

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

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

_____ (Підпис) _____ (ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

_____ 2023р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(бакалавр/магістр)

зі спеціальності 6.133: Галузеве машинобудування,
(код та назва)

_____ програми _____
(освітньо-професійної/освітньо-наукової) (назва програми)

на тему: Виробництво технічного етеру. Ректифікаційна етерна колона продуктивності по етеру 25 т/добу.

Здобувача (ки) групи ХМзт-91ш _____ Редкач І.С.
(шифр групи) (прізвище, ім'я, по батькові)

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

_____ Ігор РЕДКАЧ
(підпис) (Ім'я та ПРІЗВИЩЕ здобувача)

Керівник проекту _____ Роман ЗАКУСИЛО _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, Ім'я та ПРІЗВИЩЕ) (підпис)

Шостка 2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ШОСТКИНСЬКИЙ ІНСТИТУТ
СУМСЬКОГО ДЕРЖАВНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Спеціальність: 6.133: Галузеве машинобудування

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. Кафедрою

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВР

Студенту: Редкач І.С.

група ХМзт-91ш курс IV

- Тема роботи:** «Виробництво технічного етеру. Ректифікаційна етерна колона продуктивності по етеру 25т/добу.»
- Вихідні дані:** Продуктивність 25 т/добу, склад легколетучего компонента у вихідній суміші 50 %, у дистилляте 98%, в кубовому залишку 1,5%, (% масові).
- Перелік обов'язкового графічного матеріалу (листи А1)
 - Загальний вигляд 1хА1;
 - Технологічна схема А1;
 - Складальні креслення 2хА1.
- 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.
- Контрольні терміни виконання: травень

Етап і розділи бакалаврської роботи 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 роботи						х

6. Дата видачі завдання Березень 2023 р

7. Термін захисту роботи Червень 2023р.

Керівник роботи _____

ШІ Сум ДУ 2023

Анотація

Пояснювальна записка: 52 с, 5 рисунків, 4 табл., 15 література.

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

Тема: Виробництво технічного етеру. Ректифікаційна етерна колона продуктивності по етеру 25 т/добу.

Розроблена технологічна схема виробництва. Описані теоретичні основи процесу. Описаний принцип дії та конструкція абсорбційної 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.

					6.133.23.05.00.00.00 ПЗ	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зміст

Вступ.....	5
1 Технологічна частина.....	6
1.1 Опис технологічної установки	6
1.2 Теоретичні основи процесу абсорбції	9
1.3 Опис конструкції апарата	11
2 Технологічні розрахунки процесу та апарата.....	13
2.1 Матеріальний баланс та технологічні розрахунки	13
2.2 Конструктивні розрахунки	18
2.3 Гідравлічний опір апарата	22
2.4 Тепловий баланс	23
2.5 Вибір допоміжного обладнання	24
3 Розрахунки на міцність апарата	29
3.1 Розрахунок товщини стінки корпусу та кришки апарата	29
3.2 Розрахунок фланцевого з'єднання	29
3.3 Розрахунок опори	37
4 Монтаж і ремонт апарата	38
4.1 Монтаж апарата	38
4.2 Ремонт апарата	42
5 Охорона праці та техніка безпеки на виробництві	43
5.1 Вимоги до обладнання на виробництві	43
5.2 Вимоги до виробництва	44
5.3 Виробнича санітарія	46
5.3.1 Мікроклімат	46
5.3.2 Освітлення	46
5.3.3 Шум та вібрація	48
5.3.4 Електробезпека	49
5.3.5 Пожежна безпека	49
5.3.6 Охорона довколишнього середовища	50
Висновки.....	51
Список використаної літератури.....	52

					6.133.23.05.00.00.00 ПЗ		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Редкач</i>			Пояснювальна записка		
<i>Перевір.</i>		<i>Закусило</i>					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затверд.</i>							
					<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
					4	55	
					<i>ШІ Сум ДУ</i>		

Вступ

Технічний ефір є одними з речовин, що мають важливе значення у промисловості та народному господарстві. В одних галузях він використовується як основна сировина, в інших – як допоміжний матеріал.

Цей компонент використовують у різних виробництвах. Він застосовується також для виготовлення препаратів у медицині, як пальне та моторне паливо, використовується у виробництві піроксилінових порохів тощо.

Процес ректифікації – поділ рідких однорідних сумішей на складові речовини або групи складових речовин у результаті протиточної взаємодії парової суміші та рідкої суміші.

Процеси ректифікації здійснюються періодично або безперервно при різних тисках: при атмосферному тиску, під вакуумом (для поділу сумішей висококиплячих речовин), а також під тиском більше атмосферного (для поділу сумішей, які є газоподібними при нормальних температурах).

Можливість поділу рідкої суміші на складові її компоненти ректифікацією обумовлена тим, що склад пари, що утворюється над рідкою сумішшю, відрізняється від складу рідкої суміші в умовах рівноважного стану пари та рідини. Відомі рівноважні дані для конкретної суміші дозволяють проаналізувати можливість поділу цієї суміші, знайти граничні концентрації поділу та розрахувати рушійну силу процесу.

Завдання, що стоїть перед відділеннями ректифікації підприємства в даний час полягає в тому, щоб отримувати етиловий ефір високої очищення з мінімальними витратами. Це завдання дуже складне і потребує глибокого знання процесу. Способи одержання дуже різноманітні. Продукти, що надходять на ректифікацію, також дуже різноманітні кількісному і якісному складу домішок.

Кінцеві продукти ректифікації при отриманні за стандартом, повинні мати високий рівень очищення. У зв'язку з цим до апаратів установки ректифікації повинні бути пред'явлені високі вимоги. Ці апарати повинні мати високу продуктивність щодо очищення компонентів від домішок при роботі в різних умовах і разом з тим повинні бути економічними щодо витрати пари та води. [1]

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

1 Технологічна частина

1.1 Опис технологічної установки [2]

Виробництво з отримання технічного ефіру за сірчанокислим методом розподіляється на дві фази:

- 1) отримання та нейтралізація ефіру;
- 2) очищення сирого ефіру домішок шляхом ректифікації.

Принципова схема технологічного процесу виробництва технічного ефіру має такий вигляд (рисунок 1.1).

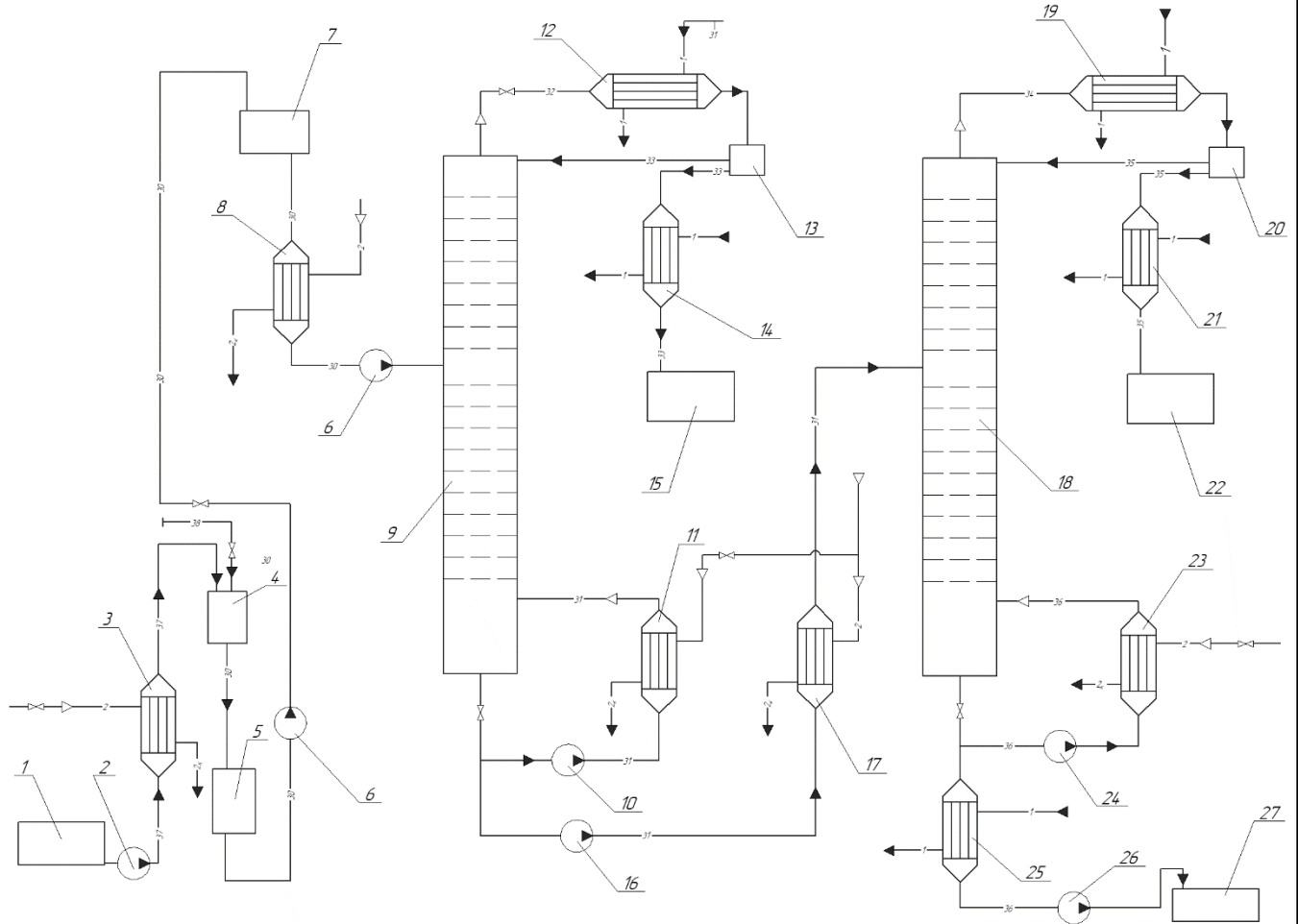


Рисунок 1.1 Технологічна схема виробництва технічного етеру

1-ємність, 2-насос, 3-підігрівач, 4-естеризатор, 5-нейтролізатор, 6-насос, 7-ємність, 8-підігрівач, 9-колона ректифікаційна, 10-насос, 11-кип'ятильник, 12-дефлегматор, 13-розподільник, 14-холодильник, 15-ємність, 16-насос, 17-підігрівач, 18-колона ректифікаційна, 19-дефлегматор, 20-розподілювач, 21-холодильник, 22-ємність, 23-кип'ятильник, 24-насос, 25-холодильник, 26-насос, 27-ємність

Вихідний продукт - спирт сирець при виробництві технічного ефіру насосом подається зі сховища спирту в ємність E1, з якої спирт надходить у

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

6.133.23.05.00.00.00 ПЗ

Арк.

6

випарник спирту I, де нагрівається до температури 60 - 70 °С за рахунок тепла фузельної води ректифікаційної спиртової колони і потім вводиться в основний реакційний апарат ефірного виробництва - ефіризатор Е, що являє собою викладений свинцем залізний циліндричний посудину, заповнений на дві третини об'єму робочою сумішшю - етилсерною кислотою.

У міру багаторазового використання в ефірі реакційна здатність етилсерної кислоти знижується і продуктивність апарату падає. Після закінчення 6 - 8 місяців безперервної роботи відпрацьована кислота вважається вже непридатною і видаляється із системи.

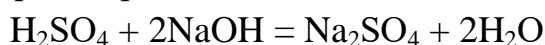
Спирт подається в реакційну суміш через барботер (дірчасту трубу), що проходить крізь товщу етилсерної кислоти. Для правильного перебігу процесу етилсерна кислота нагрівається до температури 120-125 °С. Необхідна температура суміші підтримується за рахунок обігріву апарату глухою парою через змійовик, встановлений усередині ефіру. Етилсерна кислота діє на молекулу спирту і при цьому утворюється етиловий ефір і регенерується сірчана кислота:



Таким чином, теоретично сірчана кислота не витрачається. Практично вона розбавляється водою та частково відновлюється до сірчистої кислоти. Крім цього, частина сірчаної кислоти у вигляді дрібних крапель захоплюється парами сирого ефіру в нейтралізатор Н, де під дією їдкого натру переходить у бісульфіт реакції:



і сірчаноокислий натрій по реакції



Пари сирого ефіру, що утворюються в процесі взаємодії спирту і етилсерної кислоти, надходять з ефіризатора по трубі в нейтралізатор, в якому вони барботируют через слабкий розчин луку. При цьому відбувається нейтралізація кислих домішок (сірчаного газу, сірчаної кислоти) сирого ефіру.

Отримана потрібна суміш (етиловий ефір - етиловий спирт - вода), що сконденсувалася в конденсаторі, надходить в ємність Е2, звідки насосом Н6 подається в ефірну колону ректифікації КР1 через підігрівач П1, де нагрівається до температури 50 -70 °С.

Стікаючи вниз по насадці в колоні, рідина взаємодіє з парами етилового ефіру, що піднімаються вгору, що утворюються при кипінні кубової рідини в кип'ятильнику К1 колони. Початковий склад пари приблизно дорівнює складу кубового залишку хW, тобто. збіднений легколетким компонентом. Для більш повного збагачення верхню частину колони зрошують відповідно до заданого флегмового числа рідиною (флегмою) складу xP, яка виходить в дефлегматоре

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

Д1 шляхом конденсації пари, що виходить з колони. Частина конденсату через розподільник Р1 виводиться з дефлегматора Д1 у вигляді готового продукту поділу – дистиляту, який охолоджується в холодильнику Х1 і прямує у проміжну ємність Е3.

Режим роботи ефірної колони має такі параметри. Ефірна колона працює без додаткового підігріву, температурний режим підтримується шляхом введення в кубову частину парів кубової рідини, яка підігрівається в кип'ятильнику К1 до температури 60 - 85°C, і охолодження верхньої частини за рахунок повернення в колону сконденсованого ефіру.

Дефлегматор ефірної колони Д1 працює на оборотній воді, яка охолоджується на градирні та подається насосами.

Охолодження ефіру в холодильнику Х1 проводиться артезіанською водою. Надлишковий тиск оборотної води на центральному трубопроводі повинен бути не менше 0,08 МПа, а артезіанської або захищеної води не менше 0,05 МПа.

Подача парів ефіру в нижню ланку ефірної колони та води в дефлегматор регулюються так, щоб підтримувалися наступні параметри:

- температура у кубовій частині колони, °С – 60 - 85;
- температура у середній частині колони, °З – 50 - 70;
- температура у верхній частині колони, ° С - 34 - 45;
- температура ефіру у приймальній ємності, °С – 15 - 25.
- рівень рідини кубової частини колони не менше 2/3 мірного стела.

З кубової частини колони насосом Н3 безперервно виводиться кубова рідина (етиловий спирт - вода), яка через підігрівач П2 подається на тарілку живлення ректифікаційної колони КР2.

Рідина, стікаючи вниз по колоні, взаємодіє з парами етилового спирту, що піднімається вгору, що утворюється при кипінні кубової рідини в кип'ятильнику К2. Початковий склад пари приблизно дорівнює складу кубового залишку x_w , тобто. збіднений легколетким компонентом. Для більш повного збагачення верхню частину колони зрошують відповідно до заданого флегмового числа рідиною (флегмою) складу x_p , яка виходить в дефлегматоре Д2 шляхом конденсації парів етанолу, що виходять з колони. Частина конденсату через розподільник Р2 виводиться з дефлегматора Д2 як готового продукту поділу – дистиляту, який охолоджується в холодильнику Х2 і прямує у проміжну ємність Е4. Кубовий залишок (вода) насосом Н5 перекачується в ємність Е5.

Режим роботи спиртової колони КР2 має такі параметри. Температурний режим спиртової колони підтримується шляхом підігріву кубової рідини в окропі К2. Охолодження верхньої частини колони відбувається за рахунок

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

повернення конденсованого етанолу. Дефлегматор Д2 спиртової колони працює на оборотній воді, охолодженої на градирні.

Охолодження етанолу у холодильнику Х2 відбувається артезіанською або оборотною водою. Надлишковий тиск оборотної води на центральному трубопроводі повинен бути не менше 0,08 МПа, а тиск артезіанської води не менше 0,05 МПа.

При роботі спиртової колони повинні підтримуватись наступні параметри:

- температура у кубовій частині колони, °С – 100 – 110;
- температура у верхній частині колони, °С – 70 – 85;
- температура у середній частині колони, °С – 85 – 95;
- температура спирту у приймальній ємності, °С – 15 – 25.

1.2 Теоретичні основи процесу абсорбції [3]

Розглядаючи взаємодію пари та рідини в ректифікаційному апараті, зробимо такі припущення:

а) мольні теплоти випаровування компонентів однакові, тому кожен кілограм-моль пари при конденсації випаровує відповідно кілограм-моль рідини і, отже, моливний потік пари, що рухається в апараті знизу вгору, однаковий у будь-якому перерізі апарату;

б) при конденсації пари в пристрої, що конденсує агрегату не відбувається зміни складу пари і, отже, склад пари, що йде з ректифікаційного апарату, дорівнює складу дистилляту $y_r = x_r$;

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

Кількість дистилляту, отриманого в конденсаторі, дорівнює кількості пари, що прямує в цей пристрій. Отриманий у конденсаторі дистиллят ділиться на дві частини – одна частина прямує назад у колону (флегма), інша є продуктом, що відбирається (дистиллят).

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

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

Кількість пари, отриманої в нижній частині апарату ректифікації, що проходить по колоні і переходить в конденсатор, званий дефлегматором, дорівнює

$$D \cdot G_p = G_p \cdot R + G_p \text{ або } D = R + 1.$$

Отримана рівність доводить, що поділ суміші при ректифікації можливий в результаті взаємодії потоків парів і рідин в апараті ректифікації при кратності випаровування $(R + 1)$ і кратності конденсації R .

Для визначення флегмового числа та виведення рівнянь ліній робітничих концентрацій необхідно розглянути матеріальний баланс ректифікації.

Матеріальний баланс ректифікації за летючим компонентом може бути виражений загальною для всіх масообмінних процесів рівністю

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

Нехай кількість взаємодіючих пар складе G кмоль, а рідини L кмоль. Тоді, згідно з прийнятими позначеннями, $G = (R + 1) \cdot G_p$, а $L = R \cdot G_p$ – для верхньої частини ректифікаційного апарату та $L = (R + F) \cdot G_p$ – для нижньої частини апарату. Таким чином, для верхньої та нижньої частин апарату рівняння матеріального балансу запишуться у вигляді

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

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

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

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

або

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

Для довільного перерізу нижньої частини апарату, де робочі концентрації x і y , і низу, де концентрації рідини та пари x_w і y_w , отримаємо

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

або

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

Отримані рівняння є рівняннями ліній робочих концентрацій для верхньої та нижньої частини ректифікаційного апарату.

Крім того, з рівняння для перерізу апарату, що відповідає вводу вихідної суміші (x_f, y_f), та верху апарату (x_p, y_p) маємо

									Арк.
									10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	6.133.23.05.00.00.00 ПЗ				

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

звідси

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

1.3 Опис конструкції апарата [5]

Ректифікаційна спиртова колона призначена для поділу суміші ефір-спирт.

Ректифікаційна колона є вертикальним циліндричним апаратом, виготовленим з низьколегованої листової сталі, корпус цільнозварної.

Вгорі колони розташовані боби для стропування апарата при монтажі та ремонті, а також для закріплення колони у вертикальному положенні. Внизу колони встановлені штирі для регулювання вертикального положення апарата.

У корпус апарату вмонтовано штуцер для подачі вихідної суміші, флегми, а також технологічні штуцери для встановлення контрольно-вимірювальних приладів.

Усередині колони знаходиться шість шарів насадки з кілець Рашига, розміщених на опорних решітках, виготовлених з корозійно-стійкої сталі. Вони закріплені всередині обітниці, також після першої, другої, третьої, четвертої, п'ятої опорної решітки встановлені перерозподільні тарілки.

Еліптична кришка до корпусу також кріпиться за допомогою фланцевого з'єднання. Вгорі кришки передбачений штуцер для проходу парів компонента, що відганяється.

Внизу апарату знаходиться кубова частина, в якій підтримується певний рівень кубової рідини. Куб кріпиться до апарату за допомогою зварного з'єднання і складається з обичайки та привареного внизу еліптичного днища. У кубовій частині встановлені: штуцер для відведення кубового залишку для підтримки певного рівня рідини, штуцери для циркуляції кубової рідини через кип'ятильник для обігріву колони та підтримки технологічного режиму, а також технологічні штуцери для встановлення контрольно-вимірювальних приладів.

Колона оснащена циліндричною опорою для встановлення у вертикальному положенні та зручності обслуговування колони. Апарат жорстко закріплений до фундаменту за допомогою фундаментних болтів та заземлений.

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

У колоні ректифікації відбувається процес поділу суміші компоненти, що подається на шар живлення. Рідина, стікаючи вниз по насадці в колоні, взаємодіє з парами метилового спирту, що піднімається вгору, що утворюється при кипінні кубової рідини в кип'ятильнику. Пари суміші проходять через насадку, розташовану на опорних ґратах. В результаті масообміну з рідиною пара збагачується низькокиплячим компонентом. Початковий склад пари приблизно дорівнює складу кубового залишку тобто збіднений легколетким компонентом. Для повнішого збагачення верхню частину колони зрошують флегмою, яка подається з дефлегматора через розподільник.

Температурний режим спиртової колони підтримується шляхом підігріву вихідної суміші, що подається, і кубової рідини в кип'ятильнику. Охолодження верхньої частини колони відбувається з допомогою подачі флегми (етанолу) на верхню тарілку колони.

Для зменшення втрат тепла в атмосферу корпус колони покритий теплоізоляційним матеріалом – скловатою пресованою та пофарбованою олійною фарбою.

Апарат виконаний компактно, що дозволяє зручність при монтажі, ремонті та експлуатації. Для виготовлення апарату застосовано сталь. 12X18Н10Т.

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

2 Технологічні розрахунки процесу та апарата

2.1 Матеріальний баланс та технологічні розрахунки

Для проведення наближеного розрахунку спирту та ефіру об'єднані у важкий ключовий компонент та за основу процесу ректифікації потрібної суміші приймається розгін бінарної суміші етиловий ефір – етанол, з урахуванням того, що температура кипіння етиловий спирт 78,3°C, а ефіру – 35°C.

Із завдання на проект продуктивність установки з ефіру $G_D = 1\ 040$ кг/год. Позначимо масову витрату вихідної суміші через G_F , кубового залишку через G_W , тоді годинна продуктивність

$$G_D = 1040 \text{ кг/год};$$

З рівнянь матеріального балансу [2, 7.4 та 7.5] маємо

$$1040 + G_W = G_F$$

$$1040 \cdot 0,98 + G_W \cdot 0,015 = G_F \cdot 0,5$$

знаходимо

$$G_W = 992 \text{ кг/год і } G_F = 1986 \text{ кг/год.}$$

Знаходимо секундну продуктивність колони по вихідній суміші, дистиляту та кубовому залишку

$$G_F = \frac{1986}{3600} = 0,55 \text{ кг/с};$$

$$G_D = \frac{1040}{3600} = 0,3 \text{ кг/с};$$

$$G_W = \frac{992}{3600} = 0,27 \text{ кг/с.}$$

Для подальших розрахунків висловимо концентрації харчування, дистиляту та кубового залишку в мольних частках

$$x_F = \frac{\frac{\bar{x}_F}{M_{\text{эф}}}}{\frac{x_F}{M_{\text{сп}}} + \frac{100 - x_F}{M_{\text{сп}}}},$$

де $M_{\text{эф}}$ – 74 кг/кмоль і $M_{\text{сп}}$ – 46 кг/кмоль – мольні маси ефіру та етанолового спирту відповідно.

$$x_F = \frac{\frac{50}{74}}{\frac{50}{74} + \frac{50}{46}} = 0,38;$$

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

$$x_D = \frac{\frac{\bar{x}_D}{M_{\text{эз}}}}{\frac{x_D}{M_{\text{эз}}} + \frac{100 - x_D}{M_{\text{э}}}};$$

$$x_D = \frac{\frac{98}{74}}{\frac{98}{74} + \frac{2}{46}} = 0,97;$$

$$x_W = \frac{\frac{\bar{x}_W}{M_{\text{эз}}}}{\frac{x_W}{M_{\text{эз}}} + \frac{100 - x_W}{M_{\text{э}}}};$$

$$x_W = \frac{\frac{1,5}{74}}{\frac{1,5}{74} + \frac{98,5}{46}} = 0,01;$$

З додатку VI [7] маємо рівноважні склади рідини (x) та пари (y) у мольних % та температури кипіння (t) у °C суміші етиловий ефір – етанол при атмосферному тиску, які заносимо до таблиці 2.1

Таблиця 2.1 - Рівноважний склад рідини та пари.

x	0	5	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
y	0	15,5	26,2	41,7	52,4	60,5	67,4	73,9	80,2	86,5	92,9	100
	78,3	75,4	72,9	68,8	65	60,6	56,4	52,2	48,1	44	39,2	34,5

За даними таблиці 2.1 будемо криву рівноваги суміші.

Відносна мольна витрата харчування

$$F = \frac{x_D - x_W}{x_F - x_W},$$

$$F = \frac{0,97 - 0,01}{0,383 - 0,01} = 2,57.$$

Визначаємо мінімальну кількість флегми за рівнянням 7.10 [2]

$$R_{\text{мин}} = \frac{x_D - y_F}{y_F - x_F},$$

$$F_{\text{мин}} = \frac{0,97 - 0,674}{0,674 - 0,38} = 1,01,$$

де $y_F = 0,674$ – мольна частка етилового ефіру в парі, рівноважному з рідиною харчування, що визначається за діаграмою у-х.

Робоча кількість флегми

$$R = 1,3 \cdot R_{\text{мин}} + 0,3,$$

$$R = 1,3 \cdot 1,01 + 0,3 = 2,61.$$

Рівняння робочих ліній:

верхній частині колони

$$y = \frac{R}{R+1} \cdot x + \frac{x_D}{R+1};$$

$$y = \frac{2,61}{2,61+1} \cdot x + \frac{0,97}{2,61+1} = 0,723 \cdot x + 0,268;$$

нижній частині колони

$$y = \frac{R+F}{R+1} \cdot x - \frac{F-1}{R+1} \cdot x_W;$$

$$y = \frac{2,61+1,01}{2,61+1} \cdot x - \frac{1,01-1}{2,61+1} \cdot 0,01 = 1,02 \cdot x - 0,001.$$

Наносимо на діаграму становище робочих ліній. Відклавши на осі ординат 0,265 (26,5%), наносимо робочу лінію АВ для верхньої частини колони. Через точки А та С проводимо робочу лінію для нижньої частини колони.

Середні концентрації рідини:

у нижній частині колони

$$x_{\text{ср.н}} = \frac{x_F + x_W}{2} = \frac{0,38 + 0,01}{2} = 0,190;$$

у верхній частині колони

$$x_{\text{ср.в}} = \frac{x_D + x_F}{2} = \frac{0,97 + 0,38}{2} = 0,675;$$

Середні концентрації пари знаходимо за рівняннями робочих ліній:

у верхній частині колони

$$y_{\text{ср.в}} = 0,728 \cdot x_{\text{ср.в}} + 0,263;$$

$$y_{\text{ср.в}} = 0,728 \cdot 0,675 + 0,263 = 0,754;$$

у нижній частині колони

$$y_{\text{ср.н}} = 1,872 \cdot x_{\text{ср.н}} - 0,004.$$

$$y_{\text{ср.н}} = 1,872 \cdot 0,190 - 0,004 = 0,31.$$

Середні температури пари знаходимо з таблиці 1 (див. вище) методом інтерполяції:

					6.133.23.05.00.00.00 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\text{при } y_{\text{ср.в}} = 0,74 \quad t_{\text{ср.в}} = 54^\circ\text{C};$$

$$\text{при } y_{\text{ср.н}} = 0,3 \quad t_{\text{ср.н}} = 71^\circ\text{C}.$$

Середні мольні маси та щільності пари:

у верхній частині колони

$$M_{\text{ср.в}} = y_{\text{ср.в}} \cdot M_{\text{ЭЭ}} + (1 - y_{\text{ср.в}}) \cdot M_{\text{Э}};$$

$$M_{\text{ср.в}} = 0,74 \cdot 74 + 0,26 \cdot 46 = 66,72 \text{ кг/кмоль};$$

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

$$\rho_{\text{ср.в}} = \frac{66,72 \cdot 273}{22,4 \cdot (273 + 54)} = 2,48 \text{ кг/м}^3;$$

у нижній частині колони

$$M_{\text{ср.н}} = y_{\text{ср.н}} \cdot M_{\text{ЭЭ}} + (1 - y_{\text{ср.н}}) \cdot M_{\text{Э}};$$

$$M_{\text{ср.н}} = 0,31 \cdot 74 + 0,69 \cdot 46 = 54,68 \text{ кг/кмоль};$$

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

$$\rho_{\text{ср.н}} = \frac{54,68 \cdot 273}{22,4 \cdot (273 + 71)} = 1,931 \text{ кг/м}^3;$$

Температура у верхній частині колони при $x_D = 0,98$ дорівнює 35°C , а в кубі-випарнику при $x_W = 0,015$ вона дорівнює 74°C .

Щільність етилового ефіру при 40°C : $\rho_{\text{ЭЭ}} = 689 \text{ кг/м}^3$, а етанолу при 80°C : $\rho_{\text{Э}} = 738 \text{ кг/м}^3$ (додаток I) [1].

Мольна маса вихідної суміші та дистилляту

$$M_F = M_{\text{ЭЭ}} \cdot x_F + M_{\text{Э}} \cdot (1 - x_F),$$

$$M_F = 74 \cdot 0,38 + 46 \cdot 0,62 = 56,64 \text{ кг/кмоль},$$

$$M_D = M_{\text{ЭЭ}} \cdot x_D + M_{\text{Э}} \cdot (1 - x_D),$$

$$M_D = 74 \cdot 0,97 + 46 \cdot 0,03 = 73,2 \text{ кг/кмоль}.$$

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

$$\lg \mu_x = x_{\text{ср}} \cdot \lg \mu_{\text{ЭЭ}} + (1 - x_{\text{ср}}) \cdot \lg \mu_{\text{Э}},$$

де $\mu_{\text{ЭЭ}}$ та $\mu_{\text{Э}}$ – в'язкість етилового ефіру та етанолу відповідно при температурі суміші.

За додатком II [1]

$$\mu_{\text{ЭЭ.в}} = 0,19 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с} = 0,19 \text{ мПа}\cdot\text{с};$$

$$\mu_{\text{Э.в}} = 0,605 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с} = 0,605 \text{ мПа}\cdot\text{с};$$

$$\mu_{\text{ЭЭ.н}} = 0,14 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с} = 0,14 \text{ мПа}\cdot\text{с};$$

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

$$\mu_{\text{Э.Н}} = 0,509 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с} = 0,509 \text{ мПа} \cdot \text{с}.$$

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

$$\lg \mu_{\text{х.В}} = x_{\text{ср.В}} \cdot \lg \mu_{\text{ЭЭ.В}} + (1 - x_{\text{ср.В}}) \cdot \lg \mu_{\text{Э.В}},$$

$$\lg \mu_{\text{х.в}} = 0,676 \cdot \lg 0,19 + 0,33 \cdot \lg 0,605,$$

звідки

$$\mu_{\text{х.в}} = 0,280 \text{ мПа} \cdot \text{с};$$

$$\lg \mu_{\text{х.Н}} = x_{\text{ср.Н}} \cdot \lg \mu_{\text{ЭЭ.Н}} + (1 - x_{\text{ср.Н}}) \cdot \lg \mu_{\text{Э.Н}},$$

$$\lg \mu_{\text{х.н}} = 0,197 \cdot \lg 0,14 + 0,81 \cdot \lg 0,509,$$

звідки

$$\mu_{\text{х.н}} = 0,390 \text{ мПа} \cdot \text{с};$$

Середні масові витрати (навантаження) по рідині для верхньої та нижньої частин колони визначимо із співвідношень VII.4 і VII.5 [3]

$$L_{\text{в}} = G_D \cdot R \cdot \frac{M_{\text{с.в}}}{M_D}$$

$$L_{\text{в}} = 0,49 \cdot 2,61 \cdot \frac{67,14}{73,2} = 1,17 \text{ кг/с};$$

$$L_{\text{н}} = G_D \cdot R \cdot \frac{M_{\text{Н}}}{M_D} + G_F \cdot \frac{M_{\text{Н}}}{M_F}$$

$$L_{\text{н}} = 0,49 \cdot 2,61 \cdot \frac{54,68}{73,2} + 0,96 \cdot \frac{51,68}{56,64} = 1,82 \text{ кг/с}.$$

Мольна частка рідин у верхній та нижній частинах колони відповідно

$$M_{\text{В}} = M_{\text{ЭЭ}} \cdot x_{\text{ср.В}} + M_{\text{Э}} \cdot (1 - x_{\text{ср.В}}),$$

$$M_{\text{в}} = 74 \cdot 0,675 + 46 \cdot (1 - 0,675) = 64,9 \text{ кг/кмоль},$$

$$M_{\text{Н}} = M_{\text{ЭЭ}} \cdot x_{\text{ср.Н}} + M_{\text{Э}} \cdot (1 - x_{\text{ср.Н}}),$$

$$M_{\text{н}} = 74 \cdot 0,19 + 46 \cdot (1 - 0,19) = 51,32 \text{ кг/кмоль}.$$

Швидкість пари та діаметр колони

Для ректифікаційних колон, що працюють у плівковому режимі при атмосферному тиску, робочу швидкість можна прийняти на 20-30% нижче швидкості захлинування

Граничну фіктивну швидкість пари $w_{\text{п}}$, при якій відбувається захлинання насадочних колон, визначають за рівнянням [3]:

$$\lg \left(\frac{\omega_{\text{пр}}^2 \cdot a \cdot \rho_{\text{см}} \cdot \mu_{\text{ж}}^{0,16}}{g \cdot \varepsilon^3 \cdot \rho_{\text{ж}}} \right) = A - 1,75 \cdot \left(\frac{L}{G_{\text{возд}}} \right)^{0,25} \cdot \left(\frac{\rho_{\text{см}}}{\rho_{\text{ж}}} \right)^{0,125}$$

									Арк.
									17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	6.133.23.05.00.00.00 ПЗ				

де: $\rho_{см}, \rho_{ж}$ — Щільності рідини та газової суміші, кг/м³;

$\mu_{ж}$ — Динамічна в'язкість газового середовища, мПа·с

A — Коефіцієнт залежить від типу насадки (Для кілець Рашига при ректифікації A = - 0,125) [3]

ε — Вільний об'єм насадки (Для насадки з кілець Рашига 35x35x4 $\varepsilon=0,78$ м³/м³)

a - Питома поверхня насадки (Для насадки з кілець Рашига. 35x35x4 a= 140м²/м³)

Оскільки відносини L/G та фізичні властивості фаз у верхній та нижній частинах колони різні, визначимо швидкості захлинування для кожної частини окремо.

В'язкість газових сумішей знаходимо за рівнянням:

$$\lg \mu_{см} = x_{cp}^6 \cdot \lg \mu + (1 - x_{cp}^6) \lg \mu_e = 0.675 \cdot \lg 0.90 + (1 - 0.675) \lg 0.390$$

де:

μ_n, μ_e - в'язкості у верхній частині колони та в нижній [1];

$$\text{звідси: } \lg \mu_{см} = -0,664 \quad \mu_{см} = 0,664 \text{ мПа} \cdot \text{с};$$

У верхній частині колони:

$$\lg \left(\frac{\omega_{np}^2 \cdot 140 \cdot 2,48 \cdot 0,280^{0,16}}{9,81 \cdot 0,78^3 \cdot 857} \right) = -0,125 - 1,75 \cdot (0,72)^{0,25} \cdot \left(\frac{2,48}{756} \right)^{0,125}$$

$$\text{звідси: } \omega_{np}^6 = 2,3 \text{ м/с}$$

У нижній частині колони:

$$\lg \left(\frac{\omega_{np}^2 \cdot 140 \cdot 1,931 \cdot 0,390^{0,16}}{9,81 \cdot 0,78^3 \cdot 857} \right) = -0,125 - 1,75 \cdot (0,72)^{0,25} \cdot \left(\frac{1,931}{756} \right)^{0,125}$$

$$\text{звідси: } \omega_{np}^h = 2,6 \text{ м/с}$$

Прийmemo робочу швидкість пари в колоні на 20% нижче граничної:

$$\omega_B = 2,3 \cdot 0,8 = 1,84 \text{ м/с}$$

$$\omega_H = 2,6 \cdot 0,8 = 2 \text{ м/с.}$$

2.2 Конструктивні розрахунки

Діаметр колони ректифікації визначається з рівняння витрати [2]:

$$d = \sqrt{\frac{4L_{н.в}}{\pi \omega \rho}}$$

Діаметр верхньої частини колони

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

$$d_e = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,17}{3,14 \cdot 1,84 \cdot 2,48}} = 0,7 \text{ м}$$

Діаметр нижньої частини колони

$$d_n = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,82}{3,14 \cdot 2 \cdot 1,931}} = 0,8 \text{ м}$$

Раціонально прийняти стандартний діаметр обичайки $d = 0,8$ м за ГОСТ 9931-85 однаковим обох частин колони. При цьому дійсні робочі швидкості пари в колоні рівні [2]:

$$\omega_e = 1,84 \left(\frac{0,8}{0,8} \right) = 1,84 \text{ м/с} \qquad \omega_n = 2 \left(\frac{0,8}{0,8} \right) = 2 \text{ м/с}$$

Висота шару насадки та колони

Висота колони ректифікації насадочного типу знаходиться з рівняння [2]:

$$H_k = Z_T + (n-1)h_p + Z_B + Z_H + H_k + H_d$$

де: Z – висота насадки в одній секції;

h_p – висота проміжків між секціями насадки, в яких встановлюють перерозподільники рідини, м

$Z_B = 0,8$ м і $Z_H = 1,8$ м – відповідно висота сепараційного простору над насадкою та відстань між днищем колони та насадкою [2]

H_k – висота кришки

H_d – висота днища.

n – число секцій;

$$n = (H_B + H_H) / Z$$

де: H_B і H_H – Висота шару насадки для верхньої та нижньої частини колони.

$$H_B = h_{эв} \cdot n_{тв};$$

$$H_H = h_{эн} \cdot n_{тн};$$

де: $h_{эв}$, $h_{эн}$ - Відповідно висота насадки, еквівалентна одній теоретичній тарілці (БЕТТ) у верхній та нижній частині колони

$n_{тв}$, $n_{тн}$ - Відповідно кількість теоретичних тарілок, що визначається графічно за діаграмою х-у (Додаток 1);

За графіком х-у визначив кількість теоретичних тарілок:

$$n_{тв} = 3; n_{тн} = 3$$

Висота насадки, еквівалентна одній теоретичній тарілці (БЕТТ) визначається за формулою [3]:

									Арк.
									19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	6.133.23.05.00.00.00 ПЗ				

$$h_s = 5,2d_s \operatorname{Re}_y^{0,2} \left(\frac{G}{L} \right)^{0,35} \left(\frac{\rho_x}{\rho_y} \right)^{0,2} \frac{\lg \frac{L}{mG}}{1 - \frac{mG}{L}}$$

де: Re_y - Критерій Рейнольдса для газу [3];

d_s – Еквівалентний діаметр каналів [3];

m – тангенс кута нахилу рівноважної лінії для верхньої та нижньої частин колони.

$$d_s = \frac{4 \cdot \varepsilon}{a} = \frac{4 \cdot 0,78}{140} = 0,022 \text{ м}$$

Висота насадки у верхній частині колони:

$$h_s^e = 5,2 \cdot 0,022 \cdot \left(\frac{4 \cdot 1,8 \cdot 2,4}{140 \cdot 8,08 \cdot 10^{-5}} \right)^{0,2} (1,38)^{0,35} \left(\frac{857}{2,48} \right)^{0,2} \frac{\lg \frac{2,61}{0,45 \cdot 3,61}}{1 - \frac{0,45}{0,72}} = 0,6 \text{ м}$$

В нижній частині:

$$h_s^e = 5,2 \cdot 0,022 \cdot \left(\frac{4 \cdot 1,8 \cdot 2,4}{140 \cdot 9,08 \cdot 10^{-5}} \right)^{0,2} (1,38)^{0,35} \left(\frac{857}{1,931} \right)^{0,2} \frac{\lg \frac{2,61}{0,45 \cdot 3,61}}{1 - \frac{0,45}{0,72}} = 1 \text{ м}$$

Висота шару насадки для верхньої та нижньої частини колони. У верхній частині колони $n_T = 14$, у нижній частині $n_T = 4$, всього 18 ступенів

$$H_B = h_{s^e} \cdot n_{m^e} = 0,6 \cdot 14 = 8,4 \text{ м};$$

$$H_H = h_{s^e} \cdot n_{m_n} = 1 \cdot 4 = 4 \text{ м};$$

$$H = 8,4 + 4 = 12,4 \text{ м}$$

Тоді висоту шару насадки приймаємо 12 м, кількість ступенів $n = \frac{12}{2} = 6$.

У низу колони три щаблі, вгорі 3.

Кінцева висота колони ректифікації дорівнює:

$$H_K = 6 \cdot 2 + (6-1) \cdot 1 + 1 + 2 + 0,3 + 0,3 = 20,6 \text{ м.}$$

Визначення діаметрів вхідних та вихідних штуцерів

Масова витрата пари:

$$G_{D1} = G_D (R+1) = 1000 \cdot (1,25+2,675) = 3937 \text{ кг/год}$$

Мольна маса дистилляту

$$M_D = X_D M_{s_0} + (1 - X_D) M_{\Delta} = 0,98 \cdot 74 + (1 - 0,98) \cdot 46 = 81,72 \text{ кг/кмоль}$$

Об'ємна витрата пари через колону

$$V_D = \frac{G_{D1} \cdot 22,4 T}{3600 M_D T_0} = \frac{3937 \cdot 22,4 \cdot (273 + 74)}{3600 \cdot 81,72 \cdot 273} = 0,17 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

де: T – Середня температура пари в колоні

									Арк.
									20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	6.133.23.05.00.00.00 ПЗ				

M_D - Мольна маса дистилляту

G_{D1} - Масова витрата пари

Діаметри штуцерів для пари:

Приймаємо наступні швидкості: швидкість пари на вході та виході: $w_1=10-15$ м/с, швидкість флегми та кубового залишку у вихідній суміші самопливом: $w=0,4$ м/с.

Приймаємо, що діаметри вхідного та вихідного для пари однакові

$$D_D = \sqrt{\frac{4V_D}{\pi w_f}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,17}{3,14 \cdot 15}} = 0,120 \text{ м}$$

Приймаємо $d_D=200$ мм

Діаметр штуцера введення флегми

Щільність флегми приймаємо за ефіром

$$\rho_M = 389 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Масова витрата флегми

$$V_\phi = \frac{G_D}{\rho_M \cdot 3600} = \frac{1000}{689 \cdot 3600} = 0,0006 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Діаметр штуцера

$$d_\phi = \sqrt{\frac{4V_\phi}{3,14 \cdot w}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,00006}{3,14 \cdot 0,4}} = 0,05 \text{ м}$$

Приймаємо $d_\phi=50$ мм

Діаметр штуцера виведення кубового залишку.

Щільність кубового залишку приймаю за спиртом $\rho_B = 738 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

Об'ємна витрата кубового залишку

$$V_w = \frac{G_w}{\rho_B} = \frac{992}{3600 \cdot 738} = 0,0007 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Діаметр штуцера виведення кубового залишку

$$d_w = \sqrt{\frac{4V_w}{3,14 \cdot w}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0007}{3,14 \cdot 0,4}} = 0,045 \text{ м}$$

Приймаємо $d_w=50$ мм

Діаметр штуцера введення вихідної суміші

Щільність вихідної суміші приблизно оцінюємо як:

$$\rho_F = x_F \rho_M + (1 - x_F) \cdot \rho_Y = 0,5 \cdot 689 + (1 - 0,5) \cdot 738 = 713,5 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

де: $\rho_M=689$ кг/м³, $\rho_Y=738$ кг/м³ - відповідно, щільність спирту і води при $t=80^\circ\text{C}$.

Об'ємні витрати вихідної суміші:

									Арк.
									21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	6.133.23.05.00.00.00 ПЗ				

$$V_F = \frac{1986}{3600 \cdot 738} = 0,0013 \frac{m^3}{c}$$

Діаметр штуцера:

$$d_F = \sqrt{\frac{4V_F}{\pi w}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,015}{3,14 \cdot 0,4}} = 0,05 m$$

Приймаємо $d_F = 50$ мм

2.3 Гідравлічний опір апарата

Гідравлічний опір насадки ΔP знаходять за рівнянням:

$$\Delta P = 10^{169U} \cdot \Delta P_c$$

де, гідравлічний опір сухої зрошуваної насадки ΔP_c розрахуємо за рівнянням:

$$\Delta P_c = \lambda \cdot \frac{H}{d_s} \cdot \frac{\varpi^2 \cdot \rho_y}{2 \cdot \varepsilon^2}$$

λ – коефіцієнт опору сухої насадки, що залежить від режиму руху газу в насадці:

$$Re_y^g = \frac{\varpi^g \cdot d_s \cdot \rho_y^g}{\varepsilon \cdot \mu_y^g} = \frac{2,3 \cdot 0,022 \cdot 2,48}{0,78 \cdot 0,00664 \cdot 10^{-3}} = 24,6 \cdot 10^3$$

$$Re_y^h = \frac{\varpi^h \cdot d_s \cdot \rho_y^h}{\varepsilon \cdot \mu_y^h} = \frac{2,6 \cdot 0,022 \cdot 1,931}{0,78 \cdot 0,00664 \cdot 10^{-3}} = 21,6 \cdot 10^3$$

Режим руху турбулентний

Коефіцієнт опору сухої насадки:

$$\lambda = \frac{16}{Re_y^{0,2}}$$

$$\lambda^g = \frac{16}{Re_y^{g,0,2}} = \frac{16}{(24,6 \cdot 10^3)^{0,2}} = 2,11$$

$$\lambda^h = \frac{16}{Re_y^{h,0,2}} = \frac{16}{(21,6 \cdot 10^3)^{0,2}} = 2,17$$

Гідравлічний опір сухої насадки у верхній та нижній частинах колони:

$$\Delta P_c^g = 2,11 \cdot \frac{12,6}{0,022} \cdot \frac{2,3^2 \cdot 2,48}{2 \cdot 0,78^2} = 13037 \text{ Па}$$

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

$$\Delta P_c^h = 2,17 \cdot \frac{4,8}{0,022} \cdot \frac{2,6^2 \cdot 1,931}{2 \cdot 0,78^2} = 5082 \text{ Па}$$

Щільність зрошення:

$$U^e = \frac{L_e}{\rho_x^e \cdot 0,785 \cdot d^2} = \frac{1,17}{857 \cdot 0,785 \cdot 0,8^2} = 0,0027 \text{ м}^3 / \text{м}^2 \cdot \text{с}$$

$$U^h = \frac{L_h}{\rho_x^h \cdot 0,785 \cdot d^2} = \frac{1,82}{857 \cdot 0,785 \cdot 0,8^2} = 0,0042 \text{ м}^3 / \text{м}^2 \cdot \text{с}$$

Гідрравлічний опір:

$$\Delta P^e = 10^{169 \cdot 0,0027} \cdot 13037 = 37280 \text{ Па}$$

$$\Delta P^h = 10^{169 \cdot 0,0042} \cdot 5082 = 25470 \text{ Па}$$

Загальний гідрравлічний опір:

$$\Delta P = \Delta P^e + \Delta P^h = 37280 + 25470 = 62750 \text{ Па}$$

2.4 Тепловий баланс

Витрата теплоти, що віддається охолодній воді в дефлегматоре-конденсаторі, знаходимо за рівнянням:

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

де: r_D - питома теплота конденсації пари в дефлегматоре, кДж/кг.

$$r_D = X_D \cdot r_g + (1 - X_D) r_y$$

де: r_M - і r_B - питомі теплоти конденсації спирту [1]

$$r_M = 1080 \text{ кДж/кг};$$

$$r_B = 2296 \text{ кДж/кг};$$

$$r_D = 0,98 \cdot 1080 + (1 - 0,98) \cdot 2296 = 1104 \text{ кДж/кг};$$

$$Q_d = 0,49 \cdot (1 + 2,61) \cdot 1104 = 1953 \text{ кВт} = 1953000 \text{ Вт}$$

Витрата теплоти, одержуваної в кубі-випарнику від пари, що гріє, знаходимо за рівнянням:

$$Q_k = Q_d + G_D \cdot C_D \cdot t_D + G_W \cdot C_W \cdot t_W - G_F \cdot C_F \cdot t_F + Q_{ном},$$

де: $Q_{пот}$ прийняті в розмірі 3% від теплоти, що корисно витрачається; питомі теплоємності взяті відповідно при $t_D = 35^\circ\text{C}$, $t_W = 77^\circ\text{C}$, $t_F = 68^\circ\text{C}$, температура кипіння вихідної суміші t_F визначена t-x-y за діаграмою.

$$C_W = 0,64 \cdot 4190 = 2682 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)};$$

$$C_D = 0,99 \cdot 4190 = 4148 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)};$$

$$C_F = (0,478 \cdot 0,98 + 0,522 \cdot 0,65) \cdot 4190 = 3384 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}.$$

C_D, C_W, C_F - взяті з довідника

$$Q_k = (1953000 + 0,49 \cdot 3148 \cdot 35 + 0,48 \cdot 992 \cdot 77 - 0,96 \cdot 1986 \cdot 68) \cdot 1,03 = 1902357,4 \text{ Вт} \approx 1902 \text{ кВт}.$$

									Арк.
									23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	6.133.23.05.00.00.00 ПЗ				

Витрата теплоти в паровому підігрівачі вихідної суміші:

$$Q=1,05 \cdot G_F \cdot C_F \cdot (t_F-t_{нач})$$

Де теплові втрати прийняті в розмірі 5%, питома теплоємність вихідної суміші $C_F = (0,478 \cdot 0,96 + 0,522 \cdot 0,6) \cdot 4190 = 3235 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$

при $t = (68+18)/2 = 43 \text{ }^\circ\text{C}$.

$$Q=1,05 \cdot 0,96 \cdot 1986 \cdot (68 - 18) = 163044 \text{ Вт.}$$

Витрата теплоти, що віддається охолодній воді у водяному холодильнику дистиляту:

$$Q=G_D \cdot C_D \cdot (t_D-t_{кон})=0,49 \cdot 0,96 \cdot 4190(35 - 25) = 19709 \text{ Вт}$$

де, питома теплоємність дистиляту $C_D = 0,44$ взята за середньої температури $(35+25/2=47,5^\circ\text{C})$

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

$$Q=G_w \cdot C_w \cdot (t_w-t_{кон})=0,48 \cdot 0,52 \cdot 4190 \cdot (77 - 25) = 54382 \text{ Вт}$$

де, питома теплоємність кубового залишку $C_w = 0,52$ взята за середньої температури $(77+25/2=89,5^\circ\text{C})$

Витрата пари, що гріє, має тиск $p_{абс}=4 \text{ кгс}/\text{см}^2$ та вологість 5%

а) у кубі випарника:

$$G_{гп}=Q_{к}/(r_{гп} \cdot X),$$

де: $r_{гп}=2141 \cdot 10^3 \text{ Дж}/\text{кг}$ – питома теплота конденсації пари, що гріє [1]

$$G_{гп} = 1902357,4/(2141 \cdot 10^3 \cdot 0,95) = 0,935 \text{ кг}/\text{с};$$

б) у підігрівачі вихідної суміші

$$G_{гп} = 163044/(2141 \cdot 10^3 \cdot 0,95) = 0,08 \text{ кг}/\text{с}.$$

Всього: $0,935 + 0,08 = 1,015 \text{ кг}/\text{с}$

Витрата охолодної води при нагріванні її на 20°C в дефлегматоре:

$$V_B=Q_d/(C_B \cdot (t_{кон}-t_{нач}) \cdot \rho_B),$$

де: $C_B=4190 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$ - питома теплота конденсації води;

ρ_B - щільність води.

$$V_B=1953000/(4190 \cdot 20 \cdot 1000)=0,023 \text{ м}^3/\text{с}$$

2.5 Вибір допоміжного обладнання

Розрахунок кубового окропу

Температурні умови процесу:

Кубовий залишок вирує при 77°C за рахунок теплоти конденсації пари.

Відповідно до завдання тиск пари $P = 3 \text{ кг}/\text{см}^2$, отже температура конденсації $t_k = 142,9^\circ\text{C}$ та середня різниця температур:

									Арк.
									24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	6.133.23.05.00.00.00 ПЗ				

$$\Delta t_{cp} = 142,9 - 77 = 65,9^{\circ}\text{C}$$

Теплове навантаження окропу $Q_k = 1902$ кВт

Приймаємо для розрахунку виносний куб із труб $d = 25 \times 2$ мм завдовжки $l = 3000$ мм.

Визначення коефіцієнта теплопередачі.

Приймаємо теплову провідність забруднень з боку пари, що конденсує.

$$\frac{1}{r_{загр1}} = 5000 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}}$$

а з боку кубового залишку

$$\frac{1}{r_{загр2}} = 4000 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}}$$

Теплопровідність сталі $\lambda = 46,5$ Вт/м·К

Таким чином

$$\Sigma r_{ст} = r_{загр1} + r_{загр2} + r_{ст}$$

$$\Sigma r_{ст} = \frac{1}{5000} + \frac{0,002}{46,5} + \frac{1}{4000} = 4,93 \times 10^{-4} \text{ м}^2 \times \text{К} / \text{Вт}$$

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

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

де: H - висота труб, м.

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

$\Delta t_1 = t_{нас} - t_{ст}$

При $H = 3$ м

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

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

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

Для іфіра $\varphi = 1$.

При $P \approx 1$ кг/см²

$$\alpha_{кип} = 2,72 \times q^{0,7} \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \times \text{К}}$$

При процесі теплообміну, що встановився.

$$Q_{конд} = Q_{ст} = Q_{кип}$$

$$Q_{конд} = \alpha_{конд} (t_{конд} - t_{ст1})$$

$$q_{ст} = \frac{t_{cm1} - t_{cm2}}{\Sigma r_{ст}}$$

$$Q_{кип} = \alpha_{кип} (t_{ст2} - t_{кип})$$

									Арк.
									25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	6.133.23.05.00.00.00 ПЗ				

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

Оскільки $t_{\text{ст}}$ і q заздалегідь невідомі, далі вважаємо методом послідовних наближень, тобто. за різними значеннями $t_{\text{ст}}$ знаходимо залежність ($t_{\text{ст}}-q$). Розмір $t_{\text{ст}}$ перебуває у межах 142,9 - 98 °С.

Розрахунок ведемо за таблицею

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 ($q_{\text{конд}}$) і ($q_{\text{кип}}$) дають

$$t_{\text{ст}} = 136^{\circ}\text{C}; q_{\text{сп1}} = 54000 \text{Вт/м}^2$$

Перевірочний розрахунок за тієї ж температури дає:

$$q_{\text{сп2}} = \frac{q_{\text{конд3}} + q_{\text{кип3}}}{2} = \frac{54510 + 57780}{2} = 56145 \text{Вт/м}^2$$

$$q_{\text{сп}} = \frac{q_{\text{сп1}} + q_{\text{сп2}}}{2}$$

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

Тоді коефіцієнт теплопередачі

$$k = \frac{q_{\text{сп}}}{\Delta t_{\text{сп}}} = \frac{55072}{65,9} = 835,7 \text{Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

Необхідна поверхня теплообміну (F)

$$F = \frac{Q_k}{k \times \Delta t_{\text{сп}}} = \frac{Q_k}{q_{\text{сп}}}$$

$$F = \frac{1902357,4}{55072} = 34,54 \text{м}^2$$

Вибираємо кожухотрубний теплообмінник із параметрами:

поверхні теплообміну $F = 40 \text{ м}^2$

діаметр кожуха $D = 600 \text{ мм}$

діаметр труб $d_T = 25 \times 2$

число ходів $z = 1$

загальна кількість труб $n = 261$

довжина труб, м $l = 2,0 \text{ м}$

Розрахунок підігрівача вихідної суміші

У підігрівачі вихідна суміш нагрівається від температури 15°С до температури кипіння вихідної суміші $t_k = 38^{\circ}\text{C}$ рахунок теплоти конденсації пари. Температура конденсації дорівнює 119,6°С (при $P = 2 \text{ ата}$)

$$\Delta t_H = 104,6$$

$$\Delta t_K = 48$$

отже

									Арк.
									26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	6.133.23.05.00.00.00 ПЗ				

$$\frac{\Delta t_H}{\Delta t_K} = \frac{104,6}{48} = 2,1$$

$$\Delta t_{CP} = \frac{104,6 \times 48}{\ln \frac{104,6}{48}} = 74,7 K$$

та середня температура суміші

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

Теплове навантаження підігрівача:

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

Визначення коефіцієнта теплопередачі. Приймають теплову провідність забруднень з боку пари, що конденсується..

$$\frac{1}{r_{загр_1}} = 5000 \text{ вт}/(\text{м}^2 \times K),$$

а з боку кубового залишку [3, с 98]

$$\frac{1}{r_{загр_2}} = 4000 \text{ вт}/(\text{м}^2 \times K)$$

Теплопровідність сталі $\lambda = 46,5 \text{ вт}/(\text{м} \cdot K)$.

$$\sum r_{ст} = r_{загр_1} + r_{ст} + r_{загр_2} = \frac{1}{5000} + \frac{0,0025}{46,5} + \frac{1}{4000} = 5 \times 10^{-4} \text{ м}^2 \times K/\text{вт}$$

Коефіцієнт тепловіддачі з боку пари, що конденсується, визначають за формулою:

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

де: А для води береться за температури $t_{ni} = \frac{t_{нас} + t_{ст}}{2}$,

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

$\Delta t_1 = t_{нас} - t_{ст1}$,

Н – висота труб, м.

При Н = 2м

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

Коефіцієнт тепловіддачі з боку окропу вихідної суміші визначають за формулою:

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

Для суміші $\varphi = 0,5$.

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

При процесі теплообміну, що встановився.

$$Q_{конд} = Q_{ст} = Q_{кип},$$

									Арк.
									27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	6.133.23.05.00.00.00 ПЗ				

де

$$q_{\text{конд}} = a_{\text{конд}}(t_{\text{конд}} - t_{\text{ст1}}),$$

$$q_{\text{ст}} = \frac{t_{\text{ст1}} - t_{\text{ст2}}}{\sum r_{\text{ст}}},$$

$$q_{\text{кип}} = a_{\text{кип}}(t_{\text{ст2}} - t_{\text{кип}}).$$

В даному випадку $a_{\text{конд}} = f(t_{\text{ст1}})$, а $a_{\text{кип}} = f(q)$. Так як $t_{\text{ст1}}$ і q заздалегідь не відомі, далі розраховують методом послідовних наближень, тобто за різними заданими значеннями $t_{\text{ст}}$ - q . Розмір $t_{\text{ст}}$ має перебувати не більше $119,6 - 63^{\circ}\text{C}$.

Точка перетину прямих для $q_{\text{конд}}$ і $q_{\text{кип}}$ при $t_{\text{ст1}}$ дає $q_{\text{ср1}} = 53000 \text{ Вт/м}^2$.
Перевірочний розрахунок за тієї ж температури дає:

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

Приймаємо до розрахунку:

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

Тоді коефіцієнт теплопередачі

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

Необхідна поверхня теплообміну

$$F = \frac{Q}{K \times \Delta t_{\text{ср}}} = \frac{Q}{q_{\text{ср}}} = \frac{163044}{53685} = 3,03 \text{ м}^2$$

Згідно з проведеними розрахунками, розміри підігрівача такі:

поверхня теплообміну	40 м ² ;
зовнішній діаметр корпусу	600 мм;
діаметр трубок	25 x 2мм;
довжина трубок	2000 мм;
кількість трубок	261 шт.

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

3 Розрахунки на міцність апарата

3.1 Розрахунок товщини стінки корпусу та кришки апарата

Приймаємо коефіцієнт міцності зварних швів $\varphi = 0,9$ (ручне дугове електрозварювання), напруга для сталі 12Х18Н10Т при $t = 80^\circ\text{C}$ беремо із запасом.

$$\sigma = 150 \text{ МПа.}$$

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 тиск гідравлічних випробувань.

Пробний тиск при гідравлічних випробуваннях

$$p_n = 1,25 \cdot p \cdot \frac{[\sigma_n]}{[\sigma]}$$

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

$$[\sigma_n] = \frac{\sigma_T}{1,1} = \frac{240}{1,1} = 218 \text{ МПа.}$$

Тоді

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

Тиск в апараті від гідростатичного напору:

$$p_r = H \cdot \rho \cdot g$$

де H – висота колони, м;

$$p_r = 20,6 \cdot 1000 \cdot 9,81 = 202 \cdot 10^3 \text{ Па} = 0,202 \text{ МПа.}$$

Розрахунковий тиск в апараті:

$$p = p_n + p_r = 0,18 + 0,202 = 0,382 \text{ МПа.}$$

Розрахункова товщина стінки:

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

де D – діаметр апарату, мм.

$$s_p = \frac{0,382 \cdot 800}{2 \cdot 0,9 \cdot 218 - 0,382} = 0,89 \text{ мм}$$

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

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

Виконавча товщина стінки

									Арк.
									29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	6.133.23.05.00.00.00 ПЗ				

$$s = s_p + C$$

$$s = 0,89 + 0,3 = 1,19 \text{ мм.}$$

З урахуванням напруг стиснення від маси колони приймаємо товщину стінки:

$$s = 10 \text{ мм.}$$

Розрахункова товщина стінки кришки під час проведення гідравлічних випробувань

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

$$s_p = \frac{0,382 \cdot 800}{2 \cdot 0,9 \cdot 218 - 0,5 \cdot 0,382} = 0,89 \text{ мм}$$

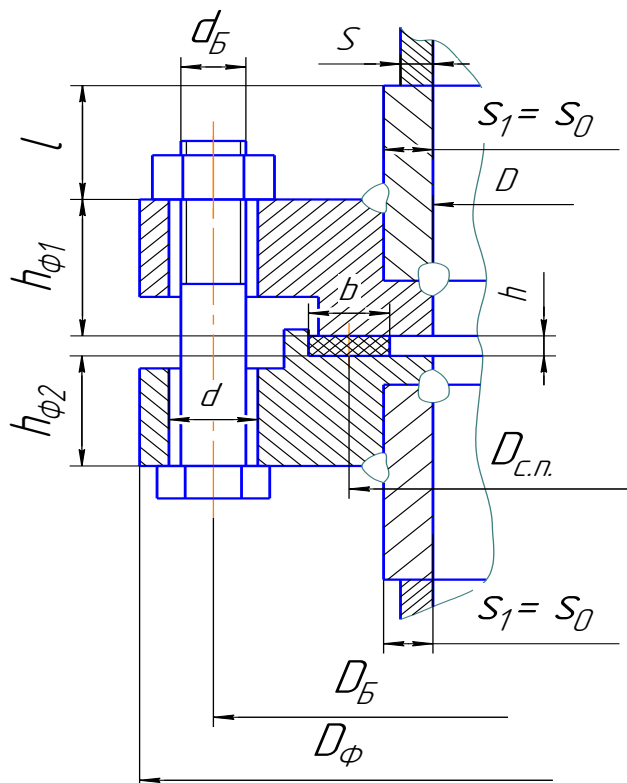
Виконавча товщина

$$s = 0,89 + 0,3 = 1,19 \text{ мм.}$$

Приймаємо $s = 10 \text{ мм.}$

3.2 Розрахунок фланцевого з'єднання

Фланець – сталевий плоский приварний, форма привалки – «виступ-впадина», ізолюваний.



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

6.133.23.05.00.00.00 ПЗ

Арк.

30

Фланцеве з'єднання кришки та корпусу апарату при $D_{\text{вн}} = 800$ мм і $p = 0,382$ МПа вибирається за ОСТ 26-426-79 з плоскими фланцами приварними і ущільнювальною поверхнею.

Товщина втулки фланця [6]

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

де $s = 10$ мм – товщина обичайки апарату.

$$s_0 = 1,35 \cdot 10 = 13,5 \text{ мм},$$

приймаємо $s_0 = 14$ мм.

Перевіряємо виконання умови:

$$s_0 - s \leq 5$$

$$14 - 10 = 4 \leq 5 \text{ – умова виконується.}$$

Визначимо діаметр болтового кола. 3 [2, с.263]

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

де $d_6 = 20$ мм – діаметр болтів при $D_{\text{вн}} = 800$ мм і $p = 0,382$ МПа (табл. 1.40 [6]); $u = 6$ мм – нормативний зазор між гайкою та втулкою ($u = 4 \div 6$, табл.9 [6]).

$$D_6 = 0,8 + 2 \cdot (2 \cdot 0,014 + 0,020 + 0,006) = 0,908 \text{ м},$$

приймаємо $D_6 = 0,908$ м. (см. с.263 [6]).

По [2] с.264 зовнішній діаметр фланця

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

де $a = 40$ мм (табл.13.27 [6])

$$D_\phi = 0,908 + 0,04 = 0,948 \text{ м},$$

приймаємо $D_\phi = 0,948$ м (с.264 [6]).

Зовнішній діаметр прокладки визначається за формулою [6]

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

де $e = 30$ мм (табл.13,27 [6]);

$$D_\pi = 0,908 - 0,03 = 0,878 \text{ м}.$$

Середній діаметр прокладки [6]

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

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

$$D_{\text{ср.п}} = 0,878 - 0,02 = 0,858 \text{ м}.$$

Еквівалентна ширина прокладки:

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

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

Застосовуємо матеріал прокладки – Пароніт за ГОСТ 481-80 завтовшки 2 мм.

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

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

$$Z_{\text{б}} = \frac{\pi \cdot D_{\text{б}}}{t_{\text{б}}},$$

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

$$Z_{\text{б}} = \frac{3,14 \cdot 0,908}{0,096} = 29,7.$$

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

Висота фланця визначається за формулою

$$h = \lambda \cdot \sqrt{D_{\text{вп}} \cdot s_{\text{е}}},$$

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

$$s_{\text{е}} = \alpha \cdot s_0,$$

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

$$s_{\text{е}} = 1,0 \cdot 14 = 14 \text{ мм};$$

$$h = 0,38 \cdot \sqrt{0,8 \cdot 0,014} = 0,04 \text{ м},$$

Приймаємо $h = 40$ мм.

Розрахункова довжина болта між опорними поверхнями головки болта та 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

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

де $p_{\text{R}} = 0,38$ МПа – внутрішній тиск в апараті; $D_{\text{сп.п}} = 0,858$ м – середній діаметр прокладки

$$Q_{\text{д}} = \frac{0,38 \cdot 3,14 \cdot 0,858^2}{4} = 0,17 \text{ МН}.$$

Реакція прокладки за робочих умов [6]

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

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

$$R_{\text{п}} = 3,14 \cdot 0,858 \cdot 2,68 \cdot 0,0025 \cdot 0,38 = 0,005 \text{ МН}.$$

										Арк.
										32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	6.133.23.05.00.00.00 ПЗ					

Зусилля, що виникає від температурних деформацій

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

де $\alpha_{cp} = 12,5 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$ – коефіцієнт лінійного розширення матеріалу фланця; $\alpha_6 = 12,5 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$ – коефіцієнт лінійного розширення матеріалу болтів; $t_6 = 0,96 \cdot t_p = 0,96 \cdot 80 = 77^\circ\text{C}$ – 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 за зовнішнім діаметром; $E_6 = 1,91 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ – модуль поздовжньої пружності сталі 20к при $t_6 = 77^\circ\text{C}$.

$$\gamma = A \cdot Y_6,$$

де Y_6 – лінійна податливість болта.

$$Y_6 = \frac{l_6}{E_6 \cdot f_6 \cdot Z_6}$$

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

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

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

$$Y_{\pi} = \frac{S_n}{\pi \cdot D_{cp,\pi} \cdot b_{\pi} \cdot E_{\pi}}$$

$$Y_{\pi} = \frac{0,002}{3,14 \cdot 0,858 \cdot 0,02 \cdot 2000} = 17,7 \cdot 10^{-6} \text{ м/МН};$$

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

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

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

де ψ_1, j – коефіцієнти

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

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

$$K = \frac{0,858}{0,8} = 1,07;$$

$$\psi_1 = 1,28 \cdot \lg 1,07 = 6,8 \cdot 10^{-2},$$

$$\psi_2 = \frac{k+1}{k-1} = \frac{1,07+1}{1,07-1} = 16,4;$$

									Арк.
									33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	6.133.23.05.00.00.00 ПЗ				

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

Тоді

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

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

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

отже

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

зусилля, що виникає від температурних деформацій

$$Q_t = 0,019 \cdot 32 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4} \cdot 1,91 \cdot 10^5 \cdot (12,5 \cdot 10^{-6} \cdot 77 - 12,5 \cdot 10^{-6} \cdot 76) = 0,0021 \text{ МН}.$$

Визначимо коефіцієнт жорсткості фланцевого з'єднання

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

$$k_{ж} = \frac{16,5 \cdot 10^{-5} + 0,5 \cdot 0,9 \cdot 10^{-5} \cdot (0,908 - 0,8 - 0,014) \cdot (0,908 - 0,858)}{17,7 \cdot 10^{-6} + 16,5 \cdot 10^{-5} + 0,910^{-5} \cdot (0,908 - 0,858)^2} = 0,9.$$

Визначимо болтове навантаження. В умовах монтажу [6]

$$p_{\phi 1} = \max \left\{ \begin{array}{l} k_{ж} \cdot Q_d + R_n \\ 0,5 \cdot \pi \cdot D_{cp.п} \cdot b_{п} \cdot p_{пр} \end{array} \right\},$$

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

$$p_{\phi 1} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,9 \cdot 0,17 + 0,005 \\ 0,5 \cdot 3,14 \cdot 0,858 \cdot 0,02 \cdot 20 \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,16 \\ 0,57 \end{array} \right\} = 0,57 \text{ МН}.$$

За робочих умов [6]

$$p_{\phi 2} = p_{\phi 1} + (1 - k_{ж}) \cdot Q_d + Q_t$$

$$p_{\phi 2} = 0,57 + (1 - 0,9) \cdot 0,17 + 0,0021 = 0,59 \text{ МН}.$$

Перевірка міцності та герметичності з'єднання

умова міцності болтів [2]

$$\frac{P_{\phi 1}}{Z_\phi \cdot f_\phi} \leq [\sigma_\phi]^{20},$$

$$\frac{P_{\phi 2}}{Z_\phi \cdot f_\phi} \leq [\sigma_\phi]^t,$$

де $[\sigma_\phi]^{20} = 200 \text{ МПа}$ – для матеріалу болтів при температурі 20°C ; $[\sigma_\phi] = 138 \text{ МПа}$ – для матеріалу болтів при температурі 80°C .

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

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

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

Визначимо наведений згинальний момент за формулою 1.145 [6]

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

$$M_0 = \left\{ \begin{array}{l} 0,5 \cdot (0,908 - 0,858) \cdot 0,57 \\ 0,5 \cdot (0,908 - 0,858) \cdot 0,59 \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,014 \\ 0,015 \end{array} \right\} = 0,015 \text{ МН} \cdot \text{м}.$$

За формулою 1.141 [6] для прокладки з пароніту

$$\frac{P_{6\text{max}}}{\pi \cdot D_{\text{ср.п}} \cdot b} \leq p_{\text{п.р}}$$

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

$$P_{6\text{max}} = \max \{ p_{61}; p_{62} \}$$

$$P_{6\text{max}} = \max \{ 0,57; 0,59 \} = 0,59 \text{ МН}.$$

$$\frac{P_{6\text{max}}}{\pi \cdot D_{\text{ср.п}} \cdot b} = \frac{0,59}{3,14 \cdot 0,858 \cdot 0,02} = 10,4 \text{ МПа} \leq 130 \text{ МПа},$$

умова міцності виконується.

Для перерізу, обмеженого розміром s_0 перевіряємо умову за формулою 1.147 [6]:

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

де σ_0 – максимальна напруга в перерізі, обмеженому розміром s_0 , визначається за формулою 1.148 [6]; $\varphi = 0,95$ – коефіцієнт міцності зварних швів; $[\sigma_0]$ – допустима напруга для фланця в перерізі s при кількості навантажень з'єднання (складання-розбирання) не більше $2 \cdot 10^3$;

σ_t – тангенціальна напруга у втулці від внутрішнього тиску;

σ_m – меридіальна напруга у втулці від внутрішнього тиску;

за формулою 1.149 [6]

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

$$\sigma_m = \frac{0,38 \cdot 0,8}{4 \cdot (0,014 - 0,003)} = 11 \text{ МПа};$$

за формулою 1.149 [6]

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

									Арк.
									35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	6.133.23.05.00.00.00 ПЗ				

$$\sigma_t = \frac{0,38 \cdot 0,8}{2 \cdot (0,014 - 0,003)} = 22 \text{ МПа};$$

за формулами 1.143 і 1.148 [6]

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

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

за формулою 1.144 [6]

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

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

$$T_{cp} = \frac{0,878^2 \cdot \left(1 + 8,55 \cdot \lg \frac{0,878}{0,8}\right) - 0,8^2}{(1,05 \cdot 0,8^2 + 1,945 \cdot 0,878^2) \cdot \left(\frac{0,878}{0,8} - 1\right)} = 1,2,$$

$$\sigma_0 = \frac{1 \cdot 1,2 \cdot 0,015 \cdot 0,49}{0,8 \cdot (0,014 - 0,003)^2} = 383 \text{ МПа};$$

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

Умови міцності

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

$383 < 542$ – умова міцності виконана.

Окружний тиск у кільці фланця

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

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

Визначаємо кут повороту фланця за формулою 1.150 [6]

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

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

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

тобто умова герметичності з'єднання виконується.

									Арк.
									36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	6.133.23.05.00.00.00 ПЗ				

3.3 Розрахунок опори

Апарати вертикального типу із співвідношенням $H/D > 5$, розміщені на відкритих майданчиках, оснащують так званими спідничними циліндричними опорами.

Орієнтовна маса апарату.

$$m = 0.785 \cdot (D_n^2 - D_{вн}^2) H_{об} \rho$$

де: $D_n = 0,816$ м – зовнішній діаметр колони;

$D_{вн} = 0,8$ м – внутрішній діаметр колони; $H_{об} = 17$ м – висота циліндричної частини колони; $\rho = 7850$ кг/м³ – щільність сталі [2. таб. II].

$$m_{об} = 0,785(0,820^2 - 0,8^2) \cdot 20,6 \cdot 7850 = 5271 \text{ кг}$$

Маса шару насадки:

$$M_n = \pi R^2 h \rho_n n_c = 3.14 \cdot 0,4^2 \cdot 3 \cdot 520 \cdot 3 = 2351,3 \text{ кг}$$

де: ρ_n - насипна щільність насадки 520 кг/м³ [17. таб. 1.1];

n_c - кількість секцій насадки 3;

h - висота шару насадки 3 м;

R - радіус ректифікаційної колони 0,4 м.

Маса тарілок:

$$M_m = m_{pm} \cdot n_{pm} + m_{nm} \cdot n_{nm} = 12 + 10 \cdot 5 + 75 \cdot 6 = 512 \text{ кг}$$

де m_{pm} - Маса розподільної тарілки типу ТСН-II = 12 кг;

m_{nm} - Маса перерозподільної тарілки типу ТСН-II = 10 кг;

m_{on} - Маса опорної решітки ТСН-IV = 75 кг [2];

n_{pm} - Кількість розподільчих тарілок;

n_{nm} - Кількість перерозподільних тарілок.

Загальна маса колони.

Приймаю, що маса допоміжних пристроїв (штуцерів, вимірювальних приладів, люків тощо) становить 10% основної маси колони, тоді:

$$m_k = m_{об} + m_m + m_n + 2m_d = 1,1(5271 + 512 + 2351 + 2 \cdot 61) = 9082 \text{ кг}$$

Маса колони без насадки:

$$M_k = 9082 - 2351 = 6731 \text{ кг}$$

Маса колони заповнена водою при гідровипробуванні.

Маса води при гідровипробуванні:

$$m_v = 1000(\pi R^2 H_{ц.об} + 2V_d) = 1000(3.14 \cdot 0,4^2 \cdot 20,6 + 2 \cdot 0,0898) = 13443 \text{ кг}$$

Максимальна вага колони:

$$m_{max} = m_k + m_v = 9082 + 13443 = 22525 \text{ кг} = 0,22 \text{ МН}$$

По Q з ОСТ 26-467-78 вибираємо стандартну конструкцію – «Опора 1-800, 25-0, 20-900».

									Арк.
									37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	6.133.23.05.00.00.00 ПЗ				

4 Монтаж і ремонт апарата

4.1 Монтаж апарата [12]

У процесі ремонту технологічного обладнання може виникнути потреба у заміні колонних апаратів. Основні причини такої заміни – повне зношування апарата або зміна продуктивності установки.

Найпростіший монтаж колони, що з окремих елементів – царг. Існують два способи монтажу: нарощуванням та підрощуванням (рис. 4.1, а та б). Вибір способу залежить, в основному, від наявного підйомно-транспортного обладнання.

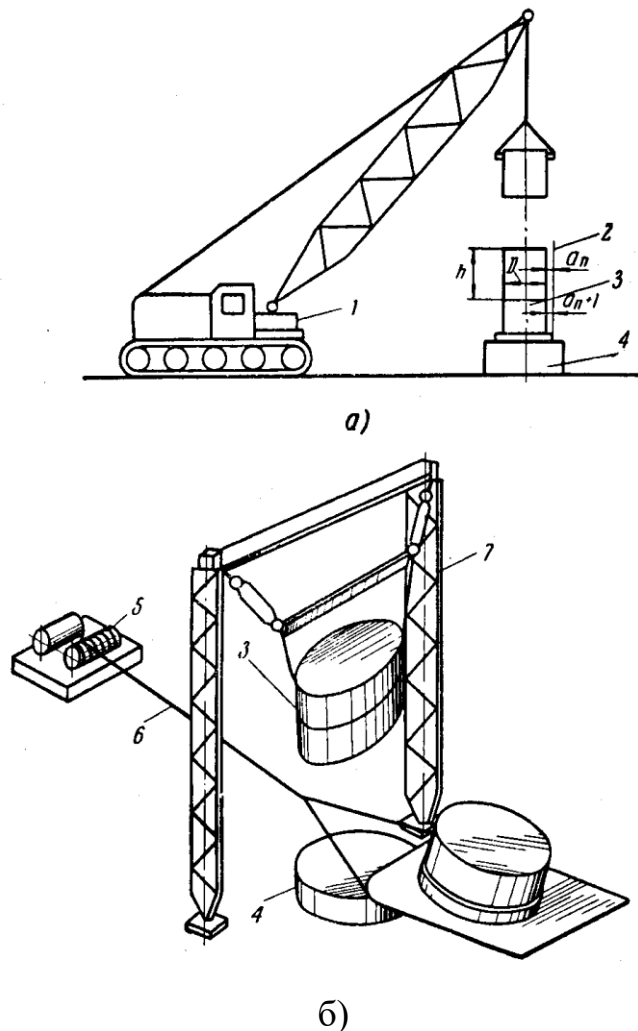


Рисунок 4.1 – Методи монтажу та вивірення розбірних колон:

а – нарощуванням, б – підрощуванням;

1 – гусеничний кран, 2 – виска, 3 – царги колони,

4 – фундамент, 5 – лебідка, 6 – трос, 7 – монтажний портал.

Якщо є кран, висота підйому якого більше загальної висоти колонного апарату, а вантажопідйомність перевищує вагу однієї царги, доцільно застосовувати спосіб нарощування (рис. 4.1,а).

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

6.133.23.05.00.00.00 ПЗ

Арк.

38

Перед встановленням кожної царги необхідно приварити кронштейни для риштування з огорожами. З цих риштування проводяться стикування і з'єднання царг.

Спосіб підрошування (рис. 4.1 б) зручний при встановленні царгового колонного апарату всередині існуючої етажерки, що має монтажну балку. Окремі царги в цьому випадку зтягують на фундамент за допомогою трактора або монтажних лебідок та поворотних блоків і підстиковують до раніше змонтованих царг.

Монтувати способом підрошування можна і поза етажеркою. 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 цільнозварних колонних апаратів: поворот навколо шарніра та підйом за верх. Найбільш складною та трудомісткою операцією в обох випадках є встановлення монтажних щоглів.

Монтажні щогли встановлюють у робоче положення за допомогою кранів або допоміжних щог та утримують у цьому положенні за допомогою розтяжок (вант), прикріплених до яків. Довжина стріли автомобільного або гусеничного крана повинна бути достатньою, щоб зробити підйом щогли в робоче положення при стропуванні її трохи вище за центр тяжіння (на 1–1,5 м). Якщо стріла крана недостатньо довга, але є запас вантажопідйомності, то можна піти на тимчасове обтяження підошви щогли, щоб перемістити центр ваги ближче до підошви. Загальна вага щогли з довантаженням не повинна перевищувати вантажопідйомність крана. Додаткові вантажі необхідно надійно прикріпити до підошви щогли.

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

При підйомі колонних апаратів поворотом навколо шарніру щогла, оснащена поліспастом, встановлюється на такій відстані від проектної осі апарату, щоб блоки поліспастів, що прикріплені до її верху, не зійшлися при вертикальному положенні колони мінімум на 1,5–2 м. Конструкція поворотного шарніра показана на рис. 4.2 а.

Для встановлення шарніра необхідно в фундаменті передбачити додаткові анкерні болти або заставні частини. При підйомі потрібно використовувати не менше двох лебідок, одна з яких служить для підйому колони, а друга підтримує колону при переході її центру тяжіння через вісь шарніра (рис. 4.2,б).

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

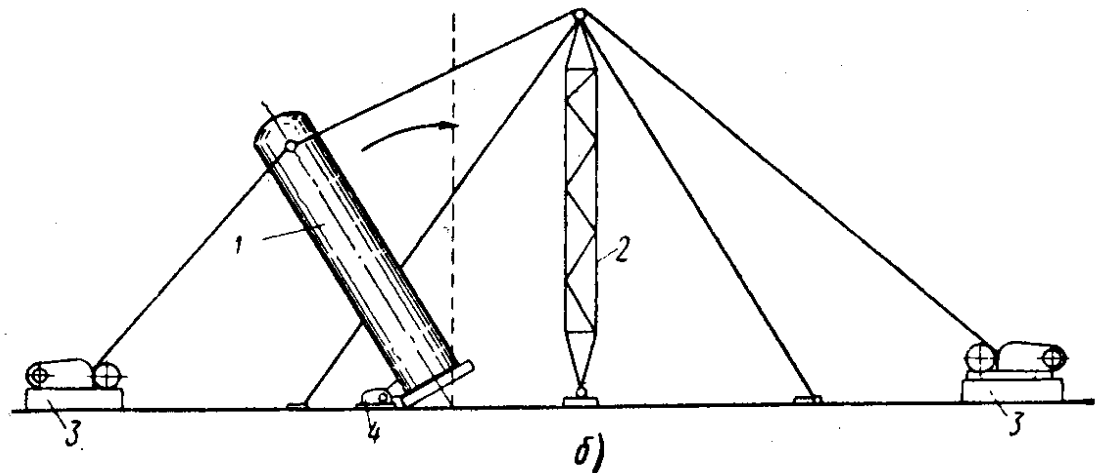
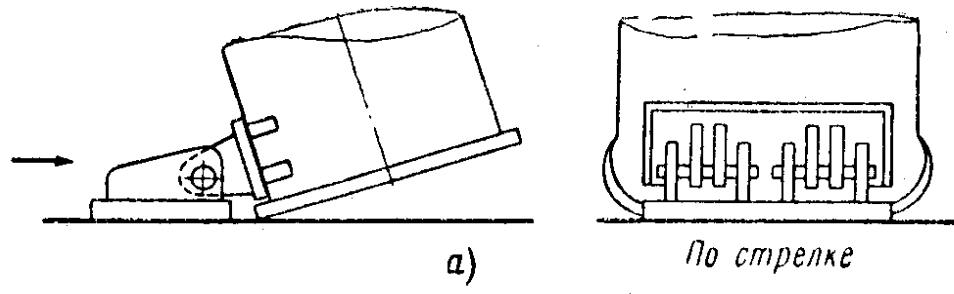


Рисунок 4.2 – Монтаж колони:

а – конструкція поворотного шарніра; б – схема монтажу;
 1 – колона, 2 – щогла, 3 – лебідка, 4 – поворотний шарнір.

При встановленні апарату на фундамент способом повороту не слід заливати анкерні болти колони до її встановлення, їх вільно вставляють у колодязі і заводять у 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 встановлення апарату.

Підйом колонного апарату за верх здійснюється 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 укладається на фундамент так, щоб його вісь перпендикулярна площині установки порталу.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

6.133.23.05.00.00.00 ПЗ

Арк.
40

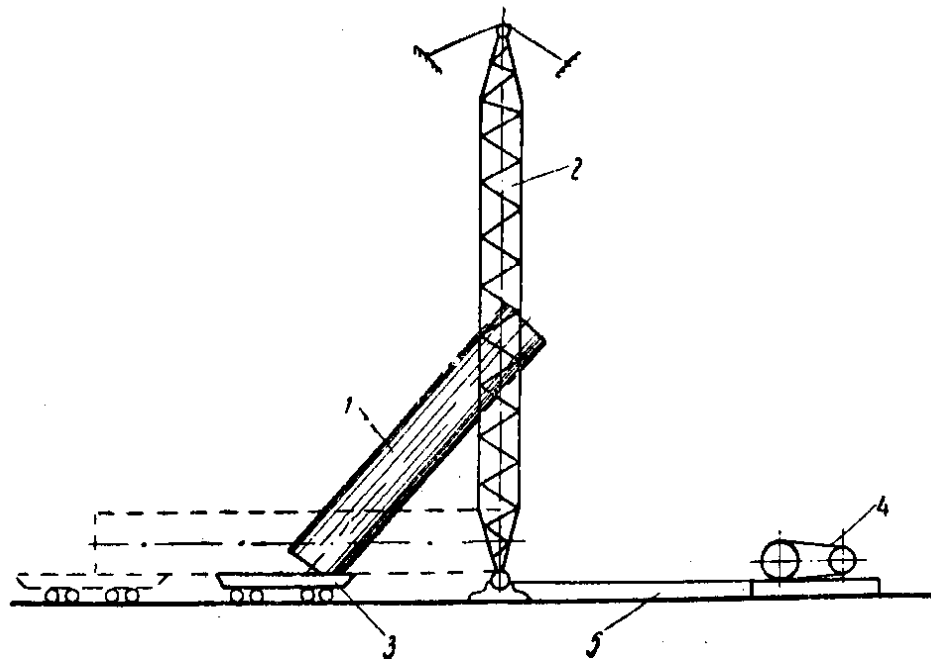


Рисунок 4.3 – Підйом колони за допомогою порталу:
 1 – колона, 2 – портал, 3 – візок, 4 – лебідка, 5 – трос

Підйом відбувається у такій послідовності. До саней кріпиться трос, другий кінець якого подається на лебідку, трактор чи поліспаст безпосередньо чи через відповідний блок. Апарат крокують за верхню

частину і починають піднімати за допомогою порталу. Піднявши верхню частину апарата на 3-4м, підтягують сани у бік порталу, поки поліспасти не займуть вертикального положення. Подібно поступово піднімають апарат і підтягують сани до тих пір, поки вони не наблизяться до фундаменту. Тоді сани відв'язують від апарата і піднімають його на 15-20 см під фундаментом, розвертаючи так, щоб опорні лапи припали над анкерними болтами, а потім опускають на фундамент, стежачи за тим, щоб болти потрапили в отвори лап.

Складання апаратів, що складаються з окремих царг, що збираються на фланцях здійснюється безпосередньо на фундаменті. У цьому випадку до їх підйому слід перевірити горизонтальність поверхонь привалок кожної царги. Відхилення має перевищувати 0,3 мм на 1 м діаметр апарату, але з більше 2 мм весь діаметр.

Складання фланцевих з'єднань повинно виконуватися без підгонних операцій; болти в отвори повинні входити вільно, без напруги. Затягування фланцевих з'єднань необхідно проводити одночасним загортанням гайок на діаметрально розташованих болтах або шпильках.

Остаточне затягування фланцевих з'єднань царг апаратів з прокладками зі шнурового азбесту слід проводити «на гаряче» при нагріванні всього апарату пором до 60°C.

Відповідно до чинного положення про планово-попереджувальний ремонт графіки та плани ремонту обладнання складаються у певній послідовності. Технічна адміністрація виробничого цеху подає до відділу головного механіка підприємства проект річного плану-графіка ремонту обладнання з урахуванням дати їхнього останнього ремонту. Відділ головного механіка виходячи з цехових проектів планів-графіків розробляють проект зведеного плану ремонту устаткування підприємству.

4.2 Ремонт апарата [13]

Підготовка ремонту включає:

- 1 Технічний огляд обладнання перед ремонтом;
- 2 Складання проектно-кошторисної документації для робіт, що підлягають виконанню;
- 3 Оформлення та видачі замовлень на проведення робіт;
- 4 Розробку графіка проведення робіт.

Основним видом їхнього зносу колоною масообмінної апаратури є забиття колони відкладеннями та корозії її елементів. Царгові колони розбираються повністю. Вантажопідйомний механізм встановлений вище за колону, що дозволяє зняти всі царги по черзі. При неможливості встановлення вантажопідйомного механізму вище колони демонтаж починається з нижньої царги.

Підготовка колонного апарату до ремонту наступне: видалення робочого середовища з апарату, після чого проводять його пропарювання водяною парою, яка витісняє пари газів, що залишилися в колоні, після пропарювання колону промивають водою. Промивання колони водою також сприяє швидшому її остиганню, не можна приступати до ремонтних робіт, якщо температура промивної води перевищує 50°C. Пропарену та промиту колону від'єднують від усіх апаратів та комунікацій глухими заглушками, що встановлюються у фланцевих з'єднаннях. Установку кожної заглушки та її зняття реєструють у спеціальному журналі.

Ремонт колони закінчують її випробуванням. При гідравлічному випробуванні колона заповнюється водою при відкритій повітрі, встановленій у верхній частині колони, поява води в повітрі свідчить про заповнення колони. Після закриття повітря тиск у колоні повільно підвищується до контрольованої величини, при цьому тиску апарат витримується 5 хвилин, потім тиск скидається до робочого значення, при якому приступають до огляду корпусу.

									Арк.
									42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	6.133.23.05.00.00.00 ПЗ				

5 Охорона праці та техніка безпеки на виробництві [11]

Охорона праці – система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних та лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження здоров'я та працездатності людини у процесі трудової діяльності.

Усі підприємства повинні дбати про безпеку праці та здоров'я своїх працівників. До обов'язків роботодавця входить розробка комплексних заходів з охорони праці, які б гарантували безпечні та здорові умови праці на робочому місці.

Соціальне значення охорони праці полягає у сприянні зростанню ефективності громадського виробництва шляхом безперервного вдосконалення та покращення умов праці, підвищення їх безпеки, зниження виробничого травматизму та профзахворювань. Соціальне значення охорони праці проявляється у збільшенні продуктивності праці, збереження трудових ресурсів.

Збільшення продуктивності праці відбувається в результаті збільшення фонду робочого часу завдяки скороченню внутрішньозмінних простоїв шляхом ліквідації мікротравм або зниження їх кількості, а також завдяки запобіганню передчасному втомленню шляхом раціоналізації та покращення умов праці та запровадження оптимальних режимів праці та відпочинку та інших заходів, які сприяють підвищенню ефективності та використання робочого дня.

Зниження трудових ресурсів та підвищення професійної активності працюючих відбувається завдяки покращенню стану здоров'я та подовженню середньої тривалості життя шляхом покращення умов праці, що супроводжується високою трудовою активністю та підвищенням виробничого стажу.

Підвищується професійний рівень завдяки підвищенню кваліфікації.

Основним завданням охорони праці на підприємстві є покращення умов праці. При створенні умов, що відповідають нормам безпеки та виробничої санітарії, зникає потреба у витратах на пільги та компенсацію, підвищується продуктивність праці, яка покращує психологічний клімат у колективі та матеріальне становище підприємства.

5.1 Вимоги до обладнання на виробництві [11]

Все обладнання повинне відповідати вимогам проектно-конструкторської документації та повинно мати:

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

- технічний паспорт або технічний опис,
- інструкцію з експлуатації.

На нестандартне обладнання, оснащення, пристрої та інструменти, крім цього, повинні бути креслення.

Все виробниче обладнання повинне утримуватися у справності, чистоті, порядку та суворо відповідати встановленим для них технічним нормам.

Відповідальність за правильну експлуатацію технологічного обладнання, пристроїв, оснащення несуть начальник і технолог виробництва, майстер зміни та особа, яка безпосередньо експлуатує обладнання.

У цеху, відділеннях, на ділянках, що ведуть роботу з пожежо- та вибухонебезпечними матеріалами, все обладнання має повністю відповідати проектам, розробленим спеціальними проектними організаціями або заводами та затвердженими директором заводу.

Ремонт та контроль за станом обладнання повинен здійснюватись у строки, передбачені графіком планово-попереджувального ремонту (ППР).

Все електричне обладнання, комунікації, апарати мають бути заземлені. За справністю та надійністю заземлення має бути

встановлено постійний контроль за службою енергетика цеху.

Забороняється:

- працювати на несправному, незаземленому або забрудненому обладнанні та з несправними приладами, некондиційними або забрудненими матеріалами, невідповідним інструментом, а також при вимкненій або несправній витяжній вентиляції, несправній системі пожежогасіння або при відсутності засобів пожежогасіння,

- проводити ремонт працюючих насосів та трубопроводів,
- залишати без нагляду працююче обладнання,
- різко збільшувати або зменшувати частоту обертання відцентрових насосів, щоб уникнути гідравлічних ударів у лініях, пускати в експлуатацію виробниче обладнання без передбачених проектом огорож, контрольно-вимірювальних приладів, блокувань та сигналізації, що забезпечують безпеку його обслуговування.

5.2 Вимоги до виробництва [11]

Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів, що виникають у технологічному процесі ректифікації, наведено в табл. 5.1 по ГОСТ 12.0.003 -74.

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

Таблиця 5.1 – Список небезпечних та шкідливих виробничих факторів та їх джерела.

Небезпечні виробничі фактори	Джерела виникнення	Норматив	Література
Механічні	Рухомі частини машин та механізмів (насоси)	Безпека експлуатації обладнання	ДСТУ 3273-95
Підвищений рівень шуму	Насоси, вентиляційні установки	L=80дБА	ГОСТ 12.1.003-83
Підвищений рівень вібрації	Електродвигуни, насоси, вентиляційні установки	L=102дБ	ГОСТ 12.1.012-90
Підвищений рівень напруги 220В, 380 В	Електродвигуни насосів, щит управління	U _{дот.} =2.0В I _{дот.} =0.3МА	ГОСТ 12.1.038-82
Несприятливий мікроклімат (підвищена температура матеріалу та поверхні обладнання)	Підігрівачі, випарні апарати, паропроводи, колона ректифікації	t = 18-20°С V = 0.3 м/с φ = 40-60%	ГОСТ 12.1.005-88
Хімічна речовина (ефір)	Негерметичні з'єднання трубопроводів	ГДК наведено у таблиці 9.2	ГОСТ 12.1.005-88

У процесі ректифікації технічного ефіру утворюються такі речовини, наведені у таблиці 5.2, які належать до хімічно небезпечних та шкідливих виробничих факторів.

Таблиця 5.2 - Характеристика речовин, що утворюються під час поділу суміші.

Речовина	Клас безпеки ГОСТ12.1.007-76	ГДК у повітрі робочої зони, за ГОСТ 12.1.005-88,мг/м ³
метанол	III	5

Відповідно до санітарних норм проектування промислових підприємств у щитових приміщеннях та прилеглих до них тамбурах та коридорах вміст метанолу не повинен перевищувати 5 мг/м³, що досягається за рахунок загальнообмінної та припливно-витяжної вентиляції згідно з СНиП 2.04-05-91. Крім того, проводиться герметизація обладнання, теплоізоляція теплообмінників.

5.3 Виробнича санітарія [11]

5.3.1 Мікроклімат

Метрологічні умови обрано відповідно до вимог ГОСТ 12.1.005-88 та ДБН 3.36.042-99 з урахуванням категорії робіт з енерговитрат при виконанні відповідних технологічних операцій та періоду року. Вибираємо оптимальні параметри мікроклімату, наведені у табл. 5.3.

Таблиця 5.3 - Оптимальні параметри мікроклімату

Категорія робіт	Період року	Температура, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
Середній тяжкості II а	Холодний	18-20	40-60	0,2
	Теплий	21-23	40-60	0,3

Для забезпечення нормалізації параметрів мікроклімату передбачені наступні заходи: вентиляція та опалення в холодну пору року СНиП 2.04-05-91.

5.3.2 Освітлення

Правильно спроектоване та раціонально виконане освітлення виробничих приміщень надає позитивний психофізіологічний вплив на працюючих, сприяє підвищенню ефективності та безпеки праці, знижує втому та травматизм, зберігає високу працездатність.

При освітленні виробничих приміщень використовують:

- природне освітлення, що створюється прямим сонячним промінням і розсіяним світлом неба і змінюється залежно від географічної широти, пори року та доби, ступеня хмарності та прозорості атмосфери. Природне освітлення є біологічно найбільш цінним видом освітлення, якого максимально пристосований очей людини. У виробничих приміщеннях використовуються такі види природного освітлення: бічне - через

світлопройоми (вікна) у зовнішніх стінах; верхнє - через світлові ліхтарі у перекриттях; комбіноване - через світлові ліхтарі та вікна.

- штучне освітлення, створюване електричними джерелами світла, і поєднане освітлення, у якому недостатнє за нормами природне освітлення доповнюють штучним. Створюється штучними джерелами світла (лампа розжарювання, газорозрядними лампами). Призначення штучного висвітлення – створити сприятливі умови видимості, зберегти хороше самопочуття людини та зменшити стомлюваність очей. При штучному освітленні всі предмети виглядають інакше, ніж за денного світла. За призначенням буває: робітником, аварійним, евакуаційним, охоронним, черговим. По устрою буває: місцевим, загальним, комбінованим. Влаштувати одне місцеве освітлення не можна. Раціональне штучне освітлення повинне забезпечувати нормальні умови для роботи при допустимій витраті коштів, матеріалів та електроенергії.

Штучне освітлення передбачається у всіх виробничих та побутових приміщеннях для компенсації нестачі природного освітлення та для освітлення приміщень у темну пору доби.

Відповідно до норм СНиП II-4-79 під час виконання робіт IV розряду використовується система загального освітлення. Нормована освітленість за IV розрядом (загальне спостереження за ходом виробничого процесу) підрозряду становить 200 лк .

Для освітлення виробничого приміщення застосовуються люмінесцентні лампи, так як вони енергетично більш економічні та за спектральними характеристиками максимально близькі до природного та мають найвищу світловіддачу. Вибираємо лампи ЛД-80: потужність 80 Вт, світловий потік 5400 лм, довжина 1,5 м, діаметр 40 мм.

У вибухонебезпечних приміщеннях категорії В-І встановлюються світильники лише у вибухозахищеному виконанні, вибираємо світильник типу НОГЛ-2 х 80 з відбивачем, у світильнику встановлюється 2 лампи у захисних трубках з оргскла.

Світловий потік лампи у світильнику визначається за формулою:

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

звідки визначимо кількість світильників N:

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

де $\Phi_{\text{л}} = 5400$ лм – необхідний світловий потік лампи у світильнику;

E - задана мінімальна освітленість, лк;

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

S – освітлювана площа, m^2 ;

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

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

n – кількість ламп у світильнику, шт;

η – коефіцієнт використання світлового потоку

Для визначення коефіцієнта використання знайдемо індекс приміщення і за формулою:

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

де A – довжина приміщення, м; B – його ширина, м; H – висота підвісу світильника від рівня підлоги приймаємо $h = 2,8$ м.

$$i = \frac{18 \cdot 12}{2,8(18+12)} = 2,5$$

Тоді приймаємо $\eta = 0,65$

Площа освітлення:

$$S = A \cdot B = 18 \cdot 12 = 216 \text{ м}^2.$$

Значить кількість світильників у робочій зоні становитиме:

$$N = \frac{200 \cdot 216 \cdot 1,8 \cdot 1,1}{5400 \cdot 2 \cdot 0,65} = 14 \text{ шт.}$$

Приймаємо 14 світильників. Разом виходить 28 ламп ЛД-80 для забезпечення необхідного загального освітлення робочої зони виробничого приміщення.

5.3.3 Шум та вібрація

Основним джерелом шуму в цеху є механічне обладнання:

насоси, компресори. Відповідно до ГОСТ 12.1.003-83, допустимий шумовий рівень у виробничому приміщенні - не більше 80 дБА.

Якщо рівень шуму перевищує допустимий, то проводять заходи щодо його нормалізації згідно з ДСН 3.3.6.037-99 :

- покращення рівня експлуатації робочого обладнання;
- використання демпфуючих матеріалів;
- звукоізоляція обладнання кожухами.

Машини та механізми, що застосовуються в даному технологічному процесі, викликають певні механічні коливання, які передаються на тіло людини. Гігієнічне нормування вібрації проводять відповідно до ГОСТ 12.1.012-90 [31].

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

З метою профілактики віброшумів захворювання для працівників з обладнанням вібрує рекомендується спеціальний режим роботи (обмеження часу контакту з віброінструментом, додаткові перерви тощо).

5.3.4 Електробезпека

Відповідно до ПУЕ - 87 та ГОСТ 12.1.013-78 робоче приміщення за ступенем небезпеки ураження електричним струмом відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою. Тому що з одного боку є можливість дотику до металевих конструкцій будівель, що мають з'єднання із землею, технологічних апаратів, а з іншого до металевих корпусів електрообладнання.

Відповідно до НПАОП 40.1 – 1.32 – 01 клас зон 0, 1, 2.

Заходи електробезпеки:

- Контроль та профілактика пошкоджень ізоляції;
- Усунення небезпеки ураження при появі напруги на корпусах, кожухах та інших частинах електроустаткування досягається захисним заземленням, зануленням, захисним відключенням;
- Організація безпечної експлуатації електроустановок.
- Використання обладнання закритого типу.

5.3.5 Пожежна безпека

Згідно з документом НАПБ Б.03.002-2007 робоче приміщення з вибухопожежної та пожежної небезпеки належить до категорії А, а ступінь вогнестійкості будівлі – І згідно ДБН В.1.1 – 7 – 02.

Згідно з ГОСТ 12.1.004 - 91і НАПБ А.01.001-95 пожежна безпека забезпечується системами запобігання пожежі та протипожежній безпеці, захисту, а також організаційно-технічними заходами.

Заходи системи запобігання пожежі:

- застосування негорючих речовин
 - обмеження кількості горючих речовин та їх розміщення;
 - протипожежні розриви між будинками;
 - періодичне очищення приміщень та території;
- ізоляція горючих речовин.

Передбачено внутрішній та зовнішній водопроводи з пожежними кранами; для повідомлення про пожежу – електрична пожежна сигналізація та телефонний зв'язок.

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

Для запобігання пожежі використовують первинні засоби пожежогасіння – порошковий вогнегасник ОП-9 – 2 шт., вуглекислий вогнегасник ВВК-5-2 шт., а також ящик з піском, лопату.

5.3.6 Охорона довколишнього середовища

Останнім часом в Україні надається значна увага охороні навколишнього середовища: розроблено та прийнято до дії Закон України "Про охорону навколишнього природного середовища".

Ректифікація технічного ефіру складний технологічний процес з переходом сировини в різні стани з різними фізиками.

ними властивостями. Він пов'язаний з використанням різної складності технологічного обладнання та допоміжних механізмів. У багатьох випадках ці процеси супроводжуються виділенням великої кількості шкідливих парів, газів та інших забруднень.

Значною мірою зменшення забруднення відбувається за рахунок застосування автоматичного контролю та регулювання технологічного процесу. При розробці проекту було передбачено систему замкнутого циклу, внаслідок якої потрапляння шкідливих речовин у довкілля неможливо.

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

Висновки

У цьому дипломному проєкті була розроблена колона ректифікації безперервної дії, насадочного типу, з насадкою - Кільця Рашига 35x35x4мм. Під час розробки установки було проведено теоретичні дослідження основ процесу. Розглянуто та вивчено опис технологічної схеми процесу. Проведено технологічний та конструктивний розрахунок апарату, якими визначено показники теплообмінних та масообмінних процесів, а також основні конструктивні розміри апарату. Виконано гідравлічні розрахунки та обрано допоміжне обладнання, що забезпечує проведення технологічного процесу;

В результаті виконання технологічних розрахунків було отримано такі дані:

Під час розробки ректифікаційної установки проведено такі дослідження та розрахунки:

- обґрунтовано вибір технологічної схеми виробництва;
- виконані технологічні та конструктивні розрахунки, якими визначено показники теплообмінних та масообмінних процесів, а також основні конструктивні розміри апарату. Виконано гідравлічні розрахунки та обрано допоміжне обладнання, що забезпечує проведення технологічного процесу;
- здійснено вибір конструктивних матеріалів та проведено розрахунки на міцність з визначення розмірів конструктивних елементів апарату;
- зазначені заходи щодо ремонту та монтажу обладнання;
- виконано аналіз стану технологічного процесу та розроблено систему автоматичного управління установкою;
- здійснено аналіз потенційних небезпек, що виникають під час експлуатації обладнання, виконано розрахунок загального освітлення.

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

Список використаної літератури

1. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. М., «Химия», 1973, - 452 с
2. Павлов К. Ф., Романков П. Г, Носков А. А "Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии". Л.: Химия, 1987,- 576 с.
3. Соколов В. Н. "Машины и аппараты химических производств. Примеры и задачи". Л.: Машиностроение, 1982, - 384 с.
4. Дытнерский Ю. И. "Основные процессы и аппараты химической технологии. Пособие по проектированию".- М.: Химия, 1983. - 272 с.
5. "Справочная книга для проектирования электрического освещения". Под ред. Кнорринга Г.М. Л.: "Энергия", 1976, - 384 с.
6. Михалев М. Ф., Третьяков Н.П. "Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств. Примеры и задачи". Л.: Машиностроение, 1984, - 301 с.
7. Лащинский А.А., Толщинский А.Р. "Основы конструирования и расчёта химической аппаратуры. Справочник. ". Л.: Машиностроение, 1970, – 752 с.
8. Плановский А.Н., Николаев П.И. "Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии". М.: Химия, 1972, - 496 с.
9. Голубятников В.А., Шувалов В.В. "Автоматизация производственных процессов в химической промышленности". Москва: Химия, 1985, - 252с.
10. Кошарский Б.Д. "Автоматические приборы, регуляторы и вычислительные системы. Справочное пособие". Л: Машиностроение, 1976, - 488с.
11. Макаров Г.В., Стрельчук Н.А. "Охрана труда в химической промышленности". М.: Химия, 1977, - 568с.
12. Фарамазов С.А. "Ремонт и монтаж оборудования химических и нефтеперерабатывающих заводов. 2-е изд.". М.: Химия, 1980. – 312 с.
13. Ермаков В.И., Шеин В.С. "Ремонт и монтаж химического оборудования." Л.: Химия, 1981. – 368 с.
14. Альперт Л.З. "Основы проектирования химических установок. 4-е изд., перераб. и доп.". М.: Высшая школа, 1989. – 304 с.
15. Гидродинамика насадочных аппаратов: метод. указ. / Сост. С.В. Иваняков, С.Б. Коньгин. – Самара; Самар. гос. техн. ун-т, 2008. – 44 с.: ил.

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