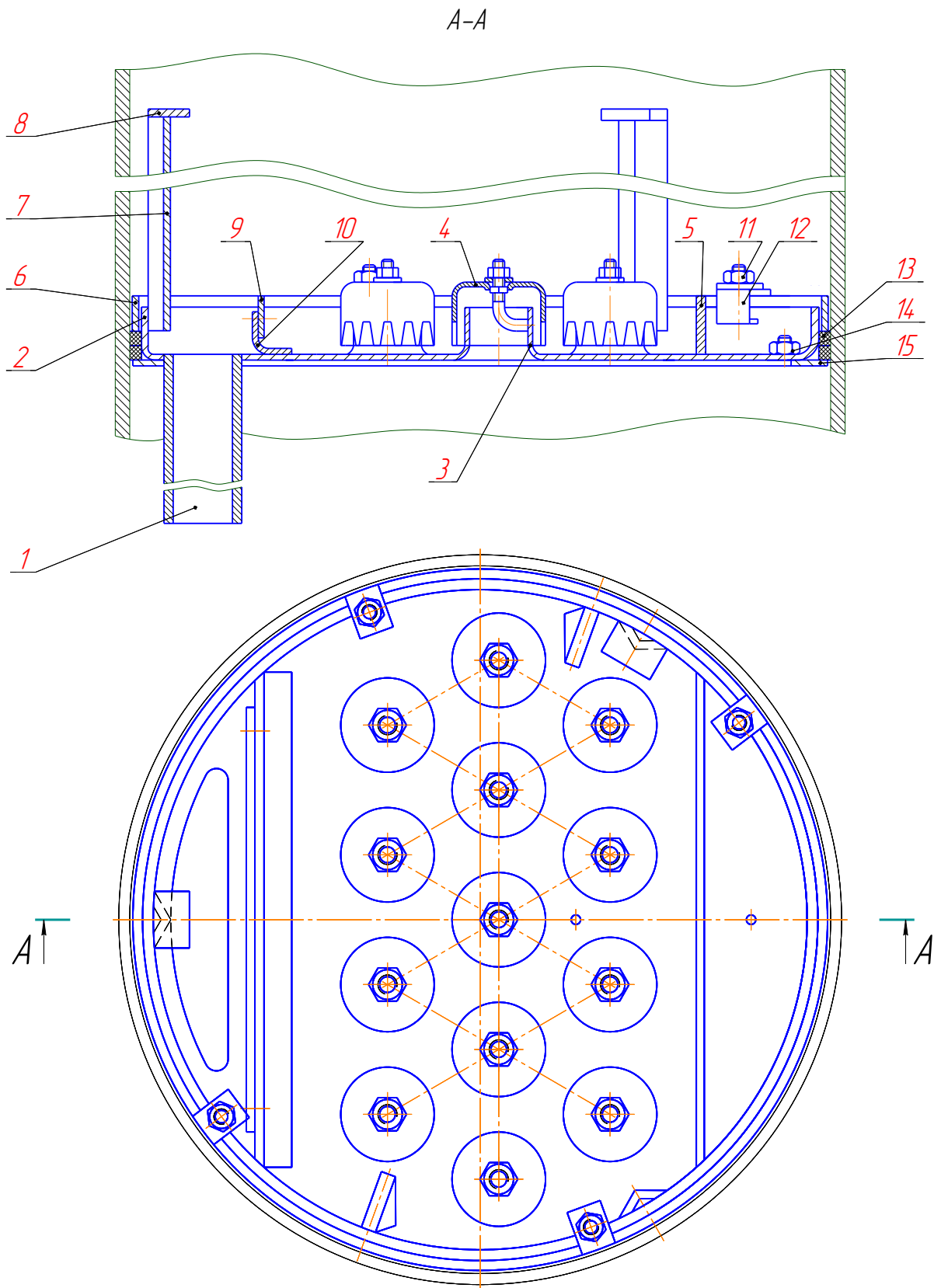


Рисунок 1.9 – Тарілка ТСК-1

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

6.133.21.04.00.00.00 ПЗ

Арк.

18

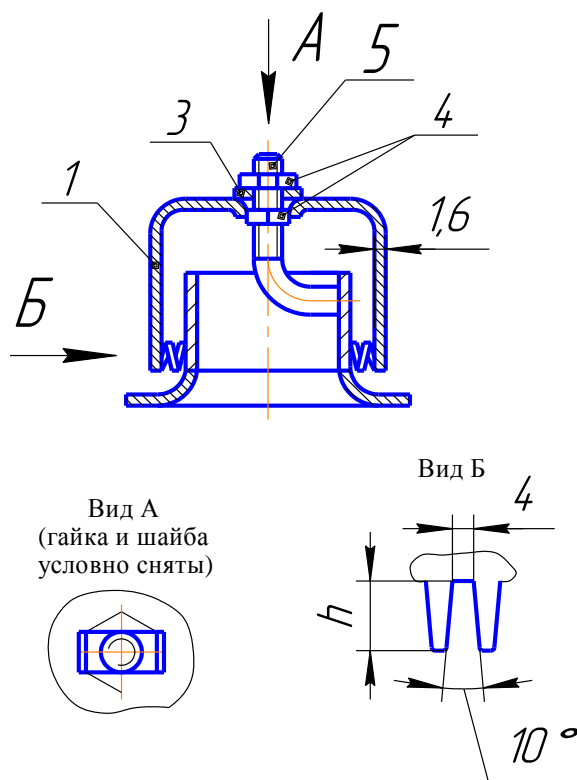


Рисунок 1.10 – Капсульні ковпачки

Для установки апаратів і посудин на фундаменти або несучі конструкції передбачають опори. Конструкція опор залежить від виду, робочого положення і маси апарату, а також способу і місця його монтажу.

Для зварних сталевих апаратів застосовують типові опори суцільнозварної конструкції (рисунок 1.11), що складаються з циліндричної опорної обичайки (спідниці) 1, фундаментного кільця 2 і зміцнюючих елементів (косинок 3). Опору приварюють верхньою частиною до апарату (вузол І), а нижній за допомогою анкерних болтів кріплять до фундаменту.

Для внутрішнього огляду зварних швів і обслуговування фланцевих з'єднань в обичайці опор передбачають вікна 6, що представляють собою круглі або довгасті вирізи зі зміцненням у вигляді ввареними коротких патрубків. Подібним чином, але менших розмірів влаштовують вентиляційні отвори

Косинки 3 представляють собою вертикальні ребра, що приварюються до опорної обичайки і опорного кільця для додання останнім більшої жорсткості.

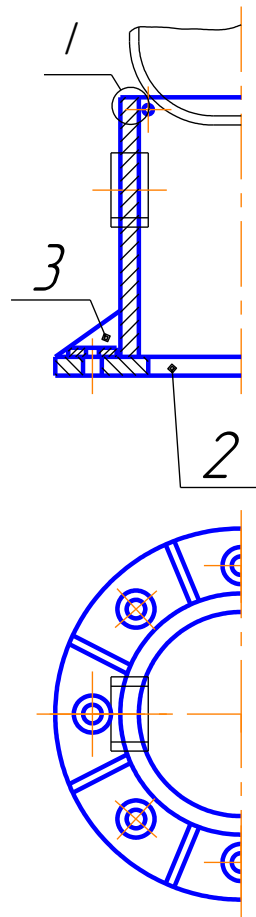


Рисунок 1.11 – Опора вертикального аппарата
 1 - обичайка, 2 - опора, 3 - ребро

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

6.133.21.04.00.00.00 ПЗ

Арк.

20

2 Технологічні розрахунки процесу та апарату

2.1 Матеріальний баланс

Масова витрата дистилляту позначимо через G_D (кг / год), витрата кубового залишку - через G_W (кг / год), витрата вихідної суміші – G_f (кг/ч).

Рівняння матеріального балансу: [2, с 67]

- за потоками:

$$G_D + G_W = G_f, \quad \text{або} \quad (2.1)$$

$$13500 + G_W = G_f$$

- по ацетону:

$$G_D \times X_D + G_W \times X_W = G_f \times X_f, \quad \text{або} \quad (2.2)$$

$$0,92 \times 13500 + 0,03 \times G_W = 0,25 \times G_f$$

Отримуємо систему рівнянь

$$\begin{cases} G_f - G_W = 13500 \\ 0,25G_f - 0,03G_W = 13095 \end{cases}$$

З цієї системи рівнянь знаходимо:

$$\begin{cases} G_f = 13500 + G_W \\ 0,25(13500 + 0,03G_W) = 13095 \end{cases}$$

$$0,221G_W = 9720, \quad G_W = \frac{9720}{0,22} = 44182 \text{ кг/ч}, \quad G_f = 57682 \text{ кг/ч}.$$

Секундні масові витрати вихідної суміші, дистилляту і кубового залишку складуть:

$$G_f^I = \frac{57682}{3600} = 16 \text{ кг/с},$$

$$G_D^I = \frac{13500}{3600} = 3,8 \text{ кг/с},$$

$$G_W^I = \frac{44182}{3600} = 12,2 \text{ кг/с}.$$

Дані по ізобаричній рівновазі «пар - рідина» для бінарної суміші «ацетон - вода» при нормальному тиску представлені в таблиці 2.1.

					6.133.21.04.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Таблиця 2.1 – Ізобарна рівновагу бінарної суміші «ацетон-вода»

x, мол.долі	y*, мол.долі	t °C
0.0	0,0	100
0,0115	0,2791	92
0,0221	0,4488	85,2
0,0638	0,6809	72,1
0,1164	0,7777	65,3
0,1727	0,8073	62,7
0,3085	0,8309	60,9
0,4439	0,8421	60,3
0,5096	0,8524	59,8
0,6232	0,8603	59,4
0,6829	0,8722	58,8
0,7629	0,8871	58,35
0,8208	0,9037	58,1
0,9004	0,9353	57,6

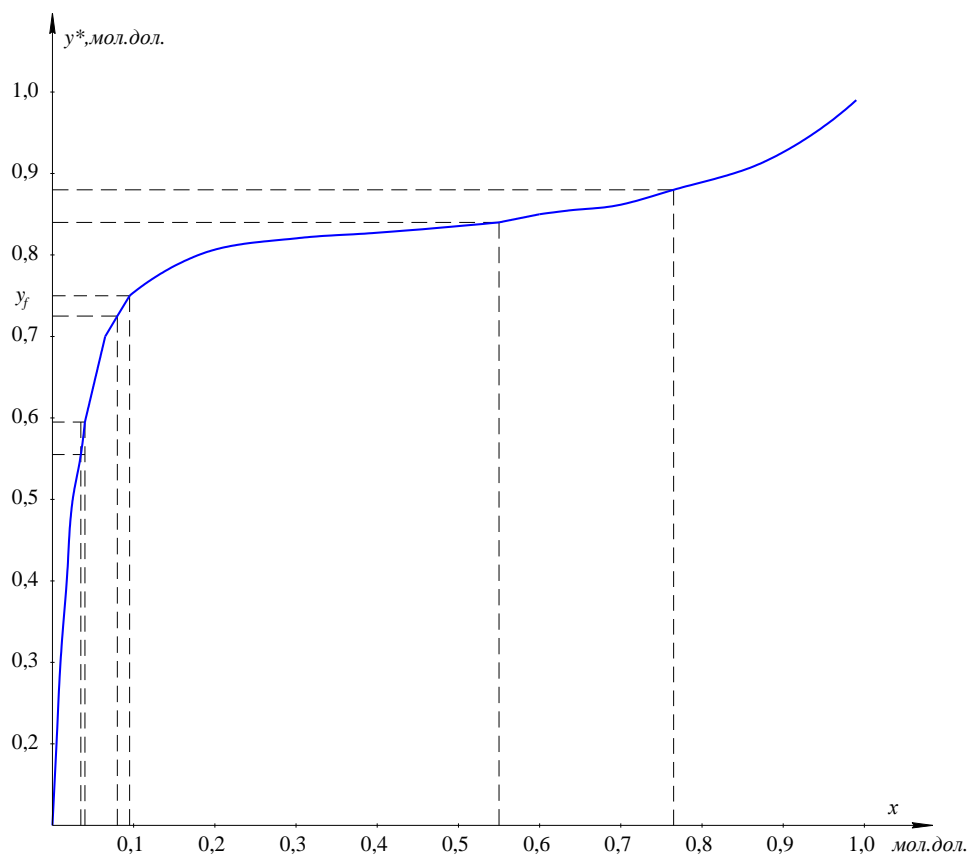


Рисунок 2.12 – Графік Ізобаричний рівноваги «пар-рідина» для системи «ацетон-вода»

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

6.133.21.04.00.00.00 ПЗ

Арк.

22

2.2 Визначення флегмового числа

Приймаємо, що вихідна суміш, маючи концентрацію по ацетону $X_F = 25\%$, подається в колону у вигляді рідини, нагрітої до температури кипіння.

За даними таблиці 1 будуюмо криву рівноваги в координатах « y^* - x »
Визначаємо мінімальне число флегми 7.30 [3, с 56] за формулою:

$$R_{\min} = \frac{x_D - y_f}{y_f - x_f}, \quad (2.3)$$

де: x_D - склад дистилляту в мольних частках НК (ацетона);

x_f - склад дистилляту в мольних частках ацетону;

y_f - склад пари над вихідної сумішшю в мольних частках ацетону.

Перераховуємо концентрацію ацетону в вихідної суміші з масових відсотків в молярний частки [3, с 57].

$$x_f = \frac{\frac{a}{M_a}}{\frac{a}{M_a} + \frac{b}{M_b}}, \quad (2.4)$$

де: a, b - масові частки компонентів;

M_a, M_b - молекулярні ваги компонентів;

M_a - молекулярна маса ацетону $M_a=58$;

M_b - молекулярна маса води $M_b=18$.

$$x_f = \frac{\frac{0,25}{58}}{\frac{0,25}{58} + \frac{0,75}{18}} = 0,094 \frac{\text{кМоль } a}{\text{кМоль } (a + b)}$$

Склад дистилляту:

$$x_D = \frac{\frac{\overline{x_D}}{M_a}}{\frac{\overline{x_D}}{M_a} + \frac{1 - \overline{x_D}}{M_b}} = \frac{\frac{0,92}{58}}{\frac{0,92}{58} + \frac{1 - 0,92}{18}} = 0,8 \frac{\text{кМоль } a}{\text{кМоль } (a + b)}$$

Склад кубового залишку:

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

$$x_w = \frac{\frac{\overline{x_w}}{M_a}}{\frac{\overline{x_w}}{M_a} + \frac{1 - \overline{x_w}}{M_b}} = \frac{\frac{0,03}{58}}{\frac{0,03}{58} + \frac{1 - 0,03}{18}} = 0,009 \frac{\text{кмоль } a}{\text{кмоль } (a + b)}$$

значення y_f знаходимо по кривій рівноваги при $x_f = 0,094$ $y_f^* = 0,75$
Мінімальна кількість флегми

$$R_{\min} = \frac{0,8 - 0,75}{0,75 - 0,094} = 0,2$$

Робоче число флегми:

$$R = 1.3 \times R_{\min} + 0.3$$

$$R = 1.3 \times 0.2 + 0.3 = 0.56$$

2.3 Тепловий баланс

Розрахунок ентальпій

Мольні теплоти випаровування ацетону і води зводимо в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 - мольна теплоти випаровування ацетону і води

Температура, °C			50	60	80	10
Теплота випаровування, кДж/кмоль	ацетон	r_1	30600	30030	28750	27410
	вода	r_2	42920	42490	41600	40670

З причини відсутності даних залежності теплоємності водних розчинів ацетону від температури, використовуємо значення теплоємності розчинів при кімнатній температурі (таблиця 2.3).

Таблиця 2.3 - Залежності теплоємності водних розчинів ацетону від температури

x , мол.дол.	0	0,0333	0,072	0,171	0,318	0,42	0,554	0,736	1
C_p , $\frac{\text{кДж}}{\text{кмоль} \times \text{K}^\circ}$	75,3	80,3	85,3	96,3	109	116	121	126	127

Теплоти змішування ацетону при 25°C беремо з довідника і вносимо в таблицю 2.4.

Таблиця 2.4 - Теплоти змішування ацетону при 25°C

х, мол.дол.	0,05	0,125	0,251	0,375	0,498	0,624	0,721	0,874	0,95
$\Delta H_{см}, \frac{кДж}{кмоль \times K^\circ}$	-385	-624	-608	-419	-177	67	202	272	157

За допомогою наведених даних розрахуємо (приймавши за стандартний стан при 25°C) ентальпії ацетону і води за наступними рівняннями:

$$i = \Delta H_{см} + C_p \times (t - 25) \quad (2.5)$$

Для суміші ацетон-вода:

$$i = \Delta H_{см} + C_p \times (t - 25) + y \times r_1 + 1 \times (1 - y) \times r_2 \quad (2.6)$$

При виконанні розрахунків шукані величини знаходимо лінійною інтерполяцією за рівнянням

$$q = q_1 - \frac{q_1 - q_2}{s_1 - s_2} \times (s_1 - s_2), \quad (2.7)$$

де:

q- шукана величина, що залежить від параметра s

q₁ і q₂- найближчі відомі значення q при s = s₁ і s₂

Так температура кипіння вихідної суміші, що містить 0,094 моль ацетону, (таблиця 1)

$$t_f = 72,1 + \frac{72,1 - 65,3}{0,0638 - 0,1164} \times (0,094 - 0,0638) = 68,5^\circ C$$

Таким же чином визначаємо теплоту змішування і теплоємність

$$\Delta H_{смf} = -385 + \frac{-385 - (-624)}{0,05 - 0,125} \times (0,094 - 0,05) = -598 \frac{кДж}{кмоль}$$

Знаходимо ентальпію вихідній суміші

$$i_f = 598 + 90,2 \times (68,5 - 25) = 3325 \frac{кДж}{кмоль}$$

Температура кипіння кубового залишку t_{кип}=98°C

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

Теплота змішування кубового залишку при $x_w=0,03$ $\Delta H_w \approx -200 \text{ кДж/кмоль}$

Теплоємність $C_p=75,8 \text{ кДж/кмоль}$

Ентальпія кубового залишку:

$$i_w = 200 + 75,8 \times (98 - 25) = 5333 \text{ кДж/кмоль}$$

Для знаходження ентальпій дистилляту і пара, що надходить в дефлегматор:

теплота змішування при температурі конденсації $t_k=58,5^\circ\text{C}$ і $x_D=0,8$

$$\Delta H_{см} = 272 + \frac{272 - 157}{0,874 - 0,95} \times (0,8 - 0,874) = 250 \text{ кДж/кмоль};$$

теплоємність

$$C_p = 126 + \frac{126 - 127}{0,736 - 1} \times (0,8 - 0,736) = 126,5 \text{ кДж/кмоль};$$

теплота випаровування ацетону

$$r_1 = 30600 + \frac{30600 - 30030}{50 - 60} \times (58,5 - 50) = 31085 \text{ кДж/кмоль}$$

теплота випаровування води

$$r_2 = 42920 + \frac{42920 - 42490}{50 - 60} \times (58,5 - 50) = 42555 \text{ кДж/кмоль}$$

В результаті отримаємо ентальпію ацетону і суміші ацетону з водою

$$i_p = 250 + 126,5 \times (58,5 - 25) = 4488 \text{ кДж/кмоль}$$

$$I_1 = 4488 + 0,882 \times 31085 + (1 - 0,8) \times 42555 = 36927 \text{ кДж/кмоль}$$

Тепловий баланс:

Теплове навантаження дефлегматора

$$Q_d = P \times (R + 1) \times (I_1 - i_p), \quad (2.8)$$

де:

					6.133.21.04.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

P – витрата дистилляту, кмоль/с

$$P = \frac{13500}{58 \times 3600} = 3,83 \times 10^{-3} \text{ кмоль/с}$$

$$Q_D = 3,83 \times 10^{-3} \times (0,56 + 1) \times (36927 - 4488) = 194 \text{ кВт};$$

Теплове навантаження кип'ятильника

$$Q_K = Q_D + P \times i_p + W \times i_w - F \times i_f \quad (2.9)$$

$$Q_K = 194 + 3,83 \times 10^{-3} \times 4488 + 34 \times 10^{-3} \times 5433 - 37,8 \times 10^{-3} \times 3325 = 270 \text{ кВт}$$

Витрати гріючого пара $P_{\text{изб}} = (3 \text{ кг/см}^2)$ з урахуванням його вологості (5%) в кип'ятильник при теплових втратах 5% складе:

$$G_{\text{сп.п.}} = \frac{Q_K \times 1,05}{r \times x} \quad (2.10)$$

$$G_{\text{сп.п.}} = \frac{270 \times 10^3 \times 1,05}{2140 \times 10^3 \times 0,92} = 0,139 \text{ кг/с} = 502 \text{ кг/час},$$

де:

2140×10^3 Дж/кг – теплота конденсації пари, що гріє.

Витрата охолоджуючої води в дефлегматоре при нагріванні її на 20°C

$$G_{\text{сп.п.}} = \frac{Q_D}{C_6 \times \Delta t_6} \quad (2.11)$$

$$G_{\text{сп.п.}} = \frac{194 \times 10^3}{4,19 \times 10^3 \times 20} = 2,32 \text{ кг/с} = 8334 \text{ кг/час}$$

$$\Delta t_B = 20 \text{ [3, с. 432]}$$

Витрати вихідної суміші F, кмоль/с

$$F = \rho \frac{x_D - x_W}{x_f - x_W} = 3,83 \times 10^{-3} \frac{0,8 - 0,009}{0,094 - 0,009} = 37,8 \times 10^{-3} \text{ кмоль/с} \quad (2.12)$$

Витрата кубового залишку

$$W = F - P = (37,8 - 3,83) \times 10^{-3} \approx 34 \times 10^{-3} \text{ кмоль/с}$$

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

2.4 Конструктивні розрахунки апарату

2.4.1 Визначення кількості теоретичних тарілок

Розрахунок ведемо за формулами III.65 і III.66

Рівняння робочої лінії для верхньої (зміцнювальної) частини колони:

$$y_{n+1} = \frac{R}{R+1} \times x_n + \frac{x_D}{R+1} \quad (2.13)$$

$$y_{n+1} = \frac{0,56}{0,56+1} \times x_n + \frac{0,8}{0,56+1} = 0,36 \times x_n + 0,565$$

За діаграмою рівноваги ($y^* - x$) (рисунок 1) знаходимо, що при $y^* = 0,8$ $x = 0,765$. Для першого ступеня зміни концентрації отримаємо:

$$y_1 = 0,36 \times 0,765 + 0,565 = 0,84$$

За діаграмою рівноваги знаходимо, що при $y^* = 0,84$ $x = 0,45$. Для другого ступеня зміни концентрації отримаємо

$$y_2 = 0,36 \times 0,45 + 0,565 = 0,727$$

Аналогічно знаходимо далі.

при $y^* = 0,719$, $x = 0,09$.

третья ступінь - $y_3 = 0,36 \times 0,08 + 0,565 = 0,594$

При $y^* = 0,594$, $x = 0,04$

Четвертий ступінь зміни концентрації - $y_4 = 0,36 \times 0,04 + 0,565 = 0,58$

Якщо живлення подається на четверту теоретичну тарілку (зверху) то склад пара для всіх наступних ступенів знаходимо за рівнянням робочої лінії для вичерпною частини колони.

$$y_{n+1} = \frac{R+F}{R+1} \times x_n - \frac{F-1}{R+1} \times x_w, \quad (2.14)$$

де:

F- число кіломолей живлення на 1 кіломолей дистилляту. Визначається за формулою.

$$F = \frac{x_D - x_w}{x_f - x_w} \quad (2.15)$$

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

$$F = \frac{0,8 - 0,009}{0,094 - 0,009} = 9,66$$

$$y_{n+1} = \frac{0,56 + 9,66}{0,56 + 1} \times x_n - \frac{9,66 - 1}{0,56 + 1} \times 0,003 = 6,55 \times x_n - 0,0162$$

При $y_4 = 0,58$, $x = 0,035$.

П'ятий ступінь зміни концентрації

$$y_5 = 6,55 \times 0,035 - 0,0162 = 0,208$$

При $y_5 = 0,208$, $x = 0,01$.

Шоста ступінь зміни концентрації

$$y_6 = 6,55 \times 0,01 - 0,0162 = 0,048$$

При $y_6 = 0,048$, $x = 0,002$.

Тобто в рідині, що стікає з шостої тарілки, ацетону менше необхідної концентрації його в кубовому залишку

$$x_w = 0,003 > 0,002$$

Отже число теоретичних тарілок $n_T = 6$.

Графічний розрахунок також підтверджує це.

На графіку $b = X_D / (R + 1) = 0,8 / (0,56 + 1) = 0,565$

2.4.2 Розрахунок кількості робочих тарілок в колоні

ККД тарілки знаходимо за допомогою кінетичної кривої рисунок III.14 [2, с 61], яка побудована на основі закону ефективності тарілок по Мерфі. Тут на осі абсцис відкладено добуток середньої в'язкості рідкої фази в колоні (МПа · с) на відносну летючість (α)

$$\alpha = \frac{y \times (1 - x)}{x \times (1 - y^*)} \quad (2.16)$$

Середня в'язкість рідини визначається за рівнянням

					<i>6.133.21.04.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

$$\mu_{cp} = x_f \times \mu_1 + (1 - x_f) \times \mu_2, \quad (2.17)$$

де:

μ_1 і μ_2 - в'язкість в рідкому стані ацетону і води при середній температурі верху і низу колони.

Відносна плинність також знаходиться при середній температурі.

Шляхом лінійної інтерполяції даних таблиці знаходимо температуру конденсації пари, що містить 0,8 молей ацетону: $t_k=58,5^\circ\text{C}$.

Температура кипіння кубового залишку, що містить $x_w = 0,009$ моля ацетону: $t_{кип}=98^\circ\text{C}$.

Середня температура в колоні складе

$$t_{cp} = \frac{58,5 + 98}{2} = 78,25^\circ\text{C}$$

Інтерполяцією рівноважних концентрацій табл. 1 (додаток) знаходимо концентрації при середній температурі:

$$x = x_1 + \frac{x_1 - x_2}{t_1 - t_2} \times (t - t_1) \quad (2.18)$$

$$x = 0,0221 + \frac{0,0221 - 0,0638}{85,2 - 72,1} \times (78,25 - 85,2) = 0,0442$$

$$y = y_1 + \frac{y_1 - y_2}{t_1 - t_2} \times (t - t_1) \quad (2.19)$$

$$y = 0,4488 + \frac{0,4488 - 0,6809}{85,2 - 72,1} \times (78,25 - 85,2) = 0,572$$

Отже

$$\alpha = \frac{0,572 \times (1 - 0,0442)}{0,0442 \times (1 - 0,572)} = 28,9$$

В'язкість ацетону при $t_{cp} = 78,3^\circ\text{C}$ дорівнює 0,2 Мпа·с,

а води $\mu_2 = 0,357\text{МПа}$.

Середня в'язкість суміші складе:

$$\mu_{cp} = x_f \times \mu_1 + (1 - x_f) \times \mu_2 \quad (2.20)$$

					6.133.21.04.00.00.00 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\mu_{\text{ср}} = 0,094 \times 0,2 + (1 - 0,094) \times 0,357 = 0,34 \text{ МПа}\cdot\text{с}$$

$$\text{Величина } \alpha \cdot \mu_{\text{ср}} = 28,9 \times 0,34 = 9,83$$

За графіком [2, рисунок III.14] знаходимо ККД ковпачкових тарілок

$$\eta_{\text{T}} = 30\%$$

Отже число робочих ковпачкових тарілок

$$n_{\text{р.к.}} = \frac{6}{0,3} = 20$$

У верхній частині колони:

$$n_{\text{верх.}} = \frac{4}{0,3} = 13 \text{ тарілок}$$

У нижній частині колони:

$$n_{\text{низ.}} = 20 - 13 = 7 \text{ тарілок}$$

Живлення потрібно подавати на тарілку живлення 8-му, вважаючи знизу.

Розраховуємо діаметр колони при відстані між тарілками рівними $l_h = 0,4\text{м}$

Швидкість пару при захлинанні.

Знаходимо граничну швидкість пару за формулою III.68 [2, с 62]

$$\omega_{\text{уз}} = c \times \sqrt{\frac{\rho_x - \rho_y}{\rho_y}}, \quad (2.21)$$

де:

c- емпіричний коефіцієнт. Для тарілок з капсульними ковпачками значення c (м / с) визначаємо з емпіричної залежності III.69 [2, с.62].

$$C = \left\{ e - a \times \lg \left[\frac{L}{G} \times \left(\frac{\rho_y}{\rho_x} \right)^{0,5} \right] \right\} \times \left(\frac{\sigma}{0,02} \right)^{0,2}, \quad (2.22)$$

де:

σ - поверхневий натяг в Н/м.

Коефіцієнти «а» і «в» залежать від відстані між тарілками (h) і визначається з рівнянь [2, с.63]

					6.133.21.04.00.00.00 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

при
$$\frac{L}{G} \times \left(\frac{\rho_x}{\rho_y} \right)^{0,5} < 0,2 \quad (2.23)$$

$$a = 0,0492h + 0,0041; \quad b = 0,0564h + 0,0207,$$

де: L- витрата рідини, G- витрата пара.

Розрахунок ведемо для самого низу колони ректифікації.

Витрата пари, що надходить на нижню тарілку з кип'ятильника

$$G = \frac{Q_k}{r_w}, \quad (2.24)$$

де:

r_w - теплота випаровування кубового залишку.

При $t_{\text{кип}} = 98^\circ\text{C}$ теплота випаровування ацетону

$$r_1 = 28750 + \frac{28750 - 27410}{80 - 100} \times (98 - 80) = 27050 \text{ кДж/кмоль}$$

При цьому теплота випаровування води

$$r_2 = 41600 + \frac{41600 - 40670}{80 - 100} \times (98 - 80) = 40700 \text{ кДж/кмоль}$$

Отже теплота випаровування кубового залишку дорівнює

$$r_w = 0,009 \times 27050 + (1 - 0,009) \times 40700 = 40660 \text{ кДж/кмоль}$$

Отже витрата пара надходить на нижню тарілку з кип'ятильника складе

$$G = \frac{Q_k}{r_w} \quad (2.25)$$

$$G = \frac{270}{40660} = 0,00664 = 6,64 \times 10^{-3} \text{ кмоль/с}$$

Отже, витрата рідини, що стікає з нижньої тарілки в кип'ятильник складе:

$$L = G + W \quad (2.26)$$

					6.133.21.04.00.00.00 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$L = (6,64 + 34) \times 10^{-3} = 0,64 \times 10^{-3} \text{ кмоль/с}$$

Оскільки середня молекулярна маса кубового залишку практично дорівнює молекулярній масі води, то масові витрати пара і рідини в низу колони складе [2, с.63]

$$G = 6,64 \times 10^{-3} \times 18 = 0,119 \text{ кг/с}$$

$$L = 40,64 \times 10^{-3} \times 18 = 0,731 \text{ кг/с}$$

Щільності пара і рідини, зважаючи на малий вміст ацетону, приймемо рівними плотностям водяної пари і води при 98°C

$$\rho_y = 0,590 \text{ кг/м}^3 \quad \rho_x = 959 \text{ кг/м}^3$$

Поверхневий натяг води при цій температурі (σ) становить 0,059Н/м [2, с. 63].

Обчислюємо коефіцієнт c по формулі 1.31 [2].

при

$$\frac{L}{G} \times \left(\frac{\rho_x}{\rho_y} \right)^{0,5} = \frac{0,731}{0,119} \left(\frac{0,59}{959} \right)^{0,5} = 0,152$$

отримаємо коефіцієнти:

$$a = 0,0492 \times 0,4 + 0,041 = 0,0238$$

$$b = 0,0564 \times 0,4 + 0,0207 = 0,0433$$

Тоді

$$c = \left[0,0433 - 0,0238 \times \lg 0,152 \times \left(\frac{0,059}{0,02} \right)^{0,2} \right] = 0,0647 \text{ м/с}$$

Отже швидкість пара при захлинанні дорівнює:

$$\omega_{yz} = 0,0647 \times \sqrt{\frac{959 - 0,59}{0,59}} = 2,72 \text{ м/с}$$

Мінімально можливий діаметр колони визначимо за рівнянням [2, с 33]

									Арк.
									33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	6.133.21.04.00.00.00 ПЗ				

$$D_{\min} = \sqrt{\frac{4G}{\pi \times \rho_y \times \omega_{yz} \times S_{\text{раб}}}}, \quad (2.27)$$

де:

$S_{\text{раб}}$ - частка робочого перерізу колони.

Для ковпачкових тарілок $S_{\text{раб}}$ лежить в межах 0,5...0,7.

Приймаємо $S_{\text{раб}}=0.6$

$$D_{\min} = \sqrt{\frac{4 \times 0,119}{3,14 \times 0,59 \times 2,72 \times 0,6}} = 0,8 \text{ м}$$

Аналогічний розрахунок проводимо для верхньої частини колони.

Витрата пара в дефлегматор

$$G_D = \frac{Q_D}{r_D}, \quad (2.28)$$

де:

r_D - теплота випаровування дистилляту.

При $t = 58,5^\circ\text{C}$ теплота випаровування ацетону дорівнює $r_1=30000\text{кДж/кмоль}$.

Теплота випаровування води: $r_2 = 42400\text{кДж/кмоль}$

$$r_D = 0,92 \times 30000 + (1 - 0,92) \times 42400 = 30500\text{кДж/кмоль}$$

Витрата пара складе:

$$G_D = \frac{194}{30500} = 6,36 \times 10^{-3} \text{ кмоль/с}$$

У верхній частині колони відношення мольних витрат рідини і пара складе:

$$\left(\frac{L}{G}\right)_{\text{верх}} = \frac{R}{R+1} \quad (2.229)$$

$$\left(\frac{L}{G}\right)_{\text{верх}} = \frac{0,56}{0,56+1} = 0,359$$

Отже, витрата рідини складе:

$$L_D = 0,359 \times 0,36 \times 10^{-3} = 2,28 \times 10^{-3} \text{ кмоль/с}$$

					6.133.21.04.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Масові витрати вгорі колони складуть:

$$G_d = 6,36 \times 10^{-3} \times 58 = 0,37 \text{ кг/с}$$

$$L_d = 2,28 \times 10^{-3} \times 58 = 0,132 \text{ кг/с}$$

Щільність парів ацетону при температурі 58,5°C [6, с 52]

$$\rho_y = 1,9 \text{ кг/м}^3$$

щільність ацетону

$$\rho_x = 750 \text{ кг/м}^3$$

Обчислюємо коефіцієнт с при:

$$\frac{L}{G} \times \left(\frac{\rho_x}{\rho_y} \right)^{0,5} = \frac{0,132}{0,37} \times \left(\frac{1,9}{750} \right)^{0,5} = 0,018$$

$$C = \left\{ \epsilon - a \times \lg \left[\frac{L}{G} \times \left(\frac{\rho_y}{\rho_x} \right)^{0,5} \right] \right\} \times \left(\frac{\sigma}{0,02} \right)^{0,2} \quad (2.30)$$

$$C = \left[0,0433 - 0,0238 \times \lg 0,018 \times \left(\frac{0,021}{0,02} \right)^{0,2} \right] = 0,085$$

$$\omega_{yz} = 0,085 \times \sqrt{\frac{750 - 1,9}{1,9}} = 1,687 \text{ м/с}$$

$$D_{\min} = \sqrt{\frac{4 \times 0,37}{3,14 \times 1,9 \times 1,687 \times 0,6}} = 0,8 \text{ м}$$

Вибираємо стандартну тарілку для діаметра колони 1,0 м типу ТСК-1 [7, с 88], що має частку робочого перетину $S_{\text{раб.}} = 49\%$.

Технічні дані колпачкової ректифікаційної тарілки ТСК-1:

матеріал - сталь Х18Н10Т

Товщина, мм - 2,5

Висота прорізу ковпачка h, мм – 20

Діаметр ковпачка d, мм - 80

Висота ковпачка H₁, мм - 70

Число ковпачків z, - 13

Крок ковпачків, мм - 110

Вільне перетин колони, м² - 0,28

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

Довжина лінії барботажа, м - 3,25

периметр зливу L_c , м - 0,48

Відстань між тарілками, мм - 400

Площа парових патрубків F_n , m^2 , 0,027

Визначаємо діаметр парових патрубків.

Площа патрубків $F_n = z \times 0,785 \times d_n^2$,

звідки діаметр патрубка

$$d_n = \sqrt{\frac{F_n}{z \times 0,785}} \quad (2.31)$$

$$d_n = \sqrt{\frac{0,027}{13 \times 0,785}} = 0,051m$$

Приймаємо патрубки діаметром 57 x 3 (мм)

Висоту рівня рідини над прорізом ковпачків приймаємо рівною:

$$h_d = 30mm.$$

2.4.3 Визначення висоти колони

Колону приймаємо збірної конструкції. Корпус колони збирається з окремих царг, що з'єднуються за допомогою фланців і болтів.

При діаметрі колони 1000 мм і відстані між тарілками 400 мм рекомендована висота царги 2000мм і в кожній з них встановлено 5 тарілок. Вгорі колони розміщена сепарації частина висотою 600мм. До нижньої царги приєднується кубова частина висотою 1400 мм. Висоту циліндричної опорної обичайки приймаємо рівною 1500мм.

Загальна висота колони відповідно до прийнятої компонованням складе:

$$H = 4 \times 2000 + 600 + 1400 + 1500 = 11500mm$$

2.4.4 Визначення діаметрів штуцерів

Колона має наступні основні штуцера:

А - вхід вихідної суміші

Б - вихід парів дистилляту

В - вхід парів кубового залишку

Г - вхід флегми

Д - вихід кубового залишку

									Арк.
									36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	6.133.21.04.00.00.00 ПЗ				

Діаметри штуцерів визначаємо за рівнянням витрат і прийнятої швидкості середовища в штуцері [3, с 27]

$$d = \sqrt{\frac{V}{0,78 \times \omega}}, \quad (2.32)$$

де:

d - діаметр штуцера, м

V - витрата середовища, м³/с

ω- швидкість середовища в штуцері, м/с

Приймаються наступні швидкості середовища в штуцерах [3, таблиця 1-2, с. 20]:

Початкова суміш (під напором), ω = 1,0 м / с

Пари при вході і виході, ω = 10м / с

Флегма і кубовий залишок (самопливом), ω = 0,4м/с

Витрата середовища в штуцерах складатиме:

а) початкової суміші:

$$V_f = \frac{G_f}{\rho_{жс} \times 3600}, \quad (2.33)$$

де:

ρ_{жс}- щільність вихідної суміші [3, с 21]

$$\rho_{жс} = 0,25 \times \rho_a + (1 - 0,25) \times \rho_b,$$

де:

ρ_а- щільність ацетону, ρ_а=800кг/м³

ρ_в- щільність води, ρ_в=950кг/м³

$$\rho_{жс} = 0,25 \times 800 + 0,75 \times 950 = 912 \text{ кг/м}^3$$

$$V_f = \frac{57682}{912 \times 3600} = 0,17 \times 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$$

б) пара дистилляту: G_д= 0,37кг/с

$$V_d = \frac{G_d}{\rho_d} = \frac{0,37}{1,9} = 0,195 \text{ м}^3/\text{с}$$

					6.133.21.04.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

в) флегми

$$V_R = \frac{G_D \times R}{\rho_{н.к.}},$$

де:

$$G_D = P \times M_a = 0,065 \times 58 = 3,8 \text{ кг/с}$$

При $t = 58,5^\circ\text{C}$ $\rho_{н.к.} = 750 \text{ кг/м}^3$

$$V_R = \frac{0,38}{750} = 5 \times 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$$

г) кубового залишку

$$V_W = \frac{G_W}{\rho_W},$$

де:

$$G_W = W \times M_B = 34 \times 10^{-3} \times 18 = 0,612 \text{ кг/с}$$

$$V_D = \frac{0,612}{950} = 6,44 \times 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}$$

Визначаємо діаметри штуцерів:

а) для початкової суміші

$$d_a = d_f = \sqrt{\frac{17 \times 10^{-5}}{0,785 \times 1,0}} = 0,0369 \text{ м} = 36,9 \text{ мм}$$

приймаємо $d_f = 50 \text{ мм} = d_a$

б) для виходу парів дистилляту

$$d_6 = \sqrt{\frac{0,795}{0,785 \times 10}} = 0,158 \text{ м}$$

приймаємо $d_6 = 200 \text{ мм}$.

в) для входу парів кубового залишку

$$d_B = d_6 = 200 \text{ мм}$$

г) для флегми

$$d_r = \sqrt{\frac{V_r}{0,785 \times \omega_r}}$$

$$d_r = \sqrt{\frac{5 \times 10^{-5}}{0,785 \times 0,4}} = 3,07 \times 10^{-2} \text{ м} = 30,7 \text{ мм}$$

					6.133.21.04.00.00.00 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

приймаємо $d_r = 50\text{мм}$

д) для кубового залишку

$$d_d = \sqrt{\frac{V_w}{0,785 \times \omega_r}}$$

$$d_d = \sqrt{\frac{6,44 \times 10^{-4}}{0,785 \times 0,4}} = 4,53 \times 10^{-2} \text{ м} = 35,3 \text{ мм}$$

приймаємо $d_d = 40\text{мм}$

2.5 Гідравлічні розрахунки

Гідравлічний опір ковпачкової тарілки складається з трьох доданків [3, с 14]

$$\Delta P = \Delta P_{\text{сух}} + \Delta P_{\text{в}} + \Delta P_{\text{пж}}, \quad (2.34)$$

де:

$\Delta P_{\text{сух}}$ - опір сухої тарілки

$\Delta P_{\text{в}}$ - опір, викликаний силами поверхневого натягу

$\Delta P_{\text{пж}}$ - опір парорідинного шару.

Складові гідравлічного опору визначаємо за формулами [3, с 16]

$$\Delta P_{\text{сух}} = \xi \times \frac{\omega_o^2 \times \rho_1}{2} \quad (2.35)$$

$$\Delta P_{\text{в}} = \frac{4\sigma}{d_s} \quad (2.36)$$

$$\Delta P_{\text{пж}} = 1,3 \times \rho_{\text{ж}} \times \left(1 + \frac{H_{\text{нр}}}{2} + \Delta h \right) \times g \quad (2.37)$$

Знаходимо значення величин, що входять в формули.

Коефіцієнт опору ξ приймаємо рівним 5 [3, с 17].

Швидкість пара в прорізах ковпачків, або в патрубках

$$\omega_0 = \frac{V_n}{F_n} = \frac{V_d}{F_d} \quad (2.38)$$

$$\omega_0 = \frac{0,195}{0,027} = 7,22 \text{ м/с}$$

					6.133.21.04.00.00.00 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Середня щільність пара

$$\rho_n = \frac{0,59 + 1,9}{2} = 1,25 \text{ кг/м}^3$$

Поверхневий натяг $\sigma = 0,059 \text{ Н/м}$

Еквівалентний діаметр прорізів ковпачка

$$d_s = \frac{4a}{\Pi}, \quad (2.39)$$

де:

f - площа прорізу

$$f = \frac{h \times d}{2} \quad (2.40)$$

$$f = \frac{0,02 \times 0,02}{2} = 0,0004 \text{ м}^2$$

периметр прорізі: $\Pi = 3 \times 0,02 = 0,06 \text{ м}$

$$d_s = \frac{4 \times 0,0004}{0,06} = 0,0013 \text{ м}$$

щільність рідини $\rho_x = 750 \text{ кг/м}^3$

Висота рівня над зливним порогом [3, с 22]

$$\Delta h = \left(\frac{V_{ж}}{1,85 \times L_c \times k} \right)^{\frac{2}{3}}, \quad (2.41)$$

де:

$V_{ж}$ - витрата рідини (найбільший)

$$V_{ж} = \frac{G_f + G_D \times (1 + R)}{3600 \times \rho_{ж}} \quad (2.42)$$

$$V_{ж} = \frac{57682 + 13500 \times (1 + 0,56)}{3600 \times 750} = 29 \times 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$$

периметр зливу [2, с 20] $L_c = 0,48 \text{ м}$

$$\Delta h = \left(\frac{29 \times 10^{-3}}{1,85 \times 0,48 \times 0,3} \right)^{\frac{2}{3}} = 0,035 \text{ м}$$

					6.133.21.04.00.00.00 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Обчислюємо доданок гідравлічного опору

$$\Delta P_{\text{сyx}} = 5 \times \frac{7,22^2 \times 1,25}{2} = 163 \text{ Па}$$

$$\Delta P_{\text{в}} = \frac{4 \times 0,059}{0,013} = 182 \text{ Па}$$

$$\Delta P_{\text{пж}} = 1,3 \times 0,3 \times 750 \times \left(1 + \frac{0,02}{2} + 0,035 \right) \times 9,81 = 3000 \text{ Па}$$

Гідравлічний опір тарілки

$$\Delta P_{\text{т}} = 163 + 182 + 3000 = 3345 \text{ Па}$$

Гідравлічний опір всіх тарілок

$$\Delta P_{\text{об}} = \Delta P_{\text{т}} \times z = 3345 \times 20 = 66900 \text{ Па} = 66,9 \text{ кПа.}$$

2.6 Вибір допоміжного обладнання

2.6.1 Розрахунок кубового кип'ятильника

Температурні умови процесу:

Кубовий залишок кипить при 98°C за рахунок теплоти конденсації пари. Згідно з завданням тиск пара $P = 3 \text{ кг/см}^2$, отже температура конденсації $t_{\text{к}} = 142,9^\circ\text{C}$ і середня різниця температур

$$\Delta t_{\text{ср}} = 142,9 - 98 = 44,9^\circ\text{C}$$

Теплове навантаження кип'ятильника $Q_{\text{к}} = 270 \text{ кВт}$

Приймаємо для розрахунку внесений куб з труб $d = 25 \times 2 \text{ мм}$ довжиною $l = 2000 \text{ мм}$.

Визначення коефіцієнта теплопередачі.

Приймаємо теплову провідність забруднень з боку конденсуючого пара [3, с 21]

$$\frac{1}{r_{\text{загрп}}} = 5000 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}},$$

а з боку кубового залишку (майже чистої води)

					6.133.21.04.00.00.00 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\frac{1}{r_{загр2}} = 4000 \frac{Вт}{м^2 \times К} \quad [3, \text{ с } 18]$$

теплопровідність сталі $\lambda = 46,5 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}$

Таким чином

$$\Sigma r_{ст} = r_{загр1} + r_{загр2} + r_{ст} \quad (2.43)$$

$$\Sigma r_{ст} = \frac{1}{500} + \frac{0,002}{46,5} + \frac{1}{4000} = 5 \times 10^{-4} \frac{м^2 \times К}{Вт}$$

Коефіцієнт тепловіддачі з боку конденсації пари визначаємо за формулою [8, с 58]

$$\alpha_{конд} = 2,04 \times A \times \left(\frac{r}{H \times \Delta t_1} \right)^{0,25}, \quad (2.44)$$

де:

A для води береться при температурі плівки конденсату ($t_{пл}$)

$$t_{пл} = \frac{t_{нас} + t_{ст}}{2}$$

r - теплота конденсації (при $t_{нас} = 142,9^\circ\text{C}$ $r = 2141 \times 10^3 \text{ Дж/кг}$)

$$\Delta t_1 = t_{нас} - t_{ст}$$

H - висота труб, м.

При H = 2м

$$\alpha_{конд} = 2,04 \times A \times \left(\frac{2141 \times 10^3}{2 \times \Delta t_1} \right)^{0,25} = 66 \times A \times \Delta t_1^{0,25} \left(\frac{Вт}{м^2 \times К} \right) \quad (2.45)$$

Коефіцієнт тепловіддачі з боку киплячого кубового залишку [8, с. 87]

$$\alpha_{кип} = 2,72 \times \varphi \times P^{0,4} \times q^{0,7} \quad (2.46)$$

Для води $\varphi = 1$.

При $P \approx 1 \text{ кг/см}^2$

$$\alpha_{кип} = 2,72 \times q^{0,7} \frac{Вт}{м^2 \times К} \quad (2.47)$$

При сталому процесі теплообміну

$$Q_{конд} = Q_{ст} = Q_{кип}$$

					6.133.21.04.00.00.00 ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$q_{\text{конд}} = \alpha_{\text{конд}} (t_{\text{конд}} - t_{\text{ст1}}) \quad (2.48)$$

$$q_{\text{см}} = \frac{t_{\text{см1}} - t_{\text{см2}}}{\sum r_{\text{см}}} \quad (2.49)$$

$$q_{\text{кип}} = \alpha_{\text{кип}} (t_{\text{ст2}} - t_{\text{кип}}) \quad (2.50)$$

В даному випадку $\alpha_{\text{конд}} = f(t_{\text{ст1}})$, а $\alpha_{\text{кип}} = f(q)$

Так як $t_{\text{ст1}}$ і q заздалегідь невідомі, то далі вважаємо методом послідовних наближень, тобто по різним значенням $t_{\text{ст}}$ знаходимо залежність $(t_{\text{ст}} - q)$. Величина $t_{\text{ст}}$ знаходиться в межах 142,9 - 98 °С.

Розрахунок ведемо по таблиці

Будуємо графіки залежності $q_{\text{конд}}$ і $q_{\text{кип}}$ від $t_{\text{ст}}$ (рисунок 2.13) за даними таблиці 5.

Точки перетину прямих для $(q_{\text{конд}})$ и $(q_{\text{кип}})$ дають:

$$t_{\text{ст1}} = 136^{\circ}\text{C}; \quad q_{\text{ср1}} = 54000 \text{Вт/м}^2$$

Перевірочний розрахунок при тій же температурі дає:

$$q_{\text{ср2}} = \frac{q_{\text{конд3}} + q_{\text{кип3}}}{2} = \frac{54510 + 57780}{2} = 56145 \text{Вт/м}^2$$

$$q_{\text{ср}} = \frac{q_{\text{ср1}} + q_{\text{ср2}}}{2}$$

$$q_{\text{ср}} = \frac{54000 + 56145}{2} = 55072 \text{Вт/м}^2$$

Тоді коефіцієнт теплопередачі

$$k = \frac{q_{\text{ср}}}{\Delta t_{\text{ср}}} \quad (2.51)$$

$$k = \frac{55072}{44.9} = 1227 \text{Вт/м}^2 \times \text{K}$$

Необхідна поверхня теплообміну (F)

$$F = \frac{Q_{\kappa}}{k \times \Delta t_{\text{ср}}} = \frac{Q_{\kappa}}{q_{\text{ср}}} \quad (2.52)$$

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

$$F = \frac{270000}{55072} = 4,9 \text{ м}^2$$

По таблиці П.3 [2, с 34] вибираємо кожухотрубний теплообмінник з параметрами:

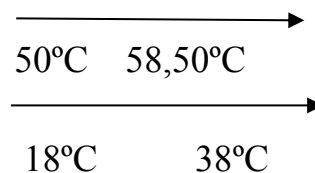
поверхні теплообміну	$F = 6 \text{ м}^2$
діаметр кожуха	$D = 273 \text{ мм}$
діаметр труб	$d_T = 25 \times 2$
число ходів	$z = 1$
загальне число труб	$n = 37$
довжина труб, м	$l = 2,0$

2.6.2 Розрахунок дефлегматора

У дефлегматорі конденсується $G_d = 0,37$ кг/с парів ацетону за рахунок нагрівання води на 20°C .

Приймаємо, що охолоджуюча вода нагрівається в дефлегматоре від 18 до 38°C .

В цьому випадку температурні умови процесу виражаються наступною діаграмою



$$\Delta t_n = 40,5^\circ\text{C}$$

$$\Delta t_k = 20,5^\circ\text{C}$$

Співвідношення

$$\frac{\Delta t_n}{\Delta t_k} = \frac{40,5}{20,5} = 1,97 < 2$$

Отже

$$\Delta t_{cp} = \frac{40,5 + 20,5}{2} = 30,5^\circ\text{C}$$

Середня температура води

$$t_{cp} = \frac{38 + 18}{2} = 28^\circ\text{C}$$

$$Q_d = 194 \text{ кВт}$$

					<i>6.133.21.04.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Розраховуємо, скільки труб розміром 25 x 2 мм буде потрібно на один хід в трубному просторі при турбулентному режимі руху води. приймаємо критерій $Re = 20000$.

З виразу [3, с 22]

$$Re = \frac{\omega \times d \times \rho}{\mu} \quad (2.53)$$

$$\omega = \frac{G_g}{3600 \times 0,785 \times d^2 \times n \times \rho} \quad (2.54)$$

Визначаємо кількість труб (n)

$$n = \frac{G_g}{3600 \times Re \times 0,785 \times \mu \times d},$$

де:

$G_b = 8334$ кг/час береться орієнтовий

$\mu = 0,853 \times 10^{-3}$ Н·с/м² – в'язкість води при 28°C

$$n = \frac{8334}{3600 \times 20000 \times 0,785 \times 0,853 \times 10^{-3} \times 0,021} = 8$$

Вибираємо для розрахунку теплообмінник кожухотрубний. Знаходимо величину критерію Рейнольдса

$$Re = \frac{\omega \times d \times \rho}{\mu} = \frac{G_g}{3600 \times 0,785 \times \mu \times d \times n};$$

$$Re = \frac{8334}{3600 \times 0,785 \times 0,853 \times 0,021 \times 10^{-3} \times 8} = 20600$$

Визначаємо коефіцієнт тепловіддачі з боку охолоджуючої води при турбулентному режимі [3, с 21]

$$Nu = 0,021 \times Re^{0,8} \times P_r^{0,43} \times \left(\frac{P_r}{P_{2cm}} \right)^{0,25} \quad (2.55)$$

звідси

$$\alpha_g = \frac{\lambda}{d} \times Re^{0,8} \times P_r^{0,43} \times \left(\frac{P_r}{P_{2cm}} \right)^{0,25} \times 0,021 \quad (2.56)$$

$$\alpha_g = \frac{0,615}{0,021} \times 20600^{0,8} \times 5,8^{0,43} \times 0,021 = 3700 \text{ Вт/м}^2 \times \text{К}$$

									Арк.
									45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	6.133.21.04.00.00.00 ПЗ				

де:

$\lambda = 0,615 \text{ Вт/м}\cdot\text{гр}$ - теплопровідність води при $t_{cp} = 28^\circ\text{C}$ [3, с 55]

Pr - критерій Прандтля для води при тій же температурі.

Значення $\left(\frac{Pr}{Pr_{2cm}}\right)^{0,25}$ не враховуємо.

Визначаємо коефіцієнт тепловіддачі з боку конденсуючого пара (дистилляту) [8, с. 91]

$$\alpha_{конд} = E_{cp} \times \alpha, \quad (2.57)$$

де:

α - коефіцієнт тепловіддачі для одиночної горизонтальної труби

E_{cp} - усереднений коефіцієнт для пучка труб

Для одиночної горизонтальної труби [3, с 52]

$$\alpha = 2,02 \times \lambda \times \sqrt[3]{\frac{\rho^2 \times l}{\mu \times G_d}}, \quad (2.58)$$

де:

λ - теплопровідність конденсату,

ρ - щільність конденсату, $\rho_x = 750 \text{ кг/м}^3$,

μ - в'язкість конденсату,

l - довжина горизонтальної труби, м

Приймаємо $l = 1,5 \text{ м}$

G_d - витрата конденсуючого дистилляту

$$G_d = 0,17 \text{ кг/с}$$

Значення λ , ρ , μ треба брати при температурі плівки конденсату

$$t_{пл} = \frac{t_{конд} + t_{ст1}}{2},$$

де:

$t_{ст1}$ - температура стінки з боку конденсуючого пара.

В цьому випадку

$$\alpha = 2,02 \times \lambda \times \sqrt[3]{\frac{750^2 \times 1,5}{\mu \times 0,37}} = 266 \sqrt[3]{\frac{\lambda^3}{\mu}} \text{ Вт/м}^2 \times \text{К} \quad (2.59)$$

Опір стінки і забруднень [3, с 36]

$$\sum r_{cm} = r_{загр} + \frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}} + r_{загр2}, \quad (2.60)$$

де:

$\delta_{ст}$ - товщина стінки труби, що дорівнює $0,004 \text{ м}$

									Арк.
									46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	6.133.21.04.00.00.00 ПЗ				

$\lambda_{ст}$ - теплопровідність залізної стінки, що дорівнює 46,5 Вт/м·К [3, с 46]

$r_{загр1}$ и $r_{загр2}$ - прийняті опору забруднень з боку пара і води

$$\sum r_{cm} = \frac{1}{10000} + \frac{0,004}{46,5} + \frac{1}{2000} = 6,86 \times 10^{-4} \text{ м}^2 \times \text{К} / \text{Вт}$$

Визначення питомого теплового навантаження [8, с 66]

При сталому тепловому потоці

$$Q = q_{конд} = q_{ст} = q_{в}, \quad (2.61)$$

тобто

$$\alpha_{конд} \times (t_{конд} - t_{cm}) = \sum r_{cm} \times (t_{cm1} - t_{cm2}) = \alpha_{ст} \times (t_{cm2} - t_{в}), \quad (2.62)$$

де:

$t_{ст1}$ - температура стінки з боку пара,

$t_{ст2}$ - температура стінки з боку води.

Так як $t_{ст1}$ і $t_{ст2}$ заздалегідь невідомі, то задаючи $t_{ст1}$ або $t_{ст2}$ визначаємо (q) методом послідовних наближень.

Перший розрахунок проводимо при

$$t_{cm1} = 0,5 \times \left(\frac{t_{н1} + t_{к1}}{2} + \frac{t_{н2} + t_{к2}}{2} \right), \quad (2.63)$$

де:

$t_{н1}$, $t_{н2}$ - початкові температури теплоносіїв,

$t_{к1}$, $t_{к2}$ - кінцеві температури теплоносіїв.

$$t_{cm1} = 0,5 \times \left(\frac{18 + 38}{2} + \frac{58,5 + 58,5}{2} \right) = 43^\circ\text{C}$$

$$t_{пл} = 0,5 \times (t_{конд} + t_{ст1}) = 0,5 \times (58,5 + 43) = 51^\circ\text{C}$$

При цій температурі ($t_{пл} = 51^\circ\text{C}$)

$$\alpha_{конд} = 266 \sqrt[3]{\frac{\lambda^3}{\mu}} = 266 \sqrt[3]{\frac{0,163^3}{0,25 \times 10^{-3}}} = 688 \text{ Вт} / \text{м}^2 \times \text{К},$$

де:

μ - по монограмі ([3, с. 596] рисунок V) при $t = 51^\circ\text{C}$, (Н·с/м²);

λ - по монограмі ([3, с. 601] рисунок X) для ацетона

$$0,14 \times 1,163 = 0,163 \text{ Вт} / \text{м} \cdot \text{К}$$

									Арк.
									47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	6.133.21.04.00.00.00 ПЗ				

$$\Delta t_1 = t_{\text{конд}} - t_{\text{ст1}} = 58,5 - 43 = 15,5\text{K}$$

$$q_{\text{конд}} = \alpha_{\text{конд}} \times \Delta t_1 = 688 \times 15,5 = 10670 \text{ Вт/м}^2$$

$$\Delta t_{\text{ст}} = q_{\text{конд}} \times \sum r_{\text{ст}} = 10670 \times 6,86 \times 10^{-4} = 7,3^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{ст2}} = t_{\text{ст1}} - \Delta t_{\text{ст}} = 43 - 7,5 = 35,7^\circ\text{C}$$

$$\alpha_{\text{в}} = 3700 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{K}$$

$$\Delta t_2 = t_{\text{ст2}} - t_{\text{в ср}} = 35,7 - 28 = 7,7\text{K}$$

$$q_{\text{в}} = \alpha_{\text{в}} \times \Delta t_2 = 3700 \times 7,7 = 28490 \text{ Вт/м}^2$$

Так як $q_{\text{конд}}$ менше $q_{\text{в}}$, другий розрахунок проводимо при $t_{\text{ст1}} < 43^\circ\text{C}$
Приймаємо $t_{\text{ст1}} = 40^\circ\text{C}$

Згідно другого розрахунку $q_{\text{конд}} = 13000 \text{ Вт/м}^2$, $q_{\text{в}} = 11470 \text{ Вт/м}^2$

Отже

$$q_{\text{ср}} = \frac{13000 + 11470}{2} = 12235 \text{ Вт/м}^2$$

Необхідна поверхню теплообміну

$$F = \frac{Q_{\text{д}}}{q_{\text{ср}}} \quad (2.64)$$

$$F = \frac{194000}{12235} = 15,8 \text{ м}^2$$

коефіцієнт теплопередачі

$$\kappa = \frac{q_{\text{ср}}}{\Delta t_{\text{ср}}} \quad (2.65)$$

$$\kappa = \frac{12235}{30,5} = 401 \text{ Вт/м}^2 \times \text{K}$$

По таблиці П.3 [2, с. 25] вибираємо кожухотрубний холодильник з наступною характеристикою:

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

Діаметр теплообмінних труб, мм – 25 x 2
 Число ходів - 1
 Діаметр кожуха, мм - 400
 Число труб в апараті - 111
 Поверхня теплообміну, м² – 17

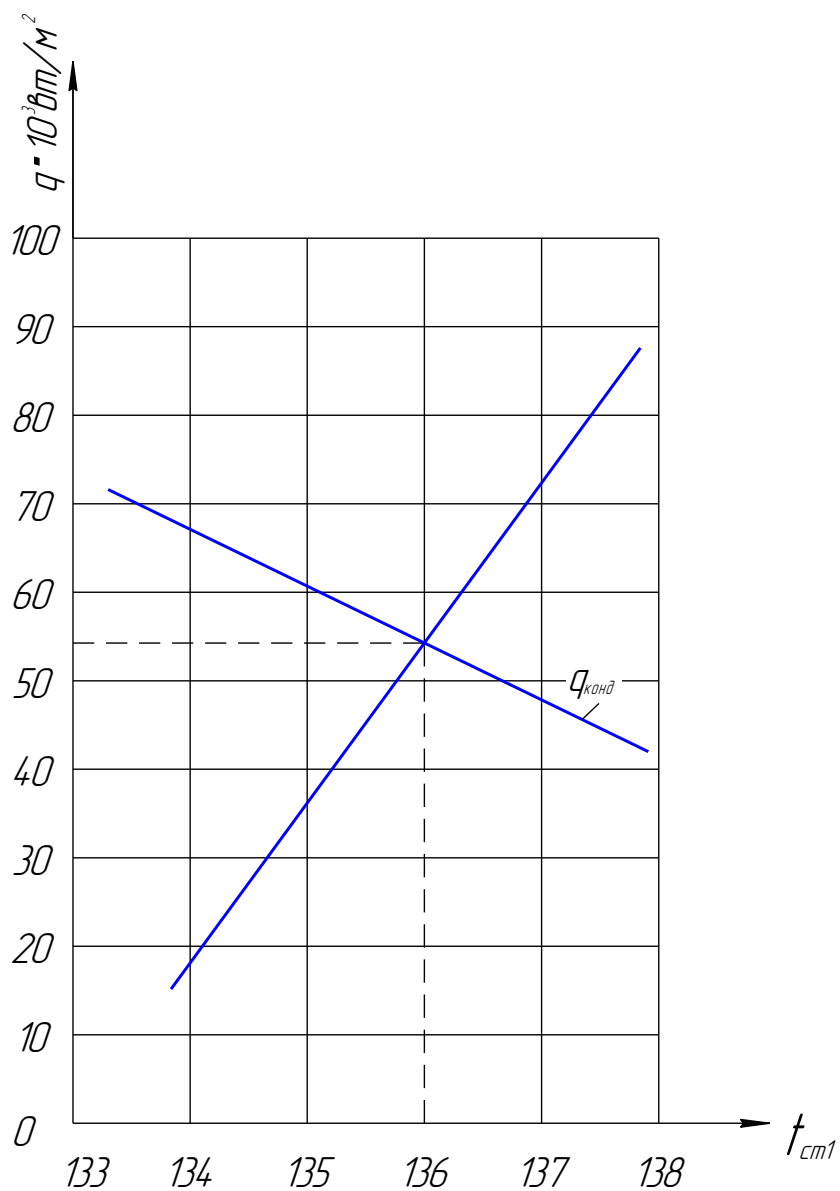


Рисунок 2.13 – Визначення $t_{\text{ср}}$ та $q_{\text{ср}}$.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

6.133.21.04.00.00.00 ПЗ

Арк.

49

2.6.3 Розрахунок підігрівача початкової суміші

У підігрівачі вихідна суміш з витратою $F=37,8 \times 10^{-3}$ кмоль/с нагрівається від температури 15°C до температури кипіння вихідної суміші $t_k = 68,5^\circ\text{C}$ за рахунок теплоти конденсації пари. Температура конденсації дорівнює $119,6^\circ\text{C}$ (при $P=2$ ата)

119,6 _____ Пар _____ 119,6

15 _____ вихідна суміш _____ 68,5

$\Delta t_H=104,6$

$\Delta t_K=51,1$

Отже

$$\frac{\Delta t_H}{\Delta t_K} = \frac{104,6}{51,5} = 2,05$$

$$\Delta t_{CP} = \frac{104,6 \times 51,5}{\ln \frac{104,6}{51,1}} = 74,7 \text{ K}$$

і середня температура суміші

$$t_{cp}=119,6 - 74,7=44,9 \text{ K}$$

Теплове навантаження підігрівача

$$Q_{\text{п}} = F \times i_f = 37,8 \times 10^{-3} \text{ кмоль/с} \times 3325 \text{ кДж/кмоль} = 125,7 \text{ кВт}$$

Визначення коефіцієнта теплопередачі. Приймають теплову провідність забруднень з боку конденсується пара [3, с 46]

$$\frac{1}{r_{\text{загр}_1}} = 5000 \text{ см}/(\text{м}^2 \times \text{K}),$$

а з боку кубового залишку (майже чистої води) [3, с 45]

$$\frac{1}{r_{\text{загр}_2}} = 4000 \text{ см}/(\text{м}^2 \times \text{K}).$$

теплопровідність сталі $\lambda=46,5$ Вт/(м·К).

Таким чином [8, с 21]

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

$$\sum r_{cm} = r_{загр1} + r_{cm} + r_{загр2} = \frac{1}{500} + \frac{0,0025}{46,5} + \frac{1}{4000} = 5 \times 10^{-4} \text{ м}^2 \times \text{К} / \text{вт}.$$

Коефіцієнт тепловіддачі з боку конденсуючого пара визначають за формулою [8, с30]

$$a_{конд} = 2,04 \times A \times \left(\frac{r}{H \Delta t_1} \right)^{0,25} \text{ вт} / (\text{м}^2 \times \text{К}), \quad (2.66)$$

де:

$$A \text{ для води береться при температурі } t_{пл} = \frac{t_{нас} + t_{сн}}{2},$$

r – теплота конденсації (при $t_{нас}=119,6^\circ\text{C}$ $r=2208 \times 10^3$ Дж/кг), [3, с 36]

$$\Delta t_1 = t_{нас} - t_{ст1},$$

H – висота труб, м.

При $H = 2\text{м}$

$$a_{конд} = 2,04 \times A \times \left(\frac{2208 \times 10^3}{2 \Delta t_1} \right)^{0,25} = 66 \times A \times \Delta t_1^{-0,25} \text{ вт} / (\text{м}^2 \times \text{К}). \quad (2.67)$$

Коефіцієнт тепловіддачі з боку киплячій вихідної суміші визначають за формулою:

$$a_{кип} = 2,72 \times \varphi \times \rho^{0,4} \times q^{0,7} \text{ вт} / (\text{м}^2 \times \text{К}). \quad (2.68)$$

Для сіміші $\varphi = 0,5$.

При $p \approx 1\text{ат}$ $a_{кип} = 1,36 \times q^{0,7} \text{ вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$. [8, с 71]

При сталому процесі теплообміну

$$Q_{конд} = Q_{ст} = Q_{кип}, \quad (2.69)$$

де

$$Q_{конд} = a_{конд} (t_{конд} - t_{ст1}),$$

$$Q_{ст} = \frac{t_{cm1} - t_{cm2}}{\sum r_{cm}},$$

$$Q_{кип} = a_{кип} (t_{ст2} - t_{кип}). \quad (2.70)$$

В даному випадку $a_{конд} = f(t_{ст1})$, а $a_{кип} = f(q)$. Так як $t_{ст1}$ і q заздалегідь не відомі, то далі розраховують методом послідовних наближень, тобто за різними заданим значенням $t_{ст} - q$. Величина $t_{ст}$ повинна знаходитися в межах $119,6 - 68,5^\circ\text{C}$.

									Арк.
									51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	6.133.21.04.00.00.00 ПЗ				

Для наочності розрахунку і зручності контролю за змінами розрахункових величин становлять таблицю і будують графіки залежності $q_{\text{конд}}$ і $q_{\text{кип}}$ від $t_{\text{ст}}$.

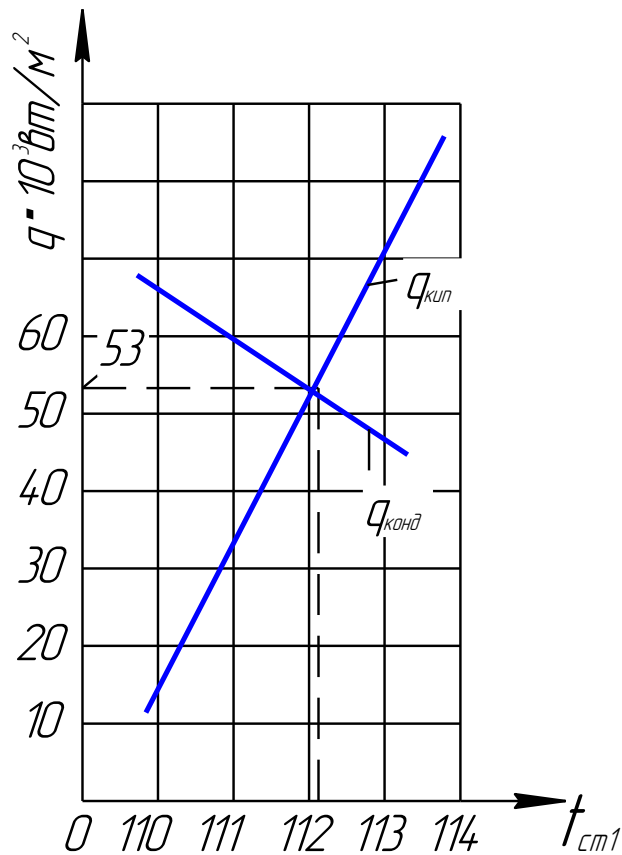


Рисунок 2.14 – визначення $t_{\text{ст1}}$ і $q_{\text{ср}}$

Точка перетину прямих для $q_{\text{конд}}$ і $q_{\text{кип}}$ при $t_{\text{ст1}}$ дає $q_{\text{ср1}}=53000\text{Вт}/\text{м}^2$.
Перевірочний розрахунок при тій же температурі дає

$$q_{\text{ср2}} = \frac{q_{\text{конд}} + q_{\text{кип}}}{2} = \frac{54000 + 54700}{2} = 54350 \text{Вт} / \text{м}^2$$

Приймаємо для розрахунку

$$q_{\text{ср}} = \frac{q_{\text{ср1}} + q_{\text{ср2}}}{2} = \frac{53000 + 54350}{2} = 53685 \text{Вт} / \text{м}^2$$

Тоді коефіцієнт теплопередачі

$$K = \frac{q_{\text{ср}}}{\Delta t_{\text{ср}}} = \frac{53685}{74,7} = 719 \text{Вт} / (\text{м}^2 \times \text{К})$$

									Арк.
									52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	6.133.21.04.00.00.00 ПЗ				

Тоді коефіцієнт теплопередачі Необхідна поверхню теплообміну

$$F = \frac{Q}{K \times \Delta t_{cp}} = \frac{Q}{q_{cp}} = \frac{125700}{53685} = 2,34 м^2$$

Згідно з проведеними розрахунками, розміри підігрівача наступні: [2, с 57]

поверхню теплообміну	2,5м ² ;
зовнішній діаметр корпусу	159мм;
діаметр трубок	20 x 2мм;
довжина трубок	2000мм;
кількість трубок	19шт.

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

3 Розрахунок на міцність та герметичність

3.1 Вибір матеріалу компонентів колони

Вибираємо конструкційний матеріал стійкий в середовищі киплячій суміші ацетон - вода.

В умовах киплячій суміші ацетон-вода хімічно стійкою є сталь марки 12X18H10T. Швидкість корозії її менш 0,1мм/рік, коефіцієнт теплопровідності $\lambda_{ст} = 25,1 \text{Вт/м}\cdot\text{К}$.

Для прокладок вибираємо пароніт ГОСТ 481 - 88, що характеризується гранично-допустимими робочими параметрами середовища.

3.2 Розрахунок товщини стінки корпусу апарата та кришки

Приймаємо коефіцієнт міцності зварних швів $\phi = 0,9$ (ручна дугова), напруга для сталі 12X18H10T при $t = 78^\circ\text{C}$

$$\sigma = 150 \text{ МПа.}$$

Для листового матеріалу допустима 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

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

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

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

Тоді

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

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

Тиск в апараті від гідростатичного напору

$$p_r = H \cdot \rho \cdot g \quad (3.2)$$

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

$$p_r = 18 \cdot 1000 \cdot 9,81 = 196,2 \cdot 10^3 \text{ Па} = 0,2 \text{ МПа.}$$

Розрахунковий тиск в апараті

$$p = p_n + p_r = 0,18 + 0,2 = 0,38 \text{ МПа.}$$

Розрахункова товщина стінки

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

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

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

$$s = 1,0 + 0,3 = 1,3 \text{ мм.}$$

					<i>6.133.21.04.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

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

$$s = 8 \text{ мм.}$$

Розрахункова товщина стінки кришки при проведенні гідравлічних випробувань

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

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

виконавча товщина

$$s = 1,0 + 0,3 = 1,3 \text{ мм.}$$

З метою уніфікації сортаменту листового прокату приймаємо $s = 8$ мм.

3.3 Розрахунок фланцевого з'єднання

Фланцеве з'єднання кришки і корпусу апарату при $D_{вн} = 1000$ мм і $p = 0,38$ МПа вибирається по ОСТ 26-426-79 з плоскими приварними фланцями і ущільнювальною поверхнею типу «шип - паз».

Товщина втулки фланця [6]

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

де $s = 8$ мм – товщина обичайки апарату.

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

приймаємо $s_0 = 8$ мм.

Перевіряємо виконання умови

$$s_0 - s \leq 5$$

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

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

Визначимо діаметр болтової окружності. з [8, с.263]

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

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

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

приймаємо $D_{\delta} = 1,1$ м. (див. с.263 [8]).

По [8] с.264 зовнішній діаметр фланця

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

де $a = 40$ мм (табл.13.27 [8])

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

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

Зовнішній діаметр прокладки визначається за формулою [8]

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

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]

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

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

					<i>6.133.21.04.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

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

Еквівалентна ширина прокладки

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

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

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

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

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

де $t_{\text{б}}$ – крок болтів, $t_{\text{б}} = (4,2 \div 5) \cdot d_{\text{б}} = 4,5 \cdot 20 = 90 \text{ мм}$ (табл.13.20 [8])

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

Приймаємо найближче більше кратне чотирьом значення $Z_{\text{б}} = 40 \text{ мм}$.

Висота фланця визначається за формулою

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

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

$$s_e = \alpha \cdot s_0,$$

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

$$s_e = 1,0 \cdot 8 = 8 \text{ мм};$$

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

					<i>6.133.21.04.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

приймаємо $h = 40$ мм.

Розрахункова довжина болта між опорними поверхнями головки болта і гайки

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

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

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

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

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

Навантаження, що діє на фланцеве з'єднання

$$Q_{\text{д}} = \frac{p_{\text{R}} \cdot \pi \cdot D_{\text{сп.п}}^2}{4}, \quad (3.9)$$

де $p_{\text{R}} = 0,38$ МПа – внутрішній тиск в апараті; $D_{\text{сп.п}} = 1,05$ м – середній діаметр прокладки

$$Q_{\text{д}} = \frac{0,38 \cdot 3,14 \cdot 1,05^2}{4} = 0,17 \text{ МН.}$$

Реакція прокладки при робочих умовах [8]

$$R_{\text{п}} = \pi \cdot D_{\text{сп}} \cdot b_{\text{е}} \cdot m \cdot p_{\text{R}}, \quad (3.10)$$

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

$$R_{\text{п}} = 3,14 \cdot 1,05 \cdot 0,00268 \cdot 2,5 \cdot 0,38 = 0,007 \text{ МН.}$$

Зусилля, що виникає від температурних деформацій

$$Q_{\text{т}} = \gamma \cdot Z_{\text{б}} \cdot f_{\text{б}} \cdot E_{\text{б}} \cdot (\alpha_{\text{сп}} \cdot t_{\text{сп}} - \alpha_{\text{б}} \cdot t_{\text{б}}), \quad (3.11)$$

					<i>6.133.21.04.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

де $\alpha_{cp} = 12,5 \cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$ – коефіцієнт лінійного розширення матеріалу фланця; $\alpha_6 = 12,5 \cdot 10^{-6} 1/^\circ\text{C}$ – коефіцієнт лінійного розширення матеріалу болтів; $t_6 = 0,96 \cdot t_p = 0,96 \cdot 77 = 75^\circ\text{C}$ – розрахункова температура неізолюваних болтів; γ – 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 $t_6 = 75^\circ\text{C}$.

$$\gamma = A \cdot Y_6, \quad (3.12)$$

де Y_6 – лінійна податливість болта.

$$Y_6 = \frac{l_6}{E_6 \cdot f_6 \cdot Z_6} \quad (3.13)$$

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

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

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

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

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

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

де ω – безрозмірний параметр; ψ_2 – коефіцієнт, що визначається за рис.13.17 [8].

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

					<i>6.133.21.04.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

де ψ_1, j – коефіцієнти

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

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

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

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

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

$$j = \frac{h}{s_e} = \frac{0,04}{0,008} = 5. \quad (\text{с.226 [8]})$$

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

$$Q_t = 0,146 \cdot 40 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4} \cdot 1,91 \cdot 10^5 \cdot (12,5 \cdot 10^{-6} \cdot 75 - 12,5 \cdot 10^{-6} \cdot 74) = 0,0033 \text{ МН.}$$

					<i>6.133.21.04.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Визначимо коефіцієнт жорсткості фланцевого з'єднання

$$k_{\text{ж}} = \frac{Y_{\bar{6}} + 0,5Y_{\text{ср}}(D_{\bar{6}} - D - s_o) \cdot (D_{\bar{6}} - D_{\text{ср.п}})}{Y_{\text{п}} + Y_{\bar{6}} + Y_{\text{ф}}(D_{\bar{6}} - D_{\text{ср.п}})^2} \quad (3.18)$$

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

Визначимо Болтове навантаження. В умови монтажу [8]

$$p_{\bar{6}1} = \max \left\{ \begin{array}{l} k_{\text{ж}} \cdot Q_{\text{д}} + R_{\text{н}} \\ 0,5 \cdot \pi \cdot D_{\text{ср.п}} \cdot b_{\text{п}} \cdot p_{\text{пр}} \end{array} \right\}, \quad (3.19)$$

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

$$p_{\bar{6}1} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,91 \cdot 0,277 + 0,007 \\ 0,5 \cdot 3,14 \cdot 1,05 \cdot 0,02 \cdot 20 \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,26 \\ 0,66 \end{array} \right\} = 0,66 \text{ МН.}$$

При робочих умовах [8]

$$p_{\bar{6}2} = p_{\bar{6}1} + (1 - k_{\text{ж}}) \cdot Q_{\text{д}} + Q_{\text{т}} \quad (3.20)$$

$$p_{\bar{6}2} = 0,66 + (1 - 0,91) \cdot 0,277 + 0,0033 = 0,69 \text{ МН.}$$

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

$$\frac{P_{\bar{6}1}}{Z_{\bar{6}} \cdot f_{\bar{6}}} \leq [\sigma_{\bar{6}}]^{20}, \quad (3.21)$$

$$\frac{P_{\bar{6}2}}{Z_{\bar{6}} \cdot f_{\bar{6}}} \leq [\sigma_{\bar{6}}]^t, \quad (3.22)$$

де $[\sigma_{\bar{6}}]^{20} = 200$ МПа – для матеріалу болтів при температурі 20°C; $[\sigma_{\bar{6}}] = 138$ МПа – для матеріалу болтів при температурі 77°C.

					<i>6.133.21.04.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

Визначимо приведеній згинальний момент за формулою 1.145 [6]

$$M_0 = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,5 \cdot (D_{\delta} - D_{\text{ср.п}}) \cdot p_{\delta 1} \\ 0,5 \cdot (D_{\delta} - D_{\text{ср.п}}) \cdot p_{\delta 2} \end{array} \right\} \quad (3.23)$$

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

За формулою 1.141 [6] для прокладки з пароніту

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

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

$$p_{\delta \text{max}} = \max \{ p_{\delta 1}; p_{\delta 2} \} \quad (3.25)$$

$$p_{\delta \text{max}} = \max \{ 0,66; 0,69 \} = 0,69 \text{ МН}.$$

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

умова міцності виконується.

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

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

					<i>6.133.21.04.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

де σ_0 – максимальна напруга в перетині, обмеженому розміром s_0 , яка визначається за формулою 1.148 [6]; $\varphi = 0,95$ – коефіцієнт міцності зварних швів; $[\sigma_0]$ – Допустиме напруження для фланця в перерізі s при кількості навантажень з'єднання (складання-розбирання) не більше $2 \cdot 10^3$; σ_t – тангенціальна напруга у втулці від внутрішнього тиску; σ_m – меридіальне напруження у втулці від внутрішнього тиску;
за формулою 1.149 [6]

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

$$\sigma_m = \frac{0,38 \cdot 1,0}{4 \cdot (0,008 - 0,0003)} = 11 \text{ МПа};$$

за формулою 1.149 [6]

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

$$\sigma_t = \frac{0,38 \cdot 1,0}{2 \cdot (0,008 - 0,0003)} = 22 \text{ МПа};$$

за формулами 1.143 и 1.148 [6]

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

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

за формулою 1.144 [6]

					<i>6.133.21.04.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

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

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

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

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

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

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

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

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

Визначаємо кут повороту фланця за формулою 1.150 [6]

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

					<i>6.133.21.04.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

де $[\Theta] = 0,009$ рад – допускається 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.

3.4 Розрахунок опори

Вибір типу опори залежить від ряду умов: місця установки апарату, співвідношення висоти і діаметра апарату, його маси і т.д. При відносно $H / D \leq 5$ обрана опора, зображена на кресленні колони. За ОСТ 26-467-78 вибираємо циліндричну опору виконання 1 і проводимо перевірочні розрахунки.

З додатку 2 [4] маса однієї тарілки при $D = 1000$ мм

$$m_T = 41,5 \text{ кг,}$$

отже, при числі тарілок $n = 20$ загальна маса тарілок

$$m_1 = m_m \cdot n = 41,5 \cdot 20 = 830 \text{ кг.}$$

Маса обичайки колони

$$m_2 = \pi \cdot (D + s) \cdot s \cdot H \cdot \rho \quad (3.33)$$

$$m_2 = 3,14 \cdot (1,0 + 0,008) \cdot 0,008 \cdot 14 \cdot 7850 = 2783 \text{ кг.}$$

Маса оснащення колони приймається в розмірі 20% від маси обичайки

$$m_3 = 0,2 \cdot m_2 = 0,2 \cdot 2783 = 557 \text{ кг.}$$

об'єм колони $V = 26 \text{ м}^3$, тоді маса води при гідравлічних випробуваннях

$$m_4 = V \cdot \rho_B \quad (3.34)$$

$$m_4 = 26 \cdot 1000 = 26000 \text{ кг.}$$

					<i>6.133.21.04.00.00.00 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

Наведені навантаження на опору

$$Q = (m_1 + m_2 + m_3 + m_4) \cdot g = (830 + 2783 + 557 + 26000) \cdot 9,81 = 296 \cdot 10^3 \text{ Н} = \\ = 296 \text{ кН.}$$

Міцність зварного з'єднання опори з корпусом визначаємо за умовою

$$\sigma = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot D \cdot a_1} \leq \varphi_s \cdot [\sigma], \quad (3.35)$$

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

Тоді

$$\sigma = \frac{4 \cdot 296 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 1000 \cdot 8} = 47,1 \text{ МПа} \leq 0,7 \cdot 120 = 84 \text{ МПа.}$$

Отже, умова міцності зварного шва виконується.

					6.133.21.04.00.00.00 ПЗ	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 Монтаж та ремонт апарата

4.1 Монтаж колони [9]

У процесі ремонту технологічного устаткування 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. 4.1, а і б). Вибір способу залежить, в основному, від наявного підйомно-транспортного обладнання.

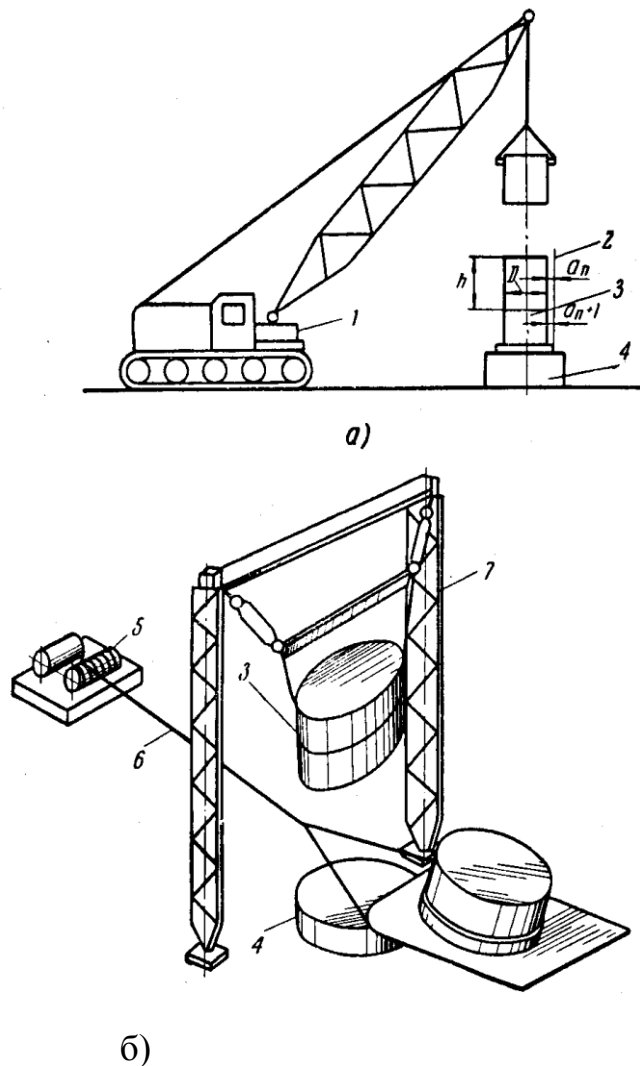


Рисунок 4.1 - Методи монтажу та вивірення розбірних колон:
а - наращуванням, б - підрощуванням;
1 - гусеничний кран, 2 - схил, 3 - царги колони, 4 - фундамент, 5 -
лебідка, 6 - трос, 7 - монтажний портал.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

6.133.21.04.00.00.00 ПЗ

Арк.

68

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

царги, доцільно застосовувати спосіб нарощування (рис. 4.1, а). Перед установкою кожної царги необхідно приварити кронштейни для риштування з огорожами. З цих риштування виробляються стикування і з'єднання царг.

Спосіб підрощування (рис. 4.1, 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 або монтажних лебідок і поворотних блоків і підстиковується до раніше змонтованим царгами.

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.

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 строповці її трохи вище центру ваги (на 1-1,5 м). Якщо стріла крана недостатньо довга, але є запас вантажопідйомності, то можна піти на тимчасове ускладнення 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 поліспасти, встановлюється на такій відстані від проектної осі апарату, щоб прикріплені до її верху блоки поліспасти не зішлись при вертикальному положенні колони мінімум на 1,5-2 м. Конструкція поворотного шарніра показана на рис. 4.2, 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 центра ваги через вісь шарніра (рис. 4.2,б).

									Арк.
									69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	6.133.21.04.00.00.00 ПЗ				

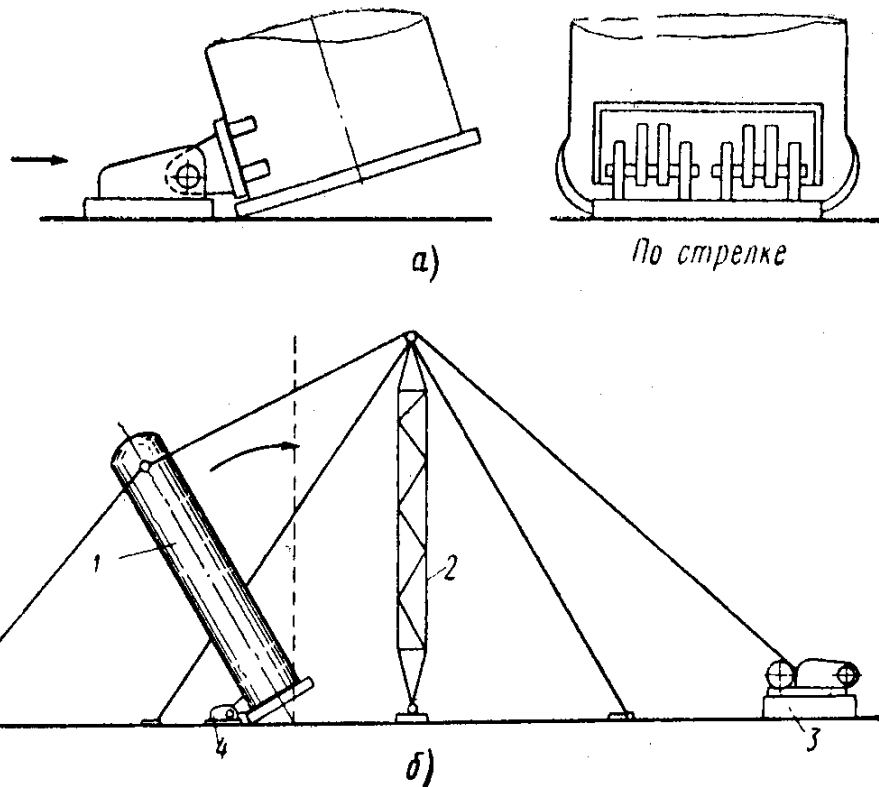


Рисунок 4.2 - Монтаж колони:

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. 4.3). 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 вкладається на фундамент так, щоб його вісь була перпендикулярна площині установки порталу.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

6.133.21.04.00.00.00 ПЗ

Арк.

70

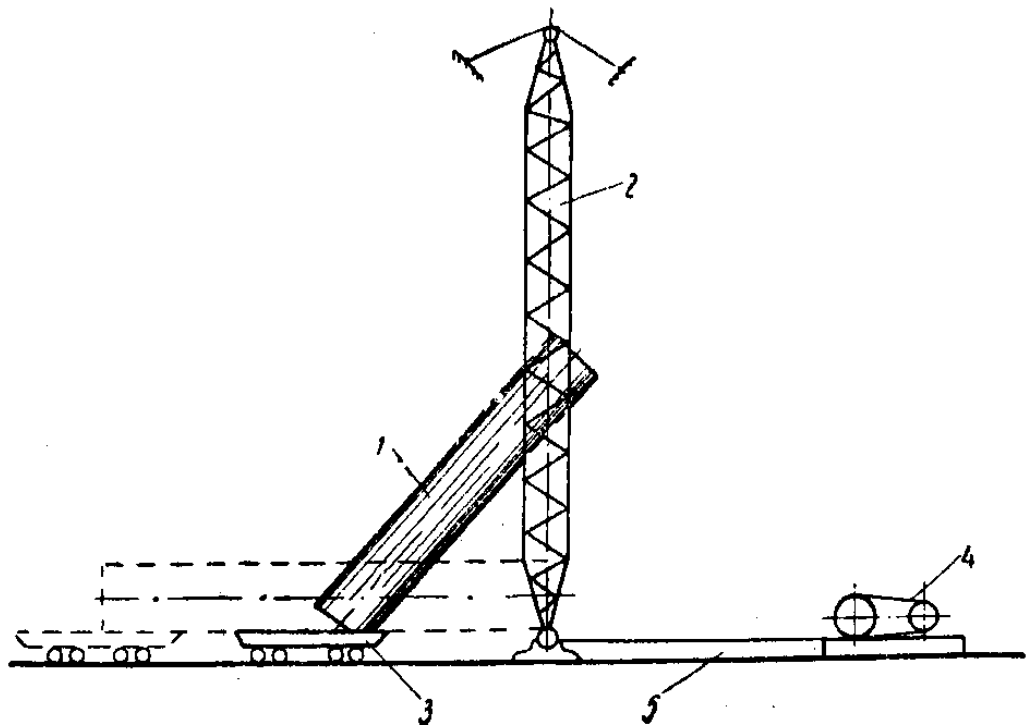


Рисунок 4.3 - Підйом колони за допомогою порталу:
 1 - колона, 2 - портал, 3 - візок, 4 - лебідка, 5 - трос

Підйом відбувається в такій послідовності. До саней кріпиться трос, другий кінець якого подається на лебідку, трактор або поліспаст безпосередньо або через відвідної блок. Апарат стропляють за верхню частину і починають піднімати за допомогою порталу. Піднявши верхню частину апарату на 3-4м, підтаскують сани в бік порталу, поки поліспаст не займуть вертикального положення. Подібним чином поступово піднімають апарат і підтягають 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 [9]

Перш за все необхідно провести ретельний зовнішній огляд колони і виявити деталі (оглядові вікна, дрібні штуцера, бобишки), які потребують заміни, підварюванні, перебивки сальникових ущільнень і т.д. Усувати такі несправності слід в 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.

						Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	6.133.21.04.00.00.00 ПЗ	

Найбільш складною і відповідальною операцією при ремонті тарілчастих колонних апаратів є збірка і точна установка відремонтованих і нових барботажних тарілок. Для правильної їх установки повинні бути виконані наступні умови:

- верхні зрізи стаканів повинні лежати в одній площині (допустимі відхилення ± 1 мм);

- відстань від нижнього зрізу ковпачка до верхнього зрізу склянки повинно бути однаково по всьому периметру ковпачка і всіх ковпачків тарілки;

- верхній зріз переливної труби повинен бути нижче зрізу ковпачка на проектну величину (h) з допуском ± 1 мм.

Щоб перевірити висоту стаканів, тарілку встановлюють горизонтально на спеціальному стенді і заливають водою. За допомогою регулювальних гвинтів домагаються, щоб зрізи діаметрально протилежних стаканів розташовувалися на одній відстані від рівня води. Потім перевіряють відстань від рівня дзеркала води до верхніх зрізів інших склянок. Різниця не повинна перевищувати ± 1 мм. Високі склянки підрізають торцевої фрезою, низькі - наварюють з подальшою обробкою торця.

Для вивірки тарілки при установці в колону на її борт наносять за допомогою керн позначки рівня води в чотирьох місцях через 90° .

Після вивірки склянок приступають до установки ковпачків, приймаючи за базу верхні зрізи стаканів. При установці ковпачків на тарілки невеликого діаметра (менше 1 м) за базу можна взяти дно тарілки, проте в цьому випадку установка буде менш точною. Для установки ковпачків слід скористатися шаблонами, за шаблоном встановлюють або сам ковпачок, або нижні гайки кріплення ковпачка. Підготовлена таким чином тарілка встановлюється на стенд для випробування на барботаж.

Стенд є як би однієї з секцій колони. Відчувають тарілки повітрям, причому повітря повинне виходити з-під усіх ковпачків тарілки рівномірно, дрібними бульбашками. Перед випробуванням тарілки необхідно перевірити горизонтальність її установки на стенді.

Зібрану і випробувану тарілку піднімають і встановлюють в колону. При цьому необхідно домогтися, щоб тарілка була розташована строго горизонтально. (Допускається відхилення тарілки від горизонталі на 1 мм.) Правильність установки тарілки перевіряється за контрольними відмітками, нанесеним на борту тарілки при вивірки стаканів. Для цього тарілка

									Арк.
									72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	6.133.21.04.00.00.00 ПЗ				

заливається водою, рівень якої при правильній установці повинен знаходитися на рівній відстані від усіх чотирьох відміток (рис. 4.4).

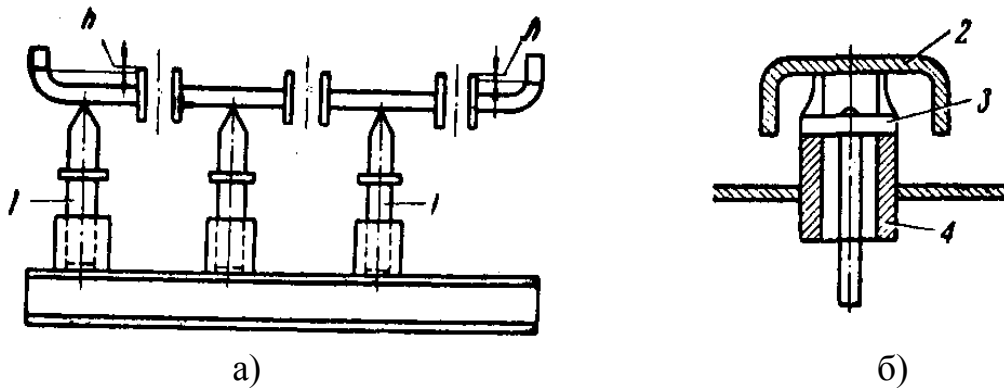


Рисунок 4.4 – Вивірка тарілок і ковпачків:

а - стенд для вивірки тарілок, б) вивірка круглих ковпачків;
1 - регулювальний гвинт стенду, 2 - ковпачок, 3 - шаблон, 4 - стакан

Так як ремонтвана колона складається з окремих царг, то спочатку збирають і вивіряють тарілки кожної царги. 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 схилу 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 перевищувати допустиме відхилення $\Delta_{\text{доп. общ.}}$, що 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 випнуту сторону в межах пружності прокладок.

5 Охорона праці

5.1 Аналіз потенційних небезпек, під час експлуатації обладнання [1]

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

- характеристика властивостей продукту, що переробляється, вихідної сировини и допоміжних матеріалів;
- опис технологічного процесу зі схемою виробництва;
- норми технологічного режиму із зазначеним гранично допустимих відхилень;
- можливі неполадки технологічного процесу, їх причини і спосіб усунення;
- основні правила пуску, безпечного ведення процесу и 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 завантажуються, 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.

									Арк.
									74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	6.133.21.04.00.00.00 ПЗ				

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 [6]

Ацетон відноситься до III класу небезпеки.

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

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). 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

									Арк.
									75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	6.133.21.04.00.00.00 ПЗ				

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]:

$$\Phi_{\text{л}} = \frac{E \cdot S \cdot k_3 \cdot Z}{N \cdot n \cdot \eta}, \quad (5.1)$$

звідки визначимо число світильників N:

$$N = \frac{E \cdot S \cdot k_3 \cdot Z}{\Phi_{\text{л}} \cdot n \cdot \eta}. \quad (5.2)$$

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

E – задана мінімальна освітленість, лк;

S-освітлювана площа, м²;

$k_3 = 1,8$ – 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 і за формулою [5, 5-3]:

$$i = \frac{A \cdot B}{H(A + B)}, \quad (5.3)$$

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:

					6.133.21.04.00.00.00 ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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.

5.4 Экология при виробництві ацетону

В силу розглянутих тенденцій охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів набувають все більшого значення.

Негативна дія забруднення атмосфери викидами виражається в їх токсичності для людини, тварин і рослинності, а також участь опосередкованими чином в руйнуванні озонового шару.

Саме тому однією з актуальних проблем охорони навколишнього середовища є проблема очищення викидів та виробничих відходів. Організація системи знешкодження викидів є складною науково-технічною задачею. Як правило для знешкодження газів, частинок що містять в своєму складі ацетон, застосовується високопродуктивної апаратури, очищення в стаціонарних або нестаціонарних умовах.

					6.133.21.04.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

Висновки

У даній роботі проведений розрахунок ректифікаційної установки при виробництві ацетону.

Визначено основні геометричні розміри проектованого апарату. Зроблені проектно-конструкційні розрахунки товщини стінок обичайок корпусу і кришок був виконаний розрахунок зміцнення отворів, виконаний вибір і перевірочний розрахунок фланцевого з'єднання, обрана опора апарату. Надано опис ремонту та монтажу колони.

Розрахунки зроблені на підставі діючих стандартів.

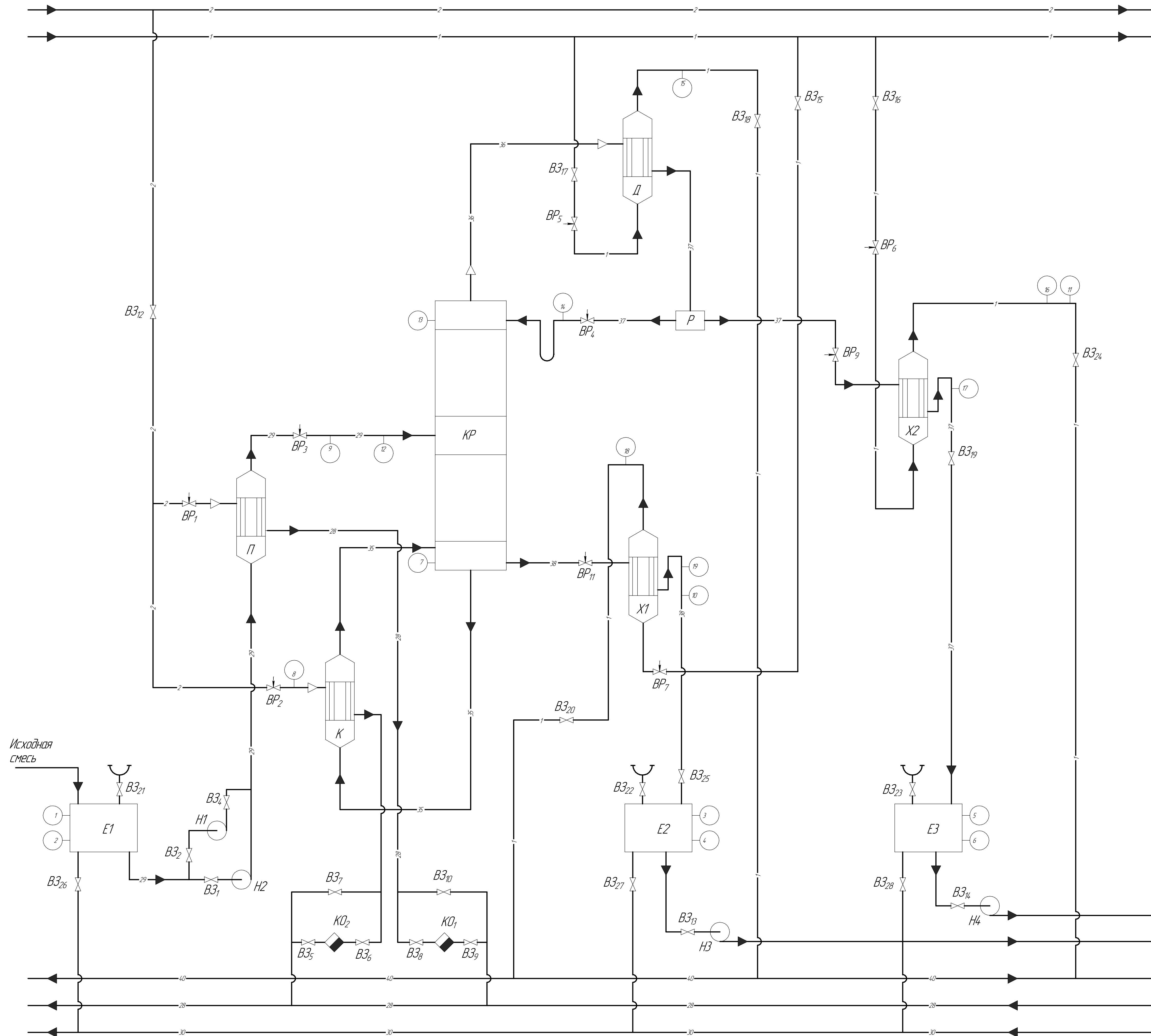
В додатку подано складальне креслення колони і креслення складальних одиниць зі специфікаціями.

					6.133.21.04.00.00.00 ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список літератури

1. Технологический процесс разделения смеси ацетон-вода, , 1997.
2. Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты Химической технологии. Пособие по проектированию. - М.: Химия, 1983. - 272 с.
3. Павлов К.Ф. и др. Примеры и задачи по курсу «Процессы и аппараты химической технологии». - Л.: Химия, 1980 г.
4. Справочник химика. Т. 1 – 6. - Л.: Химия, 1980.
5. Белоусов В. П., Морачевский А. Г. Теплоты смешения жидкостей. - Л.: Химия, 1970.
6. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. - М.: Наука, 1972.
7. Лазинский А.А., Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры. Справочник. - Л.: «Машиностроение», 1970.–752 с.
8. Чечель П. С. Процессы и аппараты химической технологии. - Киев: Вища школа, 1974.
9. Михалев М.Ф. и др. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств. - Л.: Машиностроение, Ленингр. отдние, 1984.– 301 с.
10. Лазинский А. А. Конструирование сварных химических аппаратов: Справочник. Л., Машиностроение. Ленинградское отделение, 1981.

					6.133.21.04.00.00.00 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79



Условное обозначение		Наименование среды в трубопроводе
Букв.	Графическое	
1		Вода
2		Пар
28		Конденсат
29		Исходная смесь
30		В канализацию
35		Паро-жидкостная эмульсия
36		Пары дистиллята
37		Дистиллят
38		Кубовый остаток
40		Обратная вода

Точки замера и контроля		
Обозначение	Контролируемый параметр	Примечание
1-7	Уровень	
8	Давление	
9-11	Расход	
12-19	Температура	

Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
КР	Колонна ректификационная	1	
Д	Дефлегматор	1	
К	Кипятильник	1	
П	Подогреватель	1	
X1-2	Холодильник	2	
E1-3	Емкость	3	
P	Распределитель	1	
H1-4	Насос	4	
BP1-9	Вентиль регулирующий	9	
B31-25	Вентиль запорный	25	
KO1-2	Конденсатоотводчик	2	

6.133.21.04.00.00.00 ТС				Лист	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Производство ацетона	
Разраб.	Лист	Дизайн			Установка ректификационная	
Проб.	Лист	Закупка			Технологическая схема	
Т.контр.	Лист				Лист	Листов
И.контр.	Лист					
Удп.	Лист					

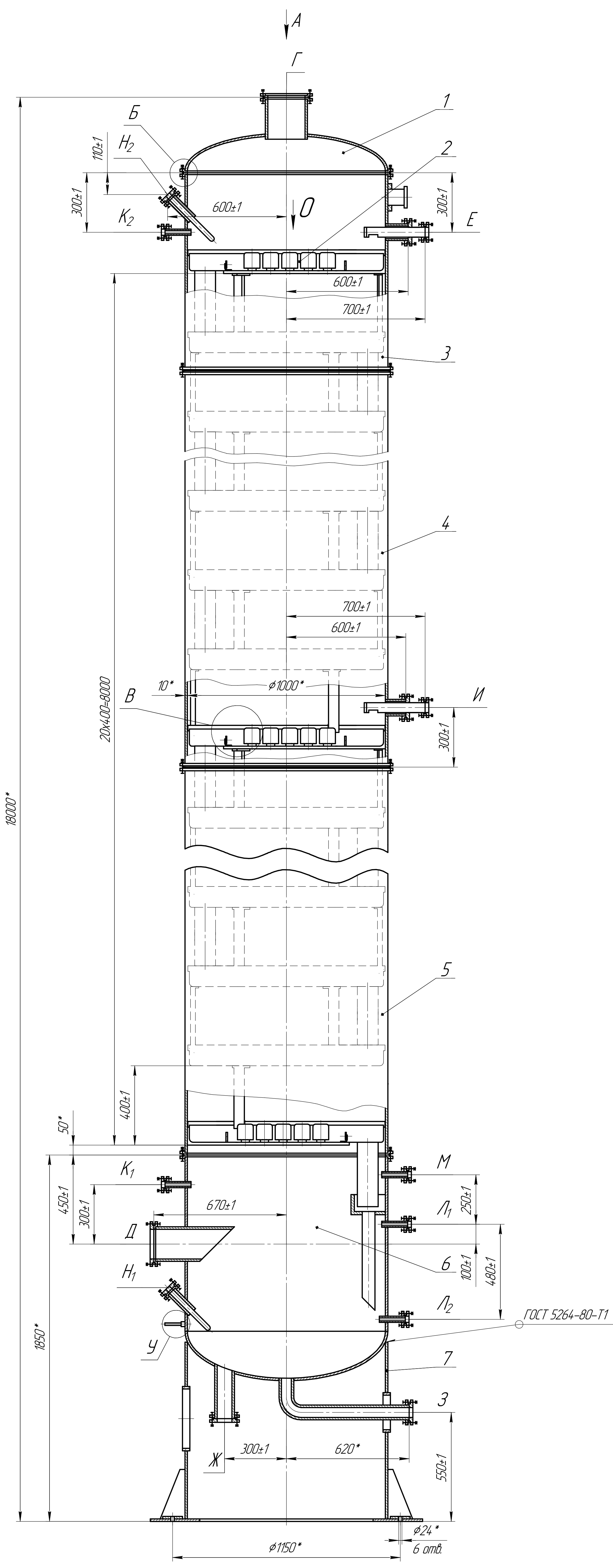


Таблица штуцеров

Обозн	Наименование	Кол	Проход условный Dн, мм	Давление условное Pн, МПа
Г	Выход пара	1	200	0,5
Д	Вход пара	1	200	0,25
Е	Вход флегмы	1	50	0,25
Ж	Выход жидкости из куба	1	125	0,25
З	Выход кубового остатка	1	40	0,25
И	Вход исходной смеси	1	50	0,25
K1-2	Для манометра	1	25	16
Л1-2	Для указателя уровня	2	20	16
М	Для установки урбнемера	1	25	6,4
Н1-2	Для термометра ртутного	2	25	2,5

Техническая характеристика

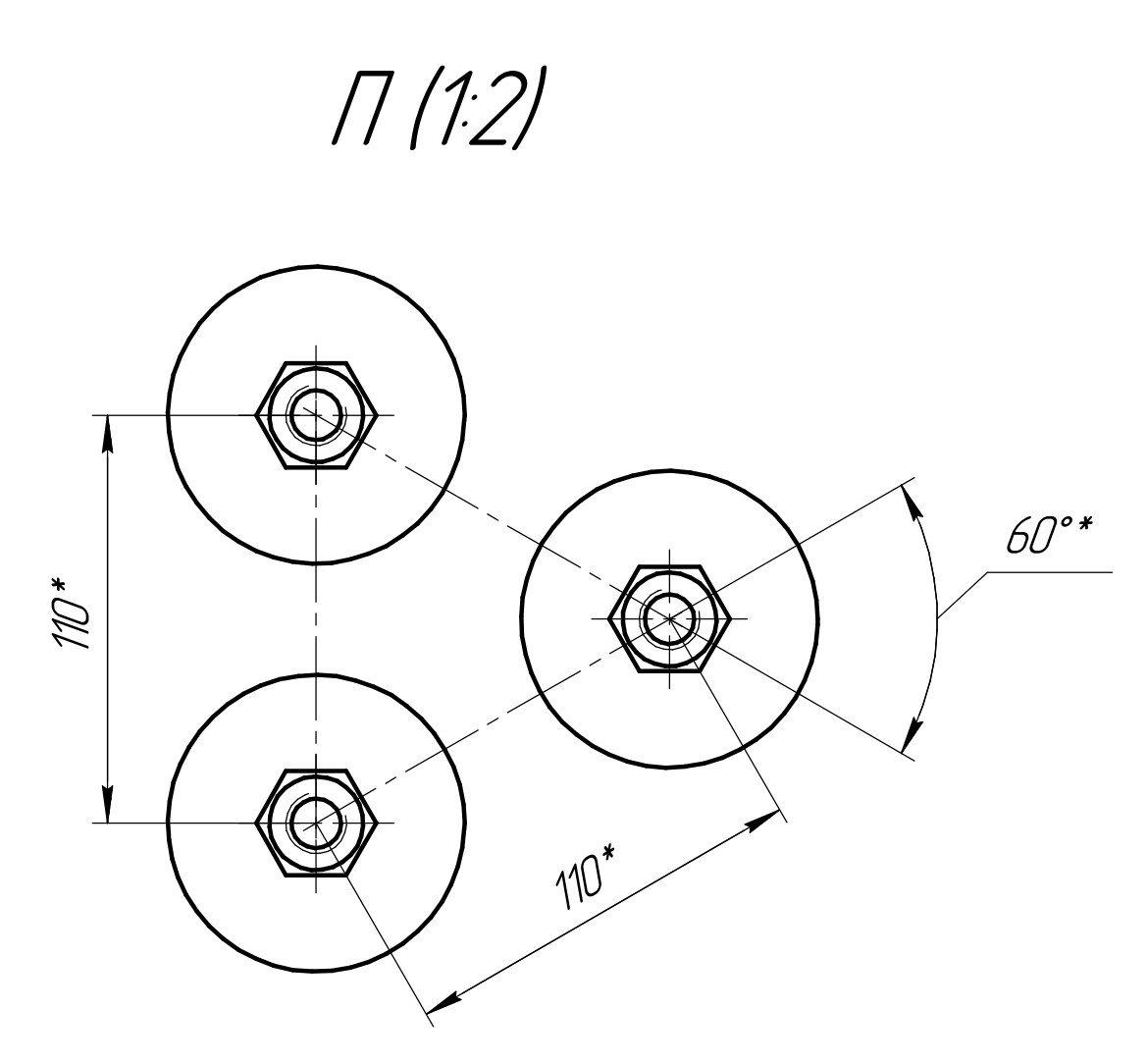
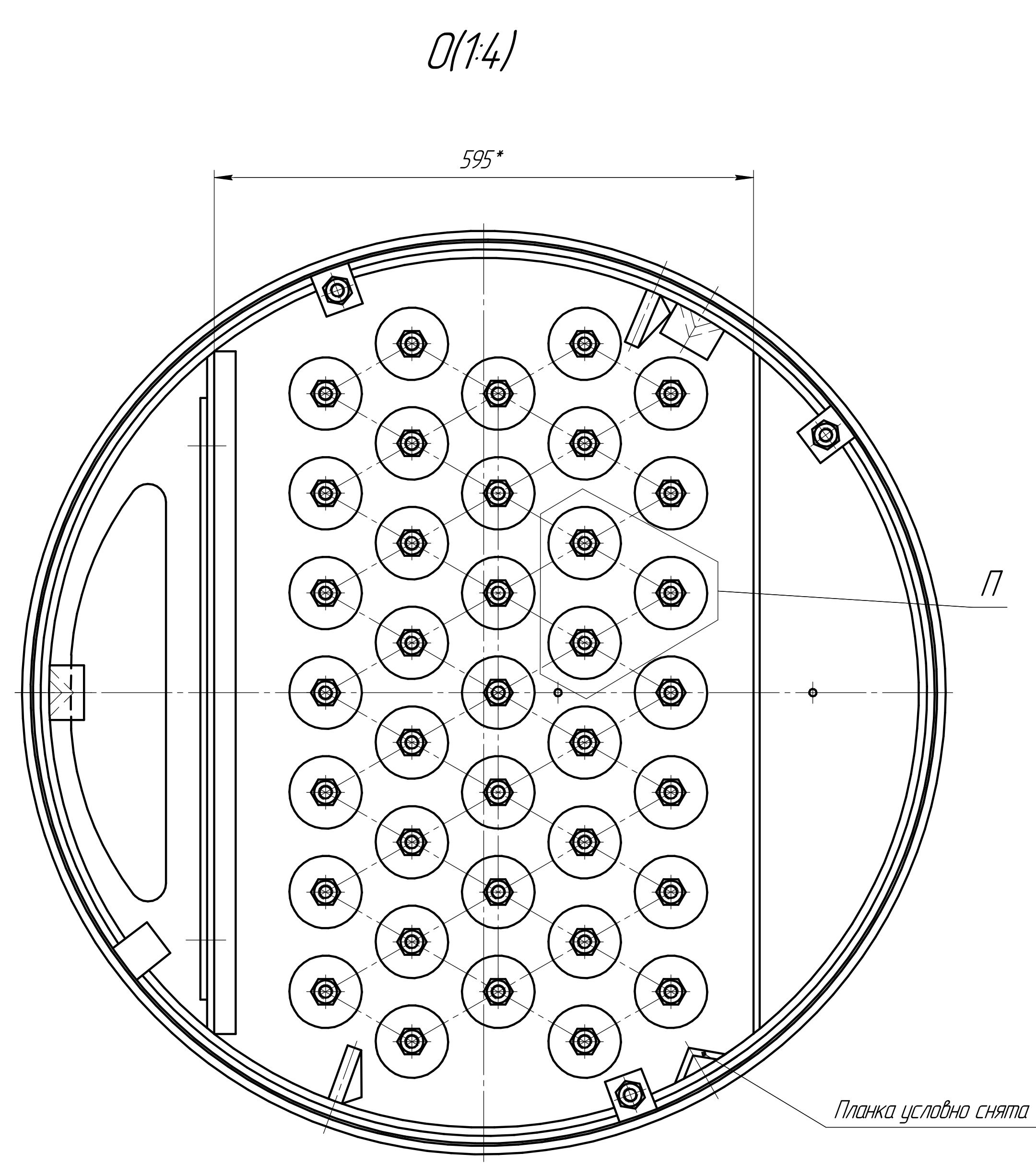
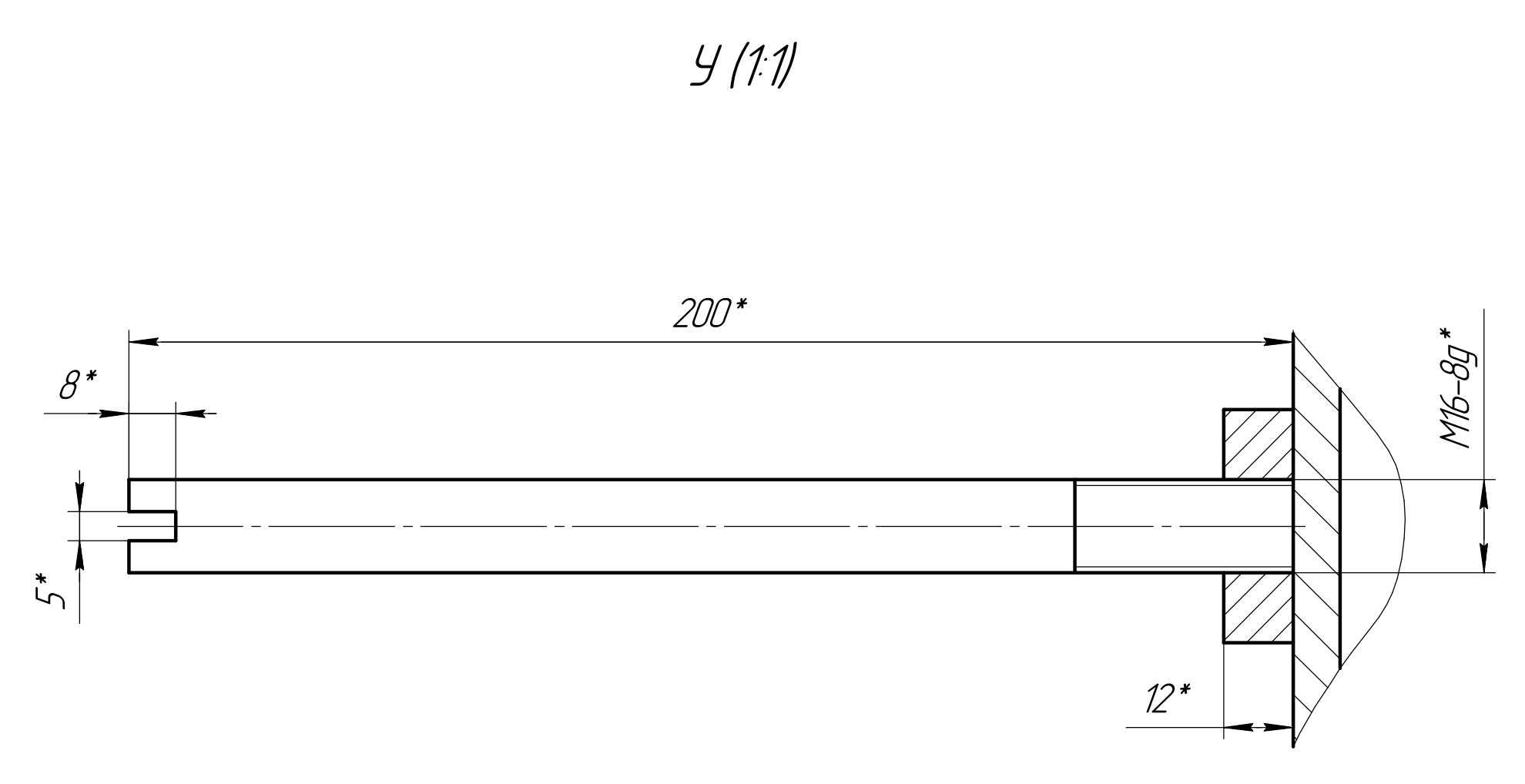
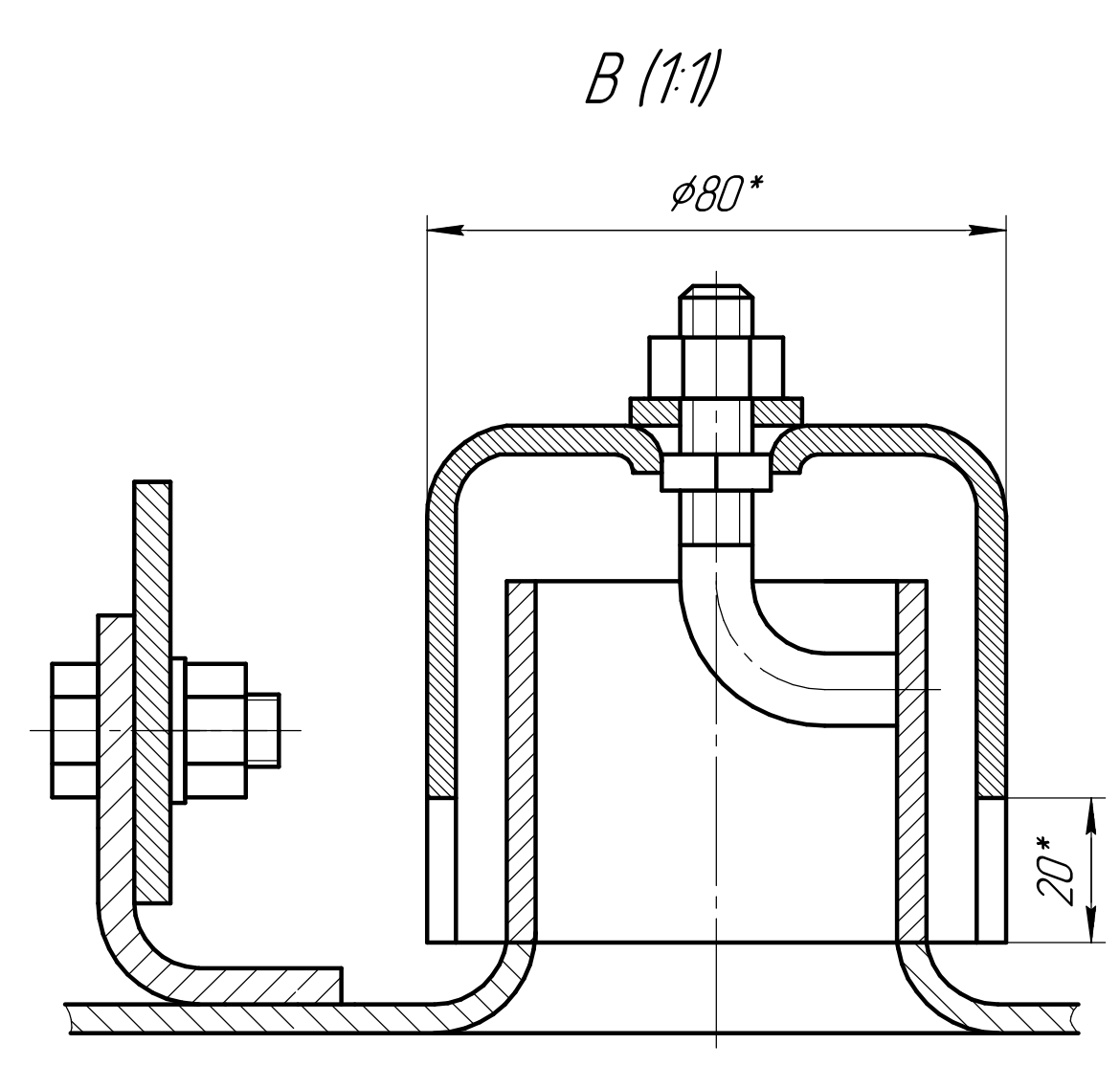
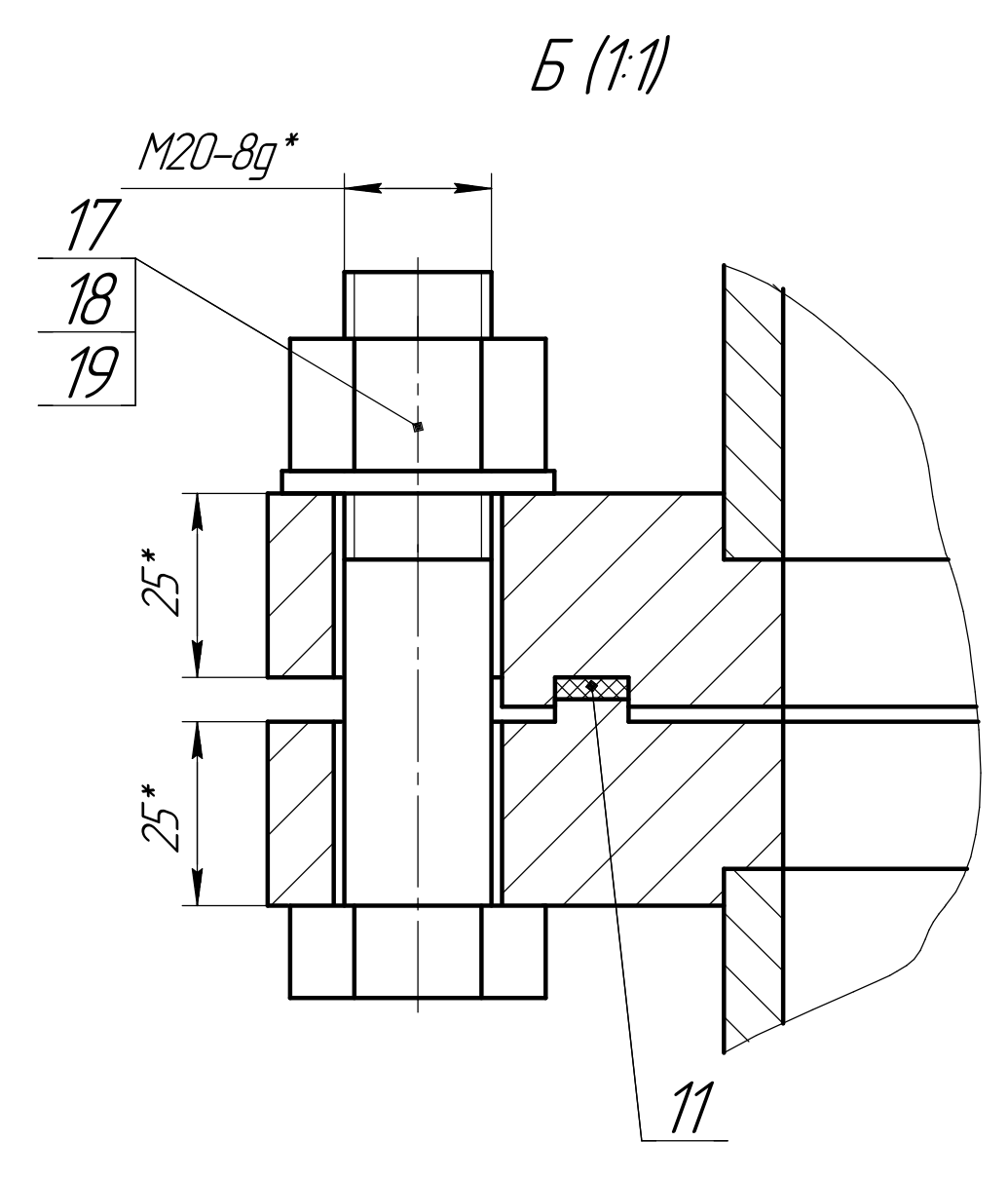
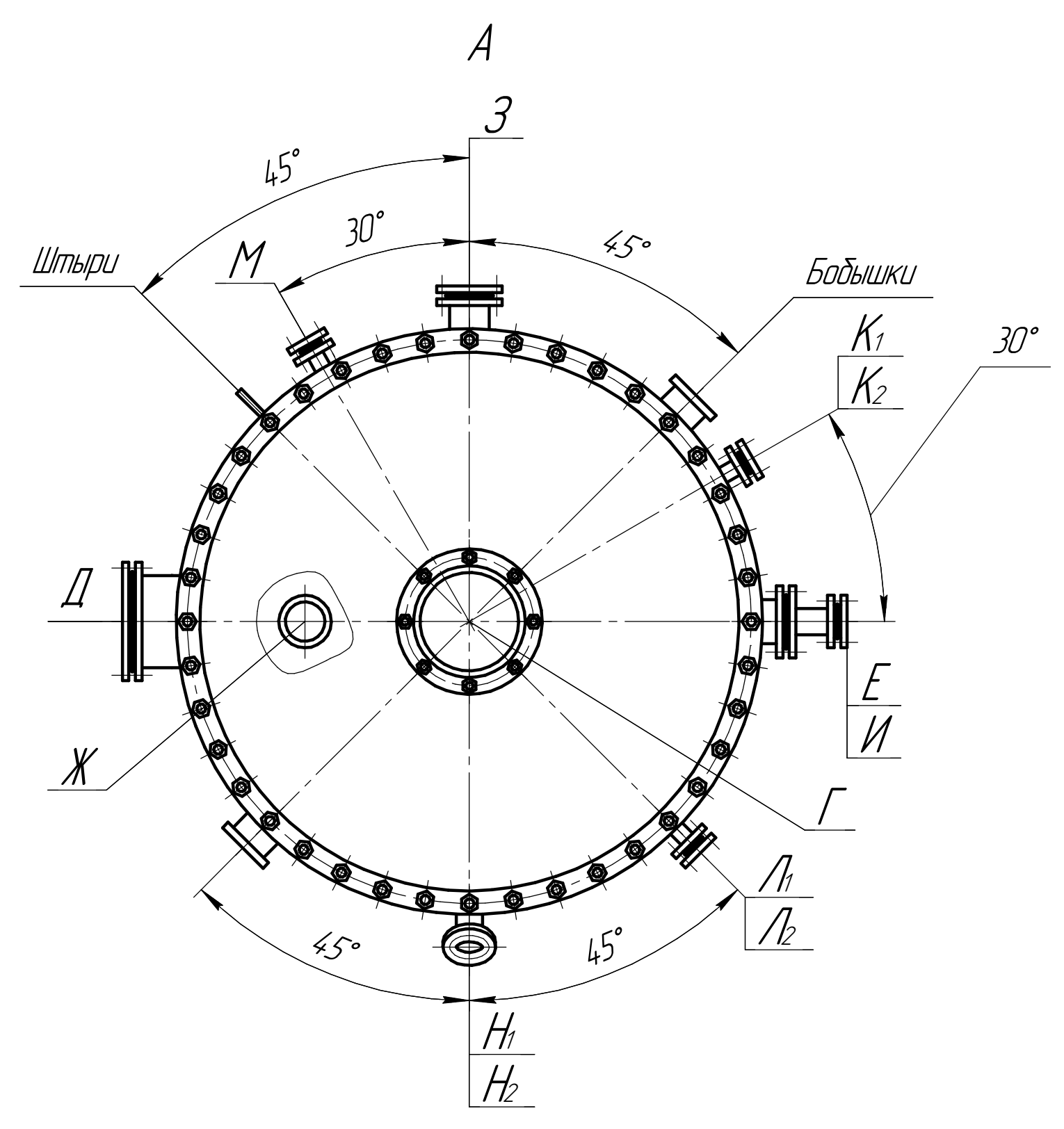
Аппарат предназначен для разделения смеси бензол-уксусная кислота	
Параметр	
1. Рабочее давление, МПа (кгс/см ²)	0,1
2. Расчетное давление, МПа (кгс/см ²)	0,38
3. Максимально допустимая рабочая температура стенки, °С	150
4. Минимально допустимая рабочая температура стенки, °С	минус 20
5. Расчетная температура стенки, °С	117
4. Наименование среды	ацетон-вода
5. Характеристика рабочей среды:	
- класс опасности (по ГОСТ 12.1.007)	4 кл
- пожароопасность (по ГОСТ 12.1.004)	Да
- взрывоопасность (по ГОСТ 12.1.011)	Да
6. Номинальный объем, м ³	26
7. Группа аппарата (по ГСТУ 3-17-191-2000)	5б
8. Срок службы аппарата, лет	10
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 та аппараты стальной зварни. Загальні технічні умови" и ДНАОП 0.00-1.07-94 "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) $p_{ис} = 0,46 \text{ МПа}$ в горизонтальном положении или пневматическим 0,07 МПа.
- Сварные швы составных фланцев проверить на герметичность давлением воздуха (или инертного газа) $p = 0,4, 0,6 \text{ МПа}$.
- Действительное расположение штуцеров, люков и цапф смотри на виде А.
- H14, h14, ±IT14/2.
- *Размеры для справок.
- Монтаж аппарата произвести в соответствии со СНиПЗ 05 05-84.

Изд. № докум.	Листы в сборе
Специф. №	Листы в сборе
Взам. инв. №	Инд. № докум.
Листы в сборе	Листы в сборе
Изд. № докум.	Листы в сборе

6.133.2104.00.00.00 СБ			Лит	Масса	Масштаб
Изд. Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.	Дизайнер				1:10
Проб.	Заказчик				
Т.контр.					Лист 1 Листов 2
И.контр.					
Этаб.					



Изд. № 001, Лист № 001, Взам. инв. №, Инв. № 001, Лист № 001, Лист № 001