

РЕФЕРАТ

Бакалаврська робота на тему

Установка ректифікації суміші сірковуглець – чотирьоххлористий вуглець продуктивністю 6 т/год по вихідній суміші з розробкою дефлегматора

Листів – __60__, ілюстрацій – __9__, таблиць – __3__, додатків – __4__, посилань

Об'єкт розробки та дослідження є основне обладнання установки ректифікації суміші сірковуглець – чотирьоххлористий вуглець.

Мета роботи – розробка ректифікаційної колони, дефлегматора.

В роботі визначені основні розміри ректифікаційної колони та дефлегматора, виконані розрахунки на міцність елементів конструкції дефлегматора, розглянуті питання технології його виготовлення та ремонту.

Ректифікаційна колона, дефлегматор, ректифікація, масобмінний контактний пристрій, основні розміри, технологія виготовлення, ремонт.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1. Аналітичний огляд.....	6
1.1 Перегонка рідини.....	6
1.2 Апаратурне оформлення процесів перегонки рідини.....	8
1.2.1 Конструкції царгових тарілчастих колонних апаратів.....	8
1.2.2 Конструкції суцільнозварних тарілчастих колонних апаратів.....	10
1.2.3 Насадкові колонні апарати.....	11
1.2.4 Конструкції царгових колонних апаратів з насипною насадкою.....	11
1.2.5 Конструкції та основні розміри суцільнозварних колонних апаратів з насипною насадкою.....	11
1.3 Конструкції теплообмінного обладнання.....	14
1.3.1 Конструкції кожухотрубчастих теплообмінників	15
1.3.2 Кожухотрубчасті теплообмінні апарати з розширником на кожусі.....	16
1.3.3 Конструкції кожухотрубчастих теплообмінників з плаваючою головкою та U-подібними	17
2. Опис технологічної схеми та конструкції колони, дефлегматора.....	19
3. Конструкційні матеріали для виготовлення дефлегматора.....	21
4. Визначення основних розмірів колони і дефлегматора	
4.1 Вихідні дані.....	22

4.2	Визначення мінімального та дійсного числа флегми.....	22
4.3	Визначення середніх значень параметрів колони, фізико-хімічних та термодинамічних констант фаз	27
4.4	Визначення діаметру колони.....	32
4.5.	Визначення висоти колони.....	33
4.6	Розрахунок дефлегматора	33
5.	Аналіз впливу впливу конструктивних особливостей контактних пристроїв на розміри колонного апарата.....	36
6.	Розрахунки на міцність елементів дефлегматора.....	38
	Початкові дані.....	38
6.1.	Розрахунок на міцність, жорсткість та стійкість.....	38
6.1.1.	Розрахункова температура.....	38
6.2	Допустимі напруження.....	40
6.3	Коефіцієнти міцності зварних швів.....	42
6.4	Добавки до розрахункових величин	42
6.5	Розрахунок кожуха теплообмінника.....	43
6.5.1.	Розрахунок товщини стінки циліндричної обичайки кожуха теплообмінника.....	43
6.6	Визначення товщини трубної решітки	45
7.	Технологія виготовлення дефлегматора.....	47
7.1	Виготовлення основних елементів дефлегматора.....	47
7.2	Збирання теплообмінника.....	51

7.3 Випробування теплообмінника після виготовлення.....	53
8.Ремонт дефлегматора.....	55
8.1 Загальні відомості про ремонт.....	55
8.2 Зупинка дефлегматора в ремонт.....	57
9.Техніка безпеки.....	60
Висновки.....	61
Література.....	62
Додатки	
Додаток А– Ректифікаційна колона	
Додаток Б– Схеми експериментальної установки	
Додаток В –Дефлегматор	
Додаток С – Гріюча камера	

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

a_F – масова концентрація низько киплячого компонента у вихідній суміші, %(мас.);

a_P – масова концентрація низько киплячого компонента в дистилляті, %(мас.);

a_W – масова концентрація низько киплячого компонента в кубовій остачі, %(мас.);

G_W – продуктивність по кубового залишку, кг/год;

G_P – продуктивність по дистилляту, кг/год;

G_F – продуктивність по вихідній суміші, кг/год;

X – концентрація низько киплячого компонента А в бінарній суміші, мол. частки;

M_A, M_B – молярна маса компонента А и В (відповідно), кг/кмоль;

R_{min} – мінімальне флегмове число;

K_R – коефіцієнт надлишку флегми;

R – дійсне флегмове число;

X_{cp}^n – середня мольна концентрація низько киплячого компонента в нижній частині колони, %(мол.);

X_{cp}^s – середня мольна концентрація низько киплячого компонента у верхній частині колони, %(мол.);

X_{cp} – середня мольна концентрація низько киплячого компонента по колоні, %(мол.);

a_{cp} – середня масова концентрація по колоні, %(мас.);

t_{xcp}^n – середня температура в нижній частині колони, °С;

t_{xw} – температура кубового залишку, °С;

t_{xf} – температура вихідної суміші, °С;

t_{xcp}^s – середня температура у верхній частині колони, °С;

t_{xp} – температура дистилляту, °С;

t_{xf} – температура вихідної суміші, °С;

t_{Xcp} – середня температура по колоні, °С;

M_{xcp} – середня мольна маса, кг/кмоль;

ρ_{xcp} – середня щільність рідкої фази, кг/м³;

ρ_A – щільність компонента А при температурі t_{Xcp} , кг/м³;

ρ_B – щільність компонента В при температурі t_{Xcp} , кг/м³;

μ_{xcp} – середня в'язкість, Па·с;

μ_A – динамічний коефіцієнт в'язкості компонента А, Па·с;

μ_B – динамічний коефіцієнт в'язкості компонента В, Па·с;

σ_{xcp} – середнє поверхове натяжіння, Н/м;

σ_A – поверхневий натяг компонента А, Н/м;

σ_B – поверхневий натяг компонента В, Н/м;

$D_{x(t)}$ – коефіцієнт дифузії при середній температурі, м²/с;

$D_{x(20)}$ – коефіцієнт дифузії при $t = 20$ °С, м²/с;

V_A – мольний об'єм компонента А, см³/моль;

V_B – мольний об'єм компонента В, см³/моль;

U_{cp}^H – середня мольна концентрація низько киплячого компонента в нижній частині колони, %(мол.);

U_{cp}^6 – середня мольна концентрація низько киплячого компонента у верхній частині колони, %(мол.);

U_W – мольна концентрація низько киплячого компонента в кубовому залишку, %(мол.);

U_F – мольна концентрація низько киплячого компонента у вихідній суміші, %(мол.);

U_P – мольна концентрація низько киплячого компонента в дистилаті, %(мол.);

U_{cp} – середня мольна концентрація низько киплячого компонента по колоні, %(мол.);

t_{Ycp} – середня температура по колоні, °С;

t_{Ycp}^6 – середня температура у верхній частині колони, °С;

t_{Ycp}^H – середня температура в нижній частині колони, °С;

- $M_{y\text{cp}}$ – середня мольна маса, кг/кмоль;
 $\rho_{y\text{cp}}$ – середня щільність, кг/м³;
 $\mu_{y\text{cp}}$ – середня в'язкість, Па·с;
 μ_{yA} – динамічний коефіцієнт в'язкості компонента А, Па·с;
 μ_{yB} – динамічний коефіцієнт в'язкості компонента В, Па·с;
 D_y – коефіцієнт дифузії для парової фази, м²/с;
 D_k^n – діаметр колони в нижньому перерізі, м;
 W_y – швидкість пару, м/с;
 β_{yf} – коефіцієнт масовіддачі в рідкій фазі, кмоль/(м²·с·кмоль/кмоль);
 Pr' – дифузійний критерій Прандтля, рівний;
 β_{yf} – коефіцієнт масовіддачі в паровій фазі, кмоль/(м²·с·кмоль/кмоль);
 Re_y – критерій Рейнольдса, який дорівнює;
 $H_{\text{кол}}$ – висота колони, м;
 n – число дійсних тарілок у колоні;
 h – відстань між тарілками, м;
 $H_{\text{сеп}}$ – висота сепараційної частини колони, м;
 $H_{\text{куб}}$ – висота кубової частини колон, м;
 ΔP_k – гідравлічний опір ректифікаційної колони, Па;
 ΔP_m – гідравлічний опір тарілки, Па;
 W_0 – швидкість пару в отворах тарілки, м/с;
 ζ – коефіцієнт опору, що залежить від вільного перетину отворів;
 d_0 – діаметр отворів, м;
 $h_{\text{пер}}$ – висота переливу, м;
 L – витрата рідкої фази, м³/год;
 $l_{\text{сл}}$ – довжина зливного борту, м;
 m – коефіцієнт витрати через перелив;
 d – діаметр штуцера, м;
 V_ϕ – об'ємна продуктивність потоку, м³/с;
 W_ϕ – швидкість руху потоку, м/с;

C_F' – питома теплоємність вихідної суміші, Дж/кг·К;

C_p' – питома теплоємність дистилляту при його середній температурі, $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$;

C_w' – питома теплоємність кубового залишку при його середній температурі, $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$;

G_F – продуктивність по вихідній суміші, кг/с;

$G_{z.n.}$ – продуктивність по вихідній суміші, кг/с;

r – питома теплота пароутворення;

F – поверхня теплообміну, м²;

Q – кількості тепла, передане від одного носія іншому, Вт;

K – коефіцієнт теплопередачі, Вт/м²·К;

Δt_{cp} – середня різниця температур, °С;

Q_D – кількість тепла, що віддається охолоджувальній воді при конденсації парів у дефлегматорі, Вт;

G_6 – витрата охолодної води, кг/с;

r_p – питома теплота паротворення дистилляту, кДж/кг;

C_B – питома теплоємність води, Дж/кг · К;

t_k – кінцева температура охолодної води, °С;

t_n – початкова температура охолодної води, °С;

$t_{p \text{ кін}}$ – кінцева температура дистилляту після холодильника, °С;

Q_K – кількість тепла, яку треба подати в куб колони, Вт;

C_w – питома теплоємність кубового залишку, Дж/кг · К;

C_p – питома теплоємність дистилляту, Дж/кг · К;

C_F – питома теплоємність вихідної суміші, Дж/кг · К;

$[\sigma]^{20}, [\sigma]^t$ – допустима напруга при 20°С та розрахунковій температурі, відповідно, МПа;

t_k – розрахункова температура апарату, °С;

P_k – тиск у сосуді під час дії запобіжного клапана, МПа;

P_p – розрахунковий тиск без урахування гідростатичного тиску, МПа;

P_z – гідростатичний тиск, МПа;

ρ_c – щільність середовища в апараті, кг/м³;

g – прискорення вільного падіння, м/с²;

H – висота середовища в апараті, м;

P – розрахунковий тиск, МПа;

P_{np} – пробний тиск, МПа;

P_u – розрахунковий тиск в умовах випробування, МПа;

ϕ – коефіцієнт міцності зварених швів;

C – прибавка до розрахункової товщини, мм;

C_1 – прибавка для компенсації корозії та ерозії, мм

C_2 – прибавка для компенсації мінусового допуску, мм

C_3 – прибавка технологічна, мм;

P – швидкість проникнення корозії, мм/рік;

τ – термін служби апарата, років;

C_e – прибавка для компенсації ерозії, мм;

S_p – розрахункова товщина стінки обичайки, мм;

S – виконавча товщина стінки обичайки, мм;

$[P]$ – допустимий внутрішній надлишковий тиск, МПа;

S_{1p} – розрахункова товщина стінки днища, мм;

S_1 – виконавча товщина стінки днища, мм;

ВСТУП

В хімічній, нафтохімічній та суміжних галузях промисловості для розділення гомогенної рідкої суміші застосовують ректифікацію. За допомогою ректифікації можна досягти будь яку ступінь розділення рідкої суміші. Для проведення процесу ректифікації у промисловості найбільше поширення отримали апарати колонного типу – тарілчасті ректифікаційні апарати. Найбільш привабливими для проведення ректифікації є тарілки сітчастого типу, тому що вони характеризуються легкістю монтажу та ремонту, низьким гідравлічним опором, простотою своєї будови та достатньо високою ефективністю.

Ректифікацію проводять в баштових колонних апаратах, які оснащують контактними пристроями (насадками або тарілками). В ректифікаційних колонах здійснюється багаторазовий контакт між потоками парової та рідкої фаз. Ректифікаційні колони працюють за рахунок різниці фактичної (робочої) концентрацій компонентів у паровій фазі від рівноваги для даного складу у рідкій фазі.

Під час ректифікації пара збагачена легколетучим (низькокиплячим) компонентам - ЛЛК, а рідина - труднолетучими (висококиплячими) компонентами - ТЛК. Рідина і пара рухаються, як правило, протитоком: пара - вгору, рідина - вниз, тому при достатній висоті колони у її верхній частині можна отримати практично чистий цільовий низькокиплячий компонент.

В залежності від температур кипіння розділяємих компонентів ректифікацію проводять під різним тиском: атмосферний для розділення компонентів що киплять при температурі 30-150 ° С, тиск більший за атмосферний застосовують для розділення рідин з низькими температурами кипіння. Ректифікація може проводитися безперервно або періодично. Колони для безперервної ректифікації складаються з двох частин: верхня - закріплююча, де пар "підсилюється" - збагачується ЛЛК, а нижня - вичерпна, де рідка суміш відганяється. Ректифікацію розділяють на

ректифікацію бінарних (двокомпонентних) і багатоконпонентних сумішей.

Метою дипломної роботи є:

1. Розробка ректифікаційної колони, визначення основних розмірів дефлегматора суміші.
2. Розрахунок на міцність дефлегматора вихідної суміші.

Для досягнення мети поставлені наступні задачі:

1. Провести аналітичний огляд з процесом перегонки рідини.
2. Розробити конструкцію колони ректифікації та технологічну схему.
3. Розробити конструкцію дефлегматора.
4. Підібрати конструкційні матеріали для виготовлення дефлегматора.
5. Визначити основні розміри колони та дефлегматора.
6. Провести розрахунок на міцність дефлегматора.
7. Обрати технологію виготовлення підігрівача.
8. Навести техніку безпеки при ремонті і експлуатації дефлегматора.

1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД.

1.1 Перегонка рідини

Перегонка рідин – процес розділення суміші на складові компоненти шляхом їх випаровування і подальшої конденсації. В результаті перегонки отримують рідину-конденсат, склад якої відрізняється від складу початкової суміші. Багаторазово повторюючи процес випаровування конденсату і конденсації, можна практично повністю розділити вихідну суміш на складові частини (компоненти). Процес перегонки залучається у тому, що рідини у складовій суміші, володіють різною температурою кипіння, тому склад пари, а отже і склад рідини, що виходить при конденсації пари, будуть відрізнятися від складу початкової суміші: низькокиплячого компонента в парі буде міститися більше, ніж висококиплячого. В невивареній рідині концентрація важкокиплячого компонента при цьому буде збільшуватися. У простому випадку перегонка майже не відрізняється від випарювання. Випарюванню піддаються розчини, що складаються з летючого розчинника і практично нелетючої розчиненої речовини, а при перегонці в пар переходять і розчинник, і розчинена речовина. Перегонка є одним з найважливіших технологічних процесів розділення і очищення рідин і зріджених газів в хімічній, нафтохімічній, фармацевтичній, харчовій та інших галузях промисловості. Перегонку розділяють на два основних види: просту перегонку (або дистиляцію) і ректифікацію. До простих перегонки відносять також перегонку з водяною парою, і молекулярну дистиляцію. Під простою перегонкою розуміють процес одноразового часткового випаровування вихідної суміші і конденсації утворених при цьому парів. Її застосовують для розділення сумішей, що представляють собою легколетючу речовину з деяким вмістом важколетючих речовин. Найчастіше просту перегонку використовують для попереднього розділення, очищення речовин від

домішок, смол, забруднень. При цьому сконденсовані пари називають дистилятом, а решту пропареної рідини - залишком. За допомогою простої перегонки неможливо розділити суміш на відносно чисті компоненти. Цього досягають ускладненим процесом перегонки — ректифікацією. Щоб здійснити процес ректифікації, між дистиляційним кубом і дефлегматором встановлюють ректифікаційну колону, в якій відбувається контакт потоку пари, що рухається вгору, і флегми, що стікає вниз. Зустрічні потоки пари і рідини у будь-якому перерізі колони нерівноважні, тому між ними існує перерозподіл компонентів у напрямку встановлення фазової рівноваги. Щоб забезпечити тісний контакт між парою і рідиною, в колонах встановлюють спеціальні пристрої — так звані тарілки, або контакт відбувається в шарі насадки, що заповнює колону. Здійснюючи багаторазовий контакт нерівноважних потоків парової і рідкої фаз, можна змінити їхній склад до бажаного ступеня. В цьому й полягає суть ректифікації. Ректифікацію здійснюють в установках періодичної або безперервної дії. В установках періодичної дії вихідну суміш заливають у дистиляційний куб, де її підігрівають до кипіння, а потім безперервно кип'ятять. Утворювана пара надходить у колону, зрошувану флегмою. Після чого пара потрапляє у дефлегматор де частково конденсується. Частина пари, що не сконденсувалася у дефлегматорі, надходить у конденсатор, конденсат (дистилят) з якого відводиться у збірник дистиляту. Ректифікацію проводять доти, доки рідина в кубі (кубовий залишок) не досягне заданого складу, або доки в ньому майже не залишиться низькокиплячого компонента. Після цього припиняють підігрівання кубової рідини, кубовий залишок вилучають, а куб знову заповнюють вихідною сумішшю, і процес знову повторюють. Ректифікаційні установки періодичної дії використовують найчастіше у виноробстві (виробництві коньяку) та на невеликих спиртових заводах. Недоліком установок періодичної дії є необхідність безперервного збільшення флегмового числа, тобто зменшення продуктивності установки для забезпечення заданого складу дистиляту, тоді як частка ЛЛК у кубі

безперервно зменшується. Недоліком також є нерівномірність у часі споживання установкою енергії та охолоджувального агента. В установках безперервної дії вихідну суміш (живлення) безперервно подають у колону і так само безперервно відводять дистилят з конденсатора і кубового залишку з кубової частини колони. Ректифікаційна колона в установках безперервної дії може бути повною, тобто має нижню, виснажну (відгонну) та верхню, концентраційну частини, або неповною, що має тільки виснажну, або тільки концентраційну частину. У виснажній частині повної колони ЛЛК вилучається з вихідної суміші за допомогою пари, що рухається протитечією. В концентраційній частині збільшується вміст ЛЛК в парі, що рухається вгору, за рахунок флегми. Вихідна суміш може надходити у вигляді пари або рідини. Місцем надходження вихідної суміші є межа між виснажною та концентраційною частинами. У неповну виснажну колону живлення подають тільки в рідкому стані на верхню тарілку, в неповну концентраційну колону — тільки у паровому стані під нижню тарілку. У повних і неповних концентраційних колонах зрошення здійснюють флегмою. Дистилят відбирають після повної або часткової конденсації пари в дефлегматорі. Зрошення неповної виснажної колони здійснюють рідким живленням, яке подають на верхню тарілку.

1.2 Апаратурне оформлення процесів перегонки рідини

1.2.1 Конструкції царгових тарілчастих колонних апаратів

Апарат 1.1 складається з кубової царги 1, однієї або кількох масообмінних царг 2, сепараційної царги 3 та кришки 4. Апарат установлюють усередині приміщень або на відкритому майданчику (на етажерці на опорних лапах 5 чи на циліндричній опорі 6).

В масообмінних царгах розташовують масообмінні тарілки 7. Одна або дві тарілки можуть бути розміщені в кубовій царзі. У сепараційній царзі розташовують сітчастий відбійник 8.

Апарат має штуцери: для введення пари або газу А; флегми або абсорбенту Б; живлення В; для виведення пари або газу Г; рідини на циркуляцію Е; для приєднання камери рівнеміра К; для регулятора рівня И; для вимірювання температури Л та тиску М, а також для дренажу Р.

В циліндричній опорі передбачені лази П.

Для вивірки вертикальності устанавлення апарата при монтажі передбачаються пристрої 9 у вигляді спеціальних шпильок, які устанавлюють по двом твірним корпусу апарата у взаємно перпендикулярних площинах (два зверху та два знизу).

Царгові колонні апарати з кількістю тарілок від 16 до 36, які устанавлюють на відкритому майданчику, розкріплюють по висоті апарата в етажерці.

Для колонних апаратів діаметром 400 мм при максимальній висоті H_{max} понад 10 м та діаметром 600 і 800 мм при H_{max} понад 15 м необхідно розкріплення апарата.

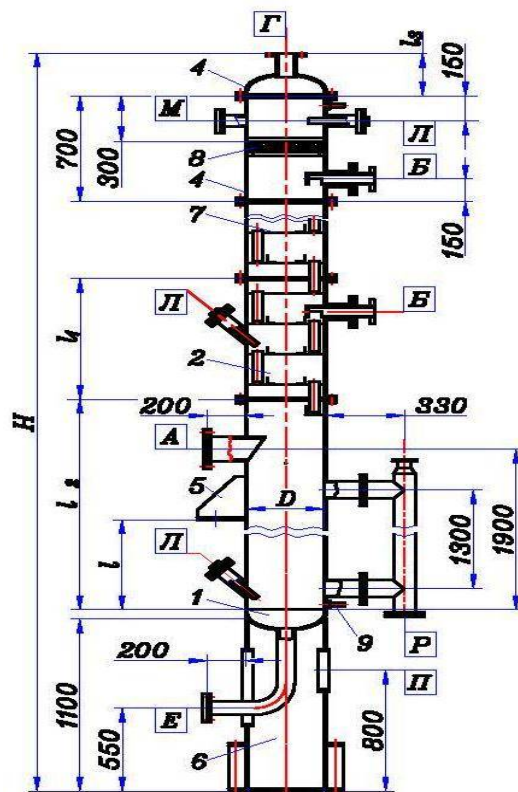


Рисунок 1.1 Царговий тарілчастий колонний апарат

1.2.2 Конструкції суцільнозварних тарілчастих колонних апаратів

Апарат (рис.1.2) складається із суцільнозварного корпусу 1, встановленого на циліндричній або конічній опорі 2. Тип опори визначається за розрахунком апарата на вітрове навантаження. Для вимірювання та регулювання рівня рідини у кубовій частині колонного апарата до нього приєднується камера рівноміра 3.

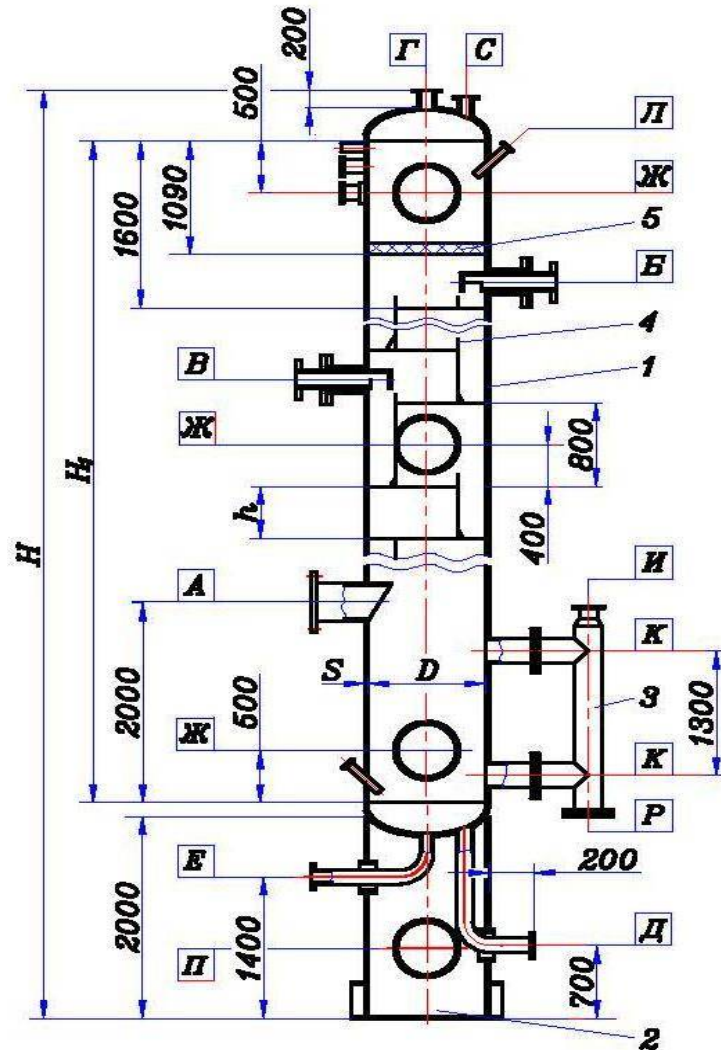


Рисунок 1.2 Суцільнозварний тарілчастий колонний апарат

Усередині апарата розміщуються масообмінні тарілки 4, кількість яких визначається технологічним розрахунком і приймається парною. У верхній частині апарата розташовується сітчастий відбійник 5, призначений для уловлювання краплинок рідини, які уносяться разом з парною.

Апарат має штуцери: для введення пари або газу А; флегми або абсорбенту Б; живлення В; для виведення пари або газу Г; для виведення кубового залишку Д; рідини на циркуляцію Е; для приєднання камери рівнеміра К; для регулятора рівня И; для вимірювання температури Л та тиску М (на рисунку не показано), а також для дренажу Р та резервний С.

Корпус колони має декілька люків Ж, а циліндрична (конічна) опора лази П.

Люки установлюють через шість тарілок для забруднених та через 12 тарілок для чистих середовищ.

Для вивірки вертикальності установлення апарата при монтажі передбачаються пристрої у вигляді спеціальних шпильок, які установлюють по двом твірним корпусу апарата, що розташовуються у взаємно перпендикулярних площинах (два зверху та два знизу).

1.2.3 Насадкові колонні апарати

Насадкові колонні апарати є досить широко поширеними в промисловості апаратами з безперервним контактом фаз, міжфазна поверхня у яких створюється тілами певного розміру та спеціальної форми.

Оптимальний режим роботи насадкових колон – режим емульгування – існує у порівняно невеликому інтервалі швидкостей потоків. Верхньою межею є захлипування колони, нижньою – зникнення газорідної емульсії. Тому режим емульгування необхідно стабілізувати. Це реалізується в колонних апаратах із затопленою насадкою.

1.2.4 Конструкції царгових колонних апаратів з насипною насадкою

Апарат 1.3 складається із кубової царги 1, кількох масообмінних царг 2-4, сепараційної царги 5 та кришки 6. Для каталожних колонних апаратів кількість масообмінних царг складає від однієї до трьох. Апарат установлюється на опорних лапах чи на циліндричній опорі.

Апарат має штуцери: для введення пари або газу А; флегми або абсорбенту Б; живлення В; для виведення пари або газу Г; рідини на циркуляцію Е; для приєднання камери рівнеміра К; для регулятора рівня І; для вимірювання температури Л, тиску М, а також для дренажу Р. Корпус колони має люки Ж, а циліндрична опора лази П.

Для вивірки вертикальності установлення апарата при монтажі передбачаються пристрої у вигляді спеціальних шпильок, які установлюють по двом твірним корпусу апарата, що розташовуються у взаємно перпендикулярних площинах (два зверху та два знизу).

Кубова царга складається з корпусу 1, циліндричної опори 2, камери рівнеміра 3 та пристрою для вивірення вертикальності (на рисунку не показаний).

Масообмінна царга з перерозподільною тарілкою та штуцером для вимірення температури складається з корпусу 1, опорної решітки під насадку 2, кронштейнів 3, перерозподільної тарілки 4 та люків 5.

Масообмінна царга з перерозподільною тарілкою та штуцером для введення живлення відрізняється від попередньої відсутністю штуцера для вимірювання температури та наявністю штуцера для введення

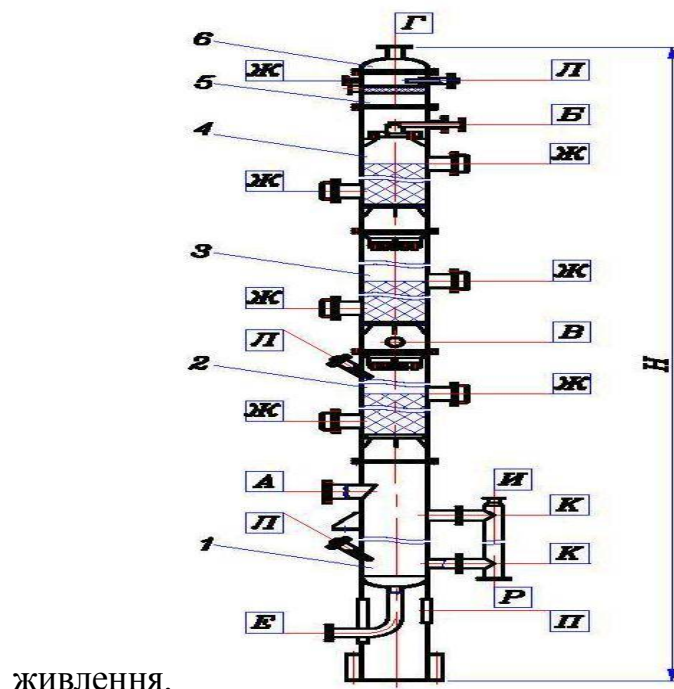


Рисунок 1.3 Царговий колонний апарат з насипною насадкою

Масообмінна царга з розподільною тарілкою відрізняється від попередньої наявністю розподільної тарілки замість перерозподільної та штуцером для введення флегми або абсорбенту, а також відсутністю штуцера для введення живлення.

Сепараційна царга складається із циліндричної обичайки 1, фланців 2, сітчастого відбійника 3, штуцерів для вимірювання тиску 4 та температури 5, стоповими пристроями 6 та пристроями для вивірення вертикальності.

1.2.5 Конструкції та основні розміри суцільнозварних колонних апаратів з насипною насадкою

Апарат 1.4 складається із суцільнозварного корпусу 1, встановленого на циліндричній або конічній опорі 2, камери рівнеміра 3, опорних решіток 4, розподільної тарілки 5, перерозподільних тарілок 6, сітчастого відбійника 7, який призначається для уловлювання краплинок рідини, що уносяться разом з парою (газом).

У верхній частині апарата розташовуються монтажні цапфи або штуцери.

Апарат має штуцери для введення пари (газу) А, флегми (в ректифікаційних колонних апаратах) або абсорбенту Б, живлення В, для виведення пари (газу) Г, кубового залишку Д та рідини на циркуляцію Е, для приєднання колонки рівнеміра К, регулятора рівня И, дренажу Р, штуцери для вимірювання температури Л та тиску М. Апарат також має люки Ж та лази П.

Для вивірки вертикальності встановлення апарата при монтажі передбачаються пристрої у вигляді спеціальних шпильок, які встановлюють по двом твірним корпусу апарата, що розташовуються у взаємно перпендикулярних площинах (два зверху та два знизу).

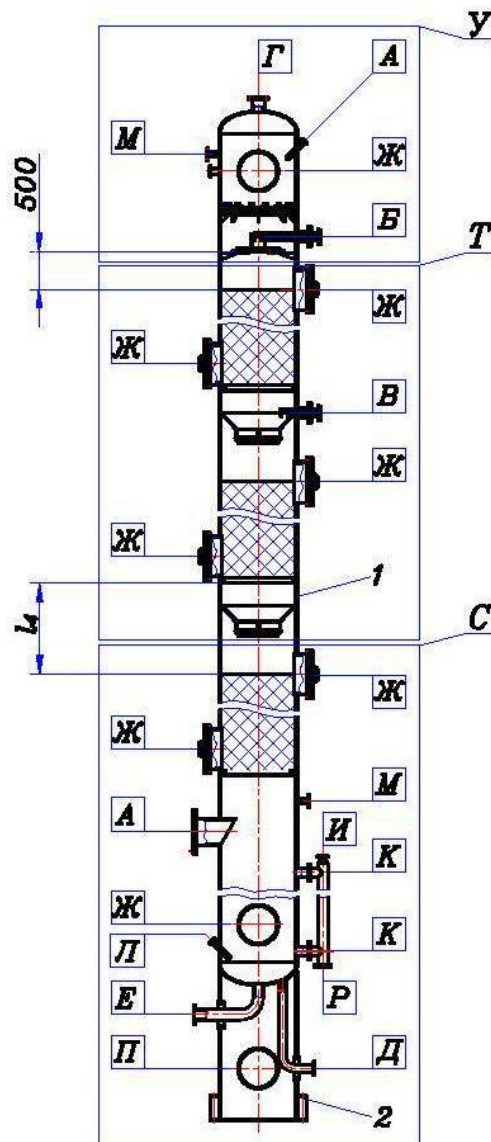


Рисунок 1.4. Суцільнозварний колонний апарат з насипною насадкою

1.3 Конструкції теплообмінного обладнання

Кожухотрубчасті теплообмінні апарати з нерухомими трубними решітками найпростіші за конструкцією, вони зручні при експлуатації та ремонті. Проте їх застосування обмежено невеликою різницею температур кожуха та теплообмінних труб (до 30-60 °С), ще один їхній недолік неможливістю механічної очистки зовнішньої поверхні труб. Кожухотрубчасті теплообмінні апарати з температурним компенсатором на кожусі

застосовуються при більш високих різницях температур, але при цьому знижується умовний тиск у міжтрубному просторі та декілька ускладнюється конструкція апарата.

Кожухотрубчасті теплообмінники типів ТН і ТК застосовуються для теплообмінювальних середовищ з температурою від мінус 70 до плюс 350

1.3.1 Конструкції кожухотрубчастих теплообмінників

з нерухомими трубними решітками та температурним компенсатором на кожусі

Кожухотрубчасті теплообмінники з нерухомими трубними решітками та апарати з температурним компенсатором на кожусі бувають горизонтальні і вертикальні, вони складаються з трубного пучка, розподільної камери та кришки (якщо теплообмінник багатологовий по трубному просторі), які з'єднуються між собою за допомогою фланців. Апарати обладнуються штуцерами для підведення та відведення робочих середовищ, нарізними пробками або штуцерами для спорожнення трубного та міжтрубного просторів, а також штуцерами- повітряниками, які встановлюються в нижніх та верхніх точках відповідних порожнин. Штуцери для введення та виведення середовищ повинні мати відповідні фланці. Апарати з температурним компенсатором на кожусі обладнуються лінзовим компенсатором, він призначений для зниження температурних напружень, що виникають в трубах та кожусі в під час роботи. Горизонтальні апарати встановлюються на сидлових опорах, одна з яких нерухома, а друга – рухома (ковзна). Вертикальні апарати встановлюються на опорних лапах.

Вибір матеріалу для виготовлення частин теплообмінника залежить від розрахункових тисків та температур, а також від корозійних властивостей робочих середовищ у відповідних порожнинах теплообмінників.

При роботі кожухотрубчастих теплообмінників типів ТН і ТК в їхніх елементах виникають температурні напружини, обумовлені різними температурами і коефіцієнтами лінійного розширення матеріалів труб та кожуха, що обмежує галузь їхнього застосування. Якщо різниця температур кожуха та труб перевищує допустимі значення, слід вибрати теплообмінник з температурним (лінзовим) компенсатором на кожусі.

1.3.2 Кожухотрубчасті теплообмінні апарати з розширником

на кожусі

Кожухотрубчасті теплообмінні апарати з розширником на кожусі є модифікацією апаратів з нерухомими трубними решітками і температурним компенсатором на кожусі .

Вони мають всі переваги апаратів з нерухомими трубними решітками, але разом з тим забезпечують підвищення теплової ефективності порівняно з ними за рахунок:

- збільшення поверхні теплообміну завдяки більш повному заповненню міжтрубного простору внаслідок введення розширників в районі штуцерів та застосування труб із завуженими кінцями в рядах біля подовжніх перегородок в розподільній камері;

- збільшення коефіцієнта теплопередачі завдяки спрямуванні спеціальними кільцевими відбійниками середовища міжтрубного простору на трубну решітку. В цьому випадку виключаються застійні зони, і в теплообміні бере участь вся поверхня.

Кожухотрубчасті теплообмінники з розширником на кожусі горизонтальні та вертикальні складаються з трубного пучка, кришки, розподільної камери(якщо теплообмінник багатходовий по трубному простору). Апарати мають штуцери для підведення і відведення робочих середовищ, штуцери для спорожнення трубного та міжтрубного просторів, а також штуцери-

повітряники. В кожусі апарата в зонах розміщення штуцерів для введення та виведення робочих середовищ вварені спеціальні розширники.

Апарати з температурним компенсатором на кожусі обладнуються лінзовим компенсатором, призначеним для зниження температурних напружин, які виникають в трубах та кожусі при його роботі. Горизонтальні апарати встановлюються на сідлових опорах, одна з яких нерухома, друга – рухома (ковзна), вертикальні апарати встановлюються на опорних лапах.

1.3.3 Конструкції кожухотрубчастих теплообмінників з плаваючою головкою та U-подібними

Кожухотрубчасті теплообмінні апарати з плаваючою головкою (тип ТП) застосовуються при практично необмеженій різниці температур труб і кожуха а також в тому випадку, якщо необхідна чистка зовнішньої (при розміщенні теплообмінних труб по вершинам квадратів) та внутрішньої поверхонь труб. В цих апаратах можлива також заміна пошкоджених труб. Разом з тим апарати типу ТП відрізняються більш складною конструкцією від апаратів типів ТН і ТК.

Конструкції кожухотрубчастих теплообмінників з плаваючою головкою.

Кожухотрубчасті теплообмінники з плаваючою головкою горизонтальні та вертикальні складаються із корпусу, трубного пучка, розподільної камери, кришки розподільної камери, кришки і плаваючої головки .

Апарати обладнуються штуцерами для підведення та відведення робочих середовищ; штуцерами або бобишками для спорожнення трубного та міжтрубного просторів, а також штуцерами-повітряниками або бобишками, які встановлюються в нижніх та верхніх точках відповідних порожнин. Горизонтальні апарати встановлюються на сідлових опорах, одна з яких нерухома, а друга – рухома (ковзна). Вертикальні апарати встановлюються на опорних лапах.

Апарати типу ТП із внутрішнім діаметром кожуха 800 мм і більше, мають пристрій, який полегшує монтаж та демонтаж трубного пучка.

Кожухотрубчасті теплообмінні апарати з U-подібними трубами

Кожухотрубчасті теплообмінні апарати з U-подібними трубами застосовуються при більшій різниці температур труб і кожуха ніж апарати з температурним компенсатором на кожусі і при відсутності необхідності чистки зовнішньої та внутрішньої поверхонь труб. В цих апаратах практично неможлива заміна пошкоджених труб. Разом з тим апарати типу ТУ відрізняються більш простою конструкцією порівняно з апаратами типу ТП.

Конструкції кожухотрубчастих теплообмінників з U-подібними трубами

Кожухотрубчасті теплообмінники з U-подібними трубами горизонтальні складаються з трубного пучка, розподільної камери і кожуха.

Апарати мають штуцери для підведення і відведення робочих середовищ; штуцерами для спорожнення трубного і міжтрубного просторів, а також штуцерами-повітряниками, які встановлюються в нижніх та верхніх точках відповідних порожнин. Апарати встановлюються на сідлових опорах, одна з яких нерухома, а друга – рухома (ковзна).

2. ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ТА КОНСТРУКЦІЇ КОЛОНИ, ДЕФЛЕГМАТОРА.

Колона ректифікації та дефлегматор є складовими частинами апаратурного оформлення процесу ректифікації. Вони відносяться до основного обладнання. Технологічна схема ректифікаційної установки представлена на рис 2.1 До її складу входять:

- видаткова ємність – E1;
- відцентровий насос;
- підігрівач -П;
- кип'ятильник -К;
- ректифікаційна колона -КР;
- дефлегматор -Д;
- роздільник -Р;
- холодильник –Х7;
- приймальна ємність –Е3;
- холодильник –Х1;
- приймальну ємність –Е2.

Вихідна суміш з видаткової ємності (У1) відцентровим насосом подається на підігрівач (П), де нагрівається до температури кипіння і надходить на живильну тарілку ректифікаційної колони (КР). Стікаючи по тарілках рідину, потрапляє в куб, з якого надходить у кип'ятильник (К). З кип'ятильника пари рідини поступають в нижню частину колони і рухаються назустріч вихідної суміші, барботирую через неї і збагачуючись низькокиплячі компонентом. Виходячи з колони пари, потрапляють в дефлегматор (Д) і конденсуються. Дистилат надходить в роздільник (Р), де розділяється на два потоки: одна частина в якості флегми повертається в колону і стікає по тарілках вниз,

збагачуючись при цьому висококиплящим компонентом, а інша частина надходить у холодильник (X7), охолоджується і потрапляє в приймальну ємність (E3). По мірі роботи частина рідини з куба відводиться в холодильник (X1) і надходить у приймальну ємність (E2) як кубовий залишок.

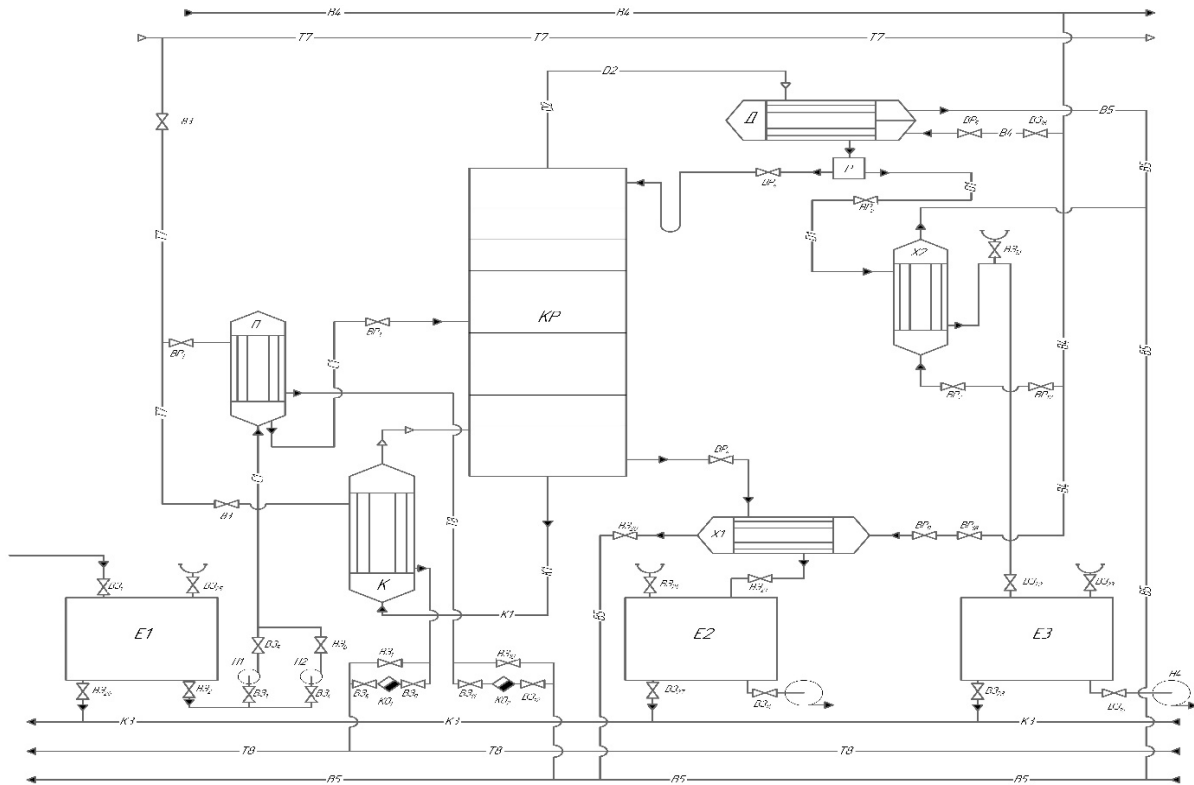


Рис. 2.1 Технологічна схема ректифікаційної установки

Дефлегматор зображено на рис 2.1 . Він призначений для конденсації пари і складається з труб та трубної решітки, кожуха та розподільної камери. У міжтрубний простір дефлегматора подається пара з колони ректифікації де вона конденсується за допомогою води яку подають у трубний простір.

3. КОНСТРУКЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕФЛЕГМАТОРА.

Через широкий діапазон робочих тисків та температур середовищ, а також різноманітність їхніх властивостей, до сучасних теплообмінних апаратів пред'являються такі основні вимоги:

- конструкція апарата має бути технологічною, надійною протягом передбаченого технічною документацією строку служби, забезпечувати безпеку при виготовленні, монтажі та експлуатації, передбачати можливість огляду (у тому числі внутрішньої поверхні), очистки, промивки, продувки та ремонту;
- застосування конкретного типорозміру апарата повинно забезпечувати передачу потрібної кількості тепла від одного середовища до іншого з отриманням необхідних кінцевих температур кожного робочого середовища при заданому рівні гідравлічних опорів.

Одна з основних ознак класифікації теплообмінних апаратів – за конструкцією - апарати з поверхнею теплообміну, виготовлюваною з труб (кожухотрубчасті, “труба в трубі”, зрошувальні, повітряного охолодження, занурювальні змійовикові); апарати, поверхня теплообміну яких виконується з листового прокату (пластинчасті, спіральні) та апарати, що виготовляються з неметалевих матеріалів.

Згідно з каталогом обираю матеріальне виконення М11, для розподільної камери та кришки обираю сталь СтЗсп5, а для кожуха, теплообмінних труб, трубної решітки та перегородок обираю Сталь марки 10Х17Н13М2Т.

4. ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ РОЗМІРІВ КОЛОНИ ТА ДЕФЛЕГМАТОРА.

4.1. Визначення продуктивності за дистиллятом та кубовим залишком

Продуктивність колони ректифікації за дистиллятом визначають за формулою:

(4.1)

Продуктивність колони за кубовим залишком визначають із рівнянням:

$$G_W = G_F - G_D = 6000 - 2394,98 = 3605,02 \text{ кг/ч} = 1,001 \text{ кг/с.} \quad (4.2)$$

Перевірка:

$$6000 \cdot 0,4 = 2394,98 \cdot 0,975 + 3605,02 \cdot 0,018$$

$$2400 = 2335,11 + 64,89$$

$$2700 = 2700$$

4.2 Визначення мінімального та дійсно числа флегми

Перераховують концентрації потоків з масової долі у мольні долі за формулою

де x_A – мольна доля низькокиплячого компонента А у бінарній суміші;

–

– масова доля низькокиплячого компонента А у бінарній суміші;

M_A, M_B – мольні маси відповідно компонентів А и В.

Мольні маси: метилового спирту – 32 кг/кмоль; вода – 18 кг/кмоль.

Тоді концентрація вихідної суміші:

дистиляту:

кубового залишку:

Мінімальне число флегми визначають графоаналітичним способом. Для цього на основі дослідних даних, див. табл. 1.1, в координатах у–х будують рівноважну криву для суміші сірковуглець -чотирихлористий вуглець при

атмосферному тиску (рис. 4.1) та криву залежності температур кипіння та конденсації від складу рідини та пари (рис. 4.2).

Таблиця 1.1.

Рівноважні дані для суміші метиловий сірковуглець–
чотирихлористий вуглець

Вміст сірковуглецю (компонента А), мол. %		Температура кипіння, t, °C
у рідині (x)	у парі (y)	
0	0,0	76,7
5	13,2	73,7
10	24	71
20	42,3	66
30	54,4	62,3
40	64,5	59
50	72,6	56,1
60	79,1	53,7
70	84,8	51,6
80	90,1	49,6

Вміст сірководню (компонента А), мол. %		Температура кипіння, t, °C
у рідині (x)	у парі (y)	
90	95	47,9
100	100,0	46,3

На діаграмі $y - x$ з точки 1, координати якої (x_D, y_D) , через точку 2' з координатами (x_F, y_F^*) проводять пряму лінію до перехрещення з віссю ординат Oy . Відрізок, який відсікає пряма лінія на вісі Oy , позначають через $V_{\max} = 0,5$. Звідси знаходять мінімальне флегмове число:

$$R_{\min} = \frac{x_D}{V_{\max}} = 98 \cdot \frac{7}{50} = 0.974 \quad (4.4)$$

Якщо урахувати знаний коефіцієнту надлишку флегми K_R та задіяти рівняння, можна знайти робоче (дійсне) флегмове число

$$R = K_R \cdot R_{\min} = 2 \cdot 0.974 = 1.948 \quad (4.5)$$

На діаграмі $y - x$ наносять лінії робочих концентрацій (робочі лінії) для робочого флегмового числа $R = 1,23$ (див. рис. 4.1). Для цього на вісі ординат Oy відкладають відрізок

$$V = \frac{x_D}{R + 1} = \frac{0.987}{1.948 + 1} = 0.3348 \quad (4.6)$$

кінець якого з'єднують з точкою 1, яка має координати $(x_D = y_D)$. Точку перехрестя цієї прямої з вертикальною лінією, яка установлена в точці x_F вісі абсцис, позначають точкою 2, що має координати (x_F, y_F) . Та, кінець кінцем, точку 2 з'єднують з точкою 3 $(x_W = y_W)$. Лінії 1-2 та 2-3 є відповідно робочими лініями для верхньої та нижньої частин ректифікаційної колони.

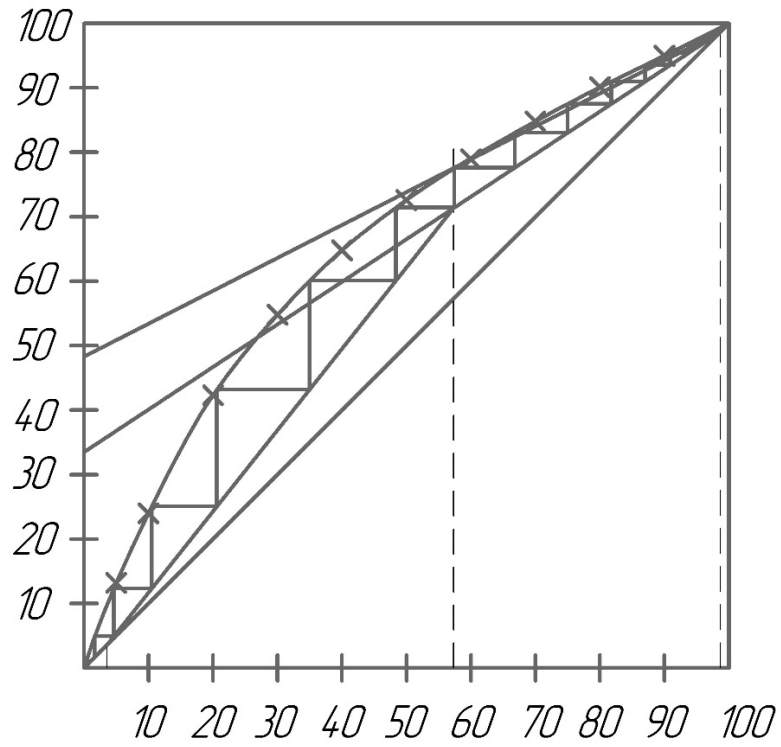


Рисунок 4.1 – Визначення кількості теоритичних тарілок на діаграммі $y - x$.

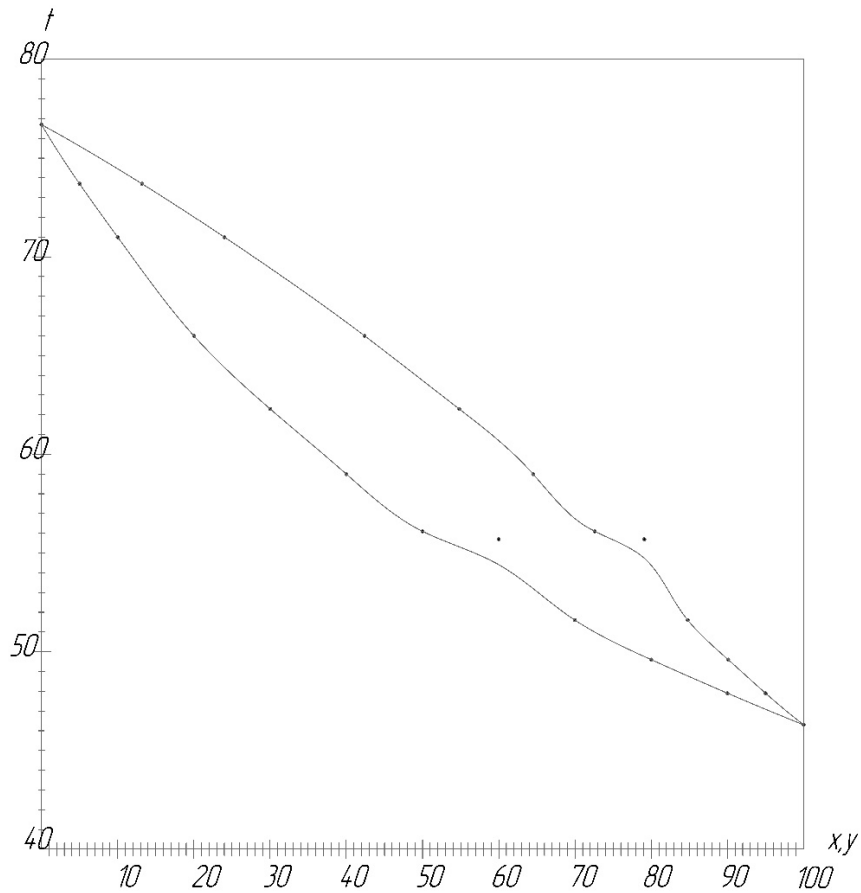


Рисунок 4.2 – Залежність температури кипіння та конденсації від складу рідини і пари.

4.3. Визначення середніх значень параметрів колони, фізико-хімічних та термодинамічних констант фаз

Рідка фаза.

Середня мольна концентрація для нижньої частини колони:

$$x_{сеп}^n = \frac{x_W + x_F}{2} = \frac{0,0357 + 0,573}{2} = 0,304 . \quad (4.7)$$

Середня мольна концентрація для верхньої частини колони:

$$x_{сеп}^6 = \frac{x_F + x_D}{2} = \frac{0,573 + 0,987}{2} = 0,78 .$$

Середня мольна концентрація в колоні:

$$x_{сеп} = \frac{x_{сеп}^n + x_{сеп}^6}{2} = \frac{0,304 + 0,78}{2} = 0,542$$

Середня масова концентрація в колоні:

(4.8)

–

Середня температура у нижньої частини колони:

$$t_{x \text{ сеп}}^H = \frac{t_{XW} + t_{XF}}{2} = \frac{98,8 + 77,4}{2} = 88,1 \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (4.9)$$

Середня температура у верхньої частини колони:

$$t_{x \text{ сеп}}^e = \frac{t_{XF} + t_{XD}}{2} = \frac{74,7 + 54,2}{2} = 64,45 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Середня температура у колоні:

$$t_{x \text{ сеп}} = \frac{t_{x \text{ сеп}}^H + t_{x \text{ сеп}}^e}{2} = \frac{88,1 + 64,45}{2} = 76,275 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Значення t_{XW} , t_{XF} , t_{XP} взяті із діаграми $t - x$, y (див. рис. 4.1).

Середня мольна маса

$$M_{x \text{ сеп}} = M_A \cdot x_{\text{сеп}} + M_B \cdot (1 - x_{\text{сеп}}), \quad (4.10)$$

$$M_{x \text{ сеп}} = 76,13 \cdot 0,542 + 153,84 \cdot (1 - 0,542) = 111,721 \text{ кг/кмоль}.$$

Середня густина рідини визначається за формулою:

$$(4.11)$$

де ρ_A и ρ_B – густина компонентів А та В при температурі $t_{x \text{ сеп}}$.

$$\rho_A = 1523,425 \text{ кг/м}^3, \rho_B = 1203,918 \text{ кг/м}^3, \text{ при } t_{x \text{ сеп}} = 76,275 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\rho_{x \text{ сеп}} = \frac{1523,425 \cdot 1203,918}{1203,918 \cdot 0,3693 + 1523,425(1 - 0,3693)} = 1308,496 \text{ кг/м}^3.$$

Середню в'язкість розраховують за рівнянням:

$$\lg \mu_{x \text{ сер}} = x_{\text{сер}} \cdot \lg \mu_A + (1 - x_{\text{сер}}) \cdot \lg \mu_B, \quad (4.12)$$

де μ_A и μ_B – динамічні коефіцієнти в'язкості компонентів А та В, Па·с.

$\mu_A = 0,254$ мПа·с, $\mu_B = 0,604$ мПа·с при $t_{\text{сер}} = 57,625$ °С

$$\lg \mu_{x \text{ сер}} = 0,542 \cdot \lg 0,254 + (1 - 0,542) \cdot \lg 0,604 = -0,4228$$

$$\mu_{x \text{ сер}} = 0,377 \text{ мПа} \cdot \text{с} = 0,377 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}.$$

Середню силу поверхневого натягу визначають за рівнянням:

$$\sigma_{x \text{ сер}} = \sigma_A \cdot x_{\text{сер}} + \sigma_B \cdot (1 - x_{\text{сер}}), \quad (4.13)$$

де σ_A и σ_B – сили поверхневих натягів компонентів А та В, Н/м.

$\sigma_A = 26,84 \cdot 10^{-3}$ Н/м, $\sigma_B = 22,29 \cdot 10^{-3}$ Н/м при $t_{x \text{ сер}} = 57,625$ °С

$$\sigma_{x \text{ сер}} = 26,84 \cdot 10^{-3} \cdot 0,542 + 22,29 \cdot 10^{-3} (1 - 0,542) = 24,75 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}.$$

Коефіцієнти дифузії при середній температурі $t_{x \text{ сер}}$ визначають за рівнянням :

$$D_x(t) = D_x(20) [1 + b \cdot (t - 20)], \quad (4.14)$$

де $D_x(20)$ – коефіцієнт дифузії при $t = 20$ °С, м²/с;

$b = \frac{0,2\sqrt{\mu}}{\sqrt[3]{\rho}}$, тут μ [мПа·с] и ρ [кг/м³] – в'язкість та густина розчинника

при $t = 20$ °С;

$t = t_{x \text{ сер}}$.

Коефіцієнт дифузії при 20 °С розраховують за емпіричним рівнянням :

$$D_{x(20)} = \frac{1 \cdot 10^{-6}}{A \cdot B \cdot \sqrt{\mu} (V_A^{1/3} + V_B^{1/3})^2} \cdot \sqrt{\frac{1}{M_A} + \frac{1}{M_B}},$$

де V_A и V_B – мольні об'єми компонентів А и В, см³/моль;

А, В – коефіцієнти, які залежать від властивостей компонентів, А = 1; В = 1.

$$b = \frac{0,2 \cdot \sqrt{\mu}}{\sqrt[3]{\rho}} = \frac{0,2 \cdot \sqrt{0,97}}{\sqrt[3]{1594}} = 0,01. \quad (4.15)$$

Мольні об'єми компонентів:

$$V_A = 66 \text{ см}^3/\text{моль};$$

$$V_B = 64 \text{ см}^3/\text{моль}.$$

$$D_{x(20)} = \frac{1 \cdot 10^{-6}}{1 \cdot 41 \cdot \sqrt{0,97} (66^{1/3} + 64^{1/3})^2} \cdot \sqrt{\frac{1}{76,13} + \frac{1}{153,84}} = 2,19 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}.$$

$$D_{x(t)} = 2,19 \cdot 10^{-9} \cdot [1 + 0,01 \cdot (57,625 - 20)] = 3,013 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}.$$

Парова фаза.

Середня мольна концентрація у нижній частині колони:

$$y_{сер}^n = \frac{y_W + y_F}{2} = \frac{0,0357 + 0,573}{2} = 0,304.$$

Середня мольна концентрація у верхній частині колони:

$$y_{сер}^e = \frac{y_F + y_D}{2} = \frac{0,573 + 0,987}{2} = 0,78.$$

Середня мольна концентрація у колоні:

$$y_{\text{сер}} = \frac{y_{\text{сер}}^H + y_{\text{сер}}^6}{2} = \frac{0,78 + 0,304}{2} = 0,542.$$

Середня температура у нижній частині колоні:

$$t_{y_{\text{сер}}}^H = 69 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Середня температура у верхній частині колоні:

$$t_{y_{\text{сер}}}^6 = 54,2 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Температури $t_{y_{\text{сер}}}^H$, $t_{y_{\text{сер}}}^6$ вишукані з діаграми $t - x$, у

Середня температура у колоні:

$$t_{y_{\text{сер}}} = \frac{t_{y_{\text{сер}}}^H + t_{y_{\text{сер}}}^6}{2} = \frac{69 + 54,2}{2} = 61,6 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Середня мольна маса

$$\begin{aligned} M_{y_{\text{сер}}} &= M_A \cdot y_{\text{сер}} + M_B \cdot (1 - y_{\text{сер}}) = 76,13 \cdot 0,542 + 153,84 \cdot (1 - 0,542) = \\ &= 111,721 \text{ кг/кмоль.} \end{aligned}$$

Середня густина:

$$\rho_{y_{\text{сер}}} = \frac{M_{y_{\text{сер}}}}{22,4} \cdot \frac{P}{P_o} \cdot \frac{T_o}{T}, \quad (4.16)$$

де $T = 273 + t_{y_{\text{сер}}}$, $^\circ\text{C}$; $P = 1 \text{ кгс/см}^2$ (тиск в колоні атмосферний).

$$\rho_{y \text{ сеп}} = \frac{111,721}{22,4} \cdot \frac{1}{1,033} \cdot \frac{273}{(273 + 61,6)} = 3,934 \text{ кг/м}^3.$$

Середня в'язкість:

$$\frac{M_{y \text{ сеп}}}{\mu_{y \text{ сеп}}} = \frac{y_{\text{сеп}} \cdot M_A}{\mu_{yA}} + \frac{(1 - y_{\text{сеп}}) \cdot M_B}{\mu_{yB}}, \quad (4.17)$$

де μ_{yA} и μ_{yB} – динамічні коефіцієнти в'язкості пари компонентів А та В;

$$\mu_{yA} = 12,262 \cdot 10^{-5} \text{ Па}\cdot\text{с}, \quad \mu_{yB} = 11,96 \cdot 10^{-5} \text{ Па}\cdot\text{с}.$$

$$\frac{111,74}{\mu_{y \text{ сеп}}} = \frac{0,542 \cdot 76,13}{12,262 \cdot 10^{-5}} + \frac{(1 - 0,542) \cdot 153,84}{11,96 \cdot 10^{-5}},$$

$$\mu_{y \text{ сеп}} = 12,074 \cdot 10^{-5} \text{ Па}\cdot\text{с}.$$

Коефіцієнт дифузії для паровій фази визначають за рівнянням:

$$D_y = \frac{4,3 \cdot 10^{-7} \cdot T^{3/2}}{P \cdot (V_A^{1/3} + V_B^{1/3})^2} \cdot \sqrt{\frac{1}{M_A} + \frac{1}{M_B}}, \quad (4.18)$$

де $P = 1 \text{ кгс/см}^2$ (тиск у колоні атмосферний);

$$T = 273 + t_{y \text{ сеп}}, \text{ } ^\circ\text{C}.$$

$$D_y = \frac{4,3 \cdot 10^{-7} \cdot 334,6^{3/2}}{1 \cdot (66^{1/3} + 64^{1/3})^2} \cdot \sqrt{\frac{1}{76,13} + \frac{1}{153,84}} = 5,699 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}.$$

4.4. Визначення діаметру колони

Витрата пари, яка підіймається колоною, може бути розрахована як

$$V_y = \frac{G_y}{\rho_{y \text{ сеп}}} = \frac{G_D \cdot (R+1)}{\rho_{y \text{ сеп}}} = \frac{2394,98 \cdot (1,948 + 1)}{3600 \cdot 3,934} = 0,498 \text{ м}^3/\text{с}. \quad (4.19)$$

Попередньо приймаємо відстань між тарілками $h = 300$ мм.

Тоді діаметр колони

$$D = \sqrt{\frac{V_y}{0,785 \cdot W}} = \sqrt{\frac{0,498}{0,785 \cdot 1}} = 0,79 \text{ м.} \quad (4.20)$$

Приймаємо стандартне значення діаметра колони $D = 0,8$ м та уточнюємо швидкість пари у колоні:

$$W = \frac{V_y}{0,785 \cdot D^2} = \frac{0,498}{0,785 \cdot 0,8^2} = 0,991 \text{ м/с.} \quad (4.21)$$

4.5. Визначення висоти колони

Число дійсних тарілок, які забезпечують задану чіткість розділення, визначають шляхом побудування "ступенів" між робочими лініями и кінетичною кривою. Число ступенів в межах концентрацій $x_W \div x_D$ рівно числу дійсних тарілок.

У результаті побудування получаять число дійсних тарілок $n = 17$, тарілка живлення 8-а знизу.

Висоту колони визначають за рівнянням:

$$H = (n - 1) \cdot h + H_{\text{сеп}} + H_{\text{куб}} = (17 - 1) \cdot 0,5 + 0,8 + 2,0 = 10,8 \text{ м.} \quad (4.22)$$

4.6 Розрахунок дефлегматора (конденсатора).

Витрата теплоти, що віддається охолоджуючій воді при конденсації пари в дефлегматорі, визначають із рівняння теплового балансу дефлегматора:

$$Q_D = G_D \cdot (R + 1) \cdot r_D = G_B \cdot C_B \cdot (t_k - t_n), \quad (4.23)$$

де

(4.24)

Питомі теплоти пароутворення сірковуглецю r_A та чотирихлористого вуглецю r_B при $t_{XD}=47,4$ °С:

$$r_A = 359,88 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}; r_B = 209,98 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

$$r_D = 0,987 \cdot 359,88 + (1 - 0,978) \cdot 209,98 = 359,82 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

$$Q_D = \frac{2394,98}{3600} \cdot (1,948 + 1) \cdot 359,82 \cdot 10^3 = 0,7 \cdot 10^6 \text{ Вт.}$$

Приймаємо температуру охолоджуючої води на виході з дефлегматора 25°С, тоді витрата охолоджуючої води

$$G_B = \frac{Q_D}{c_w \cdot (t_k - t_n)} = \frac{0,7 \cdot 10^6}{4190 \cdot (25 - 12)} = 7,26 \text{ кг/с.}$$

Середня різниця температур при протитечній схемі руху теплоносіїв:

$$47,4^\circ\text{C} \longrightarrow 47,4^\circ\text{C}$$

$$25^\circ\text{C} \longleftarrow 12^\circ\text{C}$$

Більша різниця температур:

$$\Delta t_{\delta} = 47,4 - 12 = 35,4^\circ\text{C};$$

менша різниця температур:

$$\Delta t_{\text{м}} = 47,4 - 25 = 22,4^\circ\text{C}.$$

Так як $\frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\text{м}}} = \frac{35,4}{22,4} = 1,58 < 2$, то

$$\Delta t_{\text{сеп}} = \frac{\Delta t_{\delta} + \Delta t_{\text{м}}}{2} = \frac{35,4 + 22,4}{2} = 28,9^\circ\text{C}.$$

Приймаю орієнтовно коефіцієнт теплопередачі $K=500 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$
Поверхня теплообміну дефлегматора:

$$F = \frac{Q_d}{K \cdot \Delta t_{сер}} = \frac{0,7 \cdot 10^6}{500 \cdot 46,5} = 30,10 \text{ м}^2. \quad (4.25)$$

Вибирають двоходовий кожухотрубчастий теплообмінник із наступними характеристиками:

- діаметр кожуха 600 мм;
- труба $\text{Ø } 25 \times 2$ мм;
- кількість труб в теплообміннику 248 шт.;
- довжина труб 2 м;
- поверхня теплообміну 38 м^2 .

5. АНАЛІЗ ВПЛИВУ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ КОНТАКТНИХ ПРИСТРОХІВ НА РОЗМІРИ КОЛОННОГО АПАРАТА

Дипломна робота комплексна робота, яка виконувалась групою студентів з сумішшю сіровуглець- чотирьоххлористий вуглець. В якості оснащення ректифікаційної колони запропоновані сітчасті тарілки з отворами d_0 - 3,5,12 та 20 мм. Необхідно довести що розмір отворів сітчастої тарілки впливає на об'єм ректифікаційної колони.

Розрахунок об'єму колони проводився за формулами:

$$N_d = \frac{n_T}{\eta}, \quad (5.1)$$

$$H = (n_d - 1) \cdot h, \quad (5.2)$$

$$S = \frac{\pi \cdot D_{роз}^2}{4}, \quad (5.3)$$

$$V = H \cdot S, \quad (5.4)$$

де n_T – число дійсних тарілок, м;

n_d – число дійсних тарілок; η – коефіцієнт корисної дії;

H – висота тарілчастої частини колони, м;

h – 0.5 м , відстань між тарілками, м;

$D_{\text{роз}}$ – розрахунковий діаметр колони, м;

S – площа поперечного перерізу колони, м²;

V – ефективний об'єм, м³;

Дані для визначення оптимального діаметру отворів зазначено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Залежність об'єму колони від діаметру отворів в сітчастих тарілках

d_0 , мм	3	5	12	20
V , м ³	4,99	3,91	2,09	3,73

Графік залежності ефективного об'єму ректифікаційної колони від діаметру отворів в сітчастих тарілках рис. 5.1., за його допомогою визначаємо що оптимальний розмір отворів $d_0=13$. мм

Оптимальний розмір діаметру отворів сітчастої тарілки може бути виправданим з економічної точки зору. Так відношення об'єму колони з діаметром отворів 20мм до об'єму колони з діаметром отворів $d_{\text{опт}} =13$ мм складає

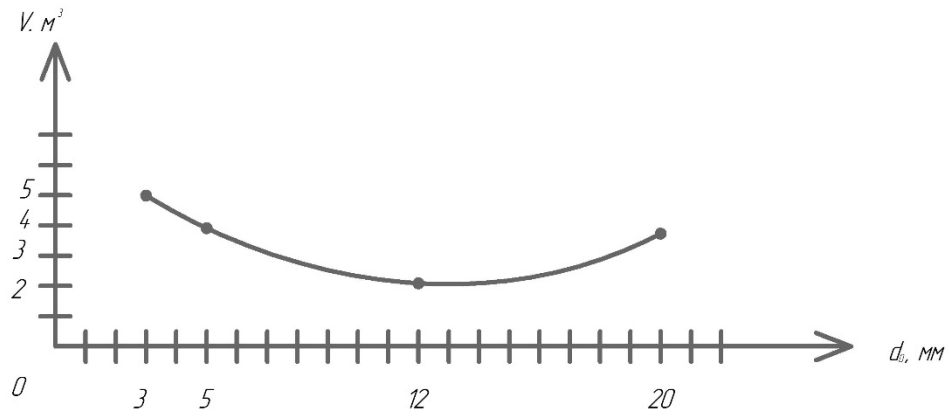


Рисунок 5.1 – Графік залежності об'єму колони від діаметру отворів в сітчастих тарілках.

Можновважитищо, колона з оптимальним діаметром отворів в виготовленні буде дешевшою на 81 % за колону з отворами d_0 - 20 мм.

6. РОЗРАХУНОК НА МІЦНІСТЬ ЕЛЕМЕНТІВ ДЕФЛЕГМАТОРА.

Початкові дані

Тип апарата –

теплообмінник $\frac{\text{ТНГ-600-1,0-1,0-M11-O}}{25-2-2-1/4}$ У ТУ 26-02-1102-89

Внутрішній діаметр кожуха D , мм	600
Довжина теплообмінних труб l , мм	2000
Зовнішній діаметр теплообмінної труби d_m , мм	25
Товщина стінки труби s_m , мм	2
Число ходів по трубах	2
Розрахунковий тиск у трубному просторі P_m , МПа	0,5
Розрахунковий тиск у міжтрубному просторі P_k , МПа	0,05
Розрахункова температура труб t_m , °С	47,4
Розрахункова температура кожуха t_k , °С	25
Матеріал розподільної камери	СтЗсп5
Матеріал кожуха, кришки, трубної решітки та теплообмінних труб	сталь марки 10X17H13M2T
Середовище в трубному просторі –1 класу небезпеки за ГОСТ 12.1.007–76	
Середовище в міжтрубному просторі – пожежовибухонебезпечне, шкідливе, 4 класу небезпеки за ГОСТ 12.1.007–76	
Група теплообмінника по трубному простору	1
Група теплообмінника по міжтрубному простору	1
Загальне число циклів навантаження N	1000
Строк служби	10

Ескіз розраховуваного теплообмінника наведено на рис.6.1.

6.1. Розрахунок на міцність, жорсткість та стійкість

6.1.1. Розрахункова температура

Розрахункову температуру розподільної камери t_k^* , °C, визначаємо за формулою [3].

$$t_{кам} = 2t_m - t_k = 2 \cdot 47,4 - 25 = 69,8 \text{ °C. (6.1)}$$

Розрахункову температуру ізолюваних фланців визначаємо за формулою [29]

$$t_\phi = t,$$

де t – розрахункова температура апарата, °C.

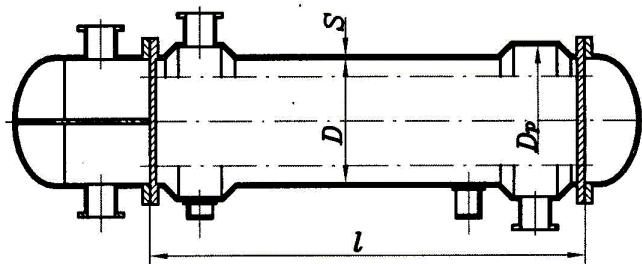


Рисунок 6.1. Кожухотрубчастий теплообмінник з розширником на кожусі

Розрахункову температуру ізолюваних апаратних фланців та фланців штуцерів розподільної камери теплообмінника приймаємо рівною температурі розподільної камери, тобто $t_\phi = t_{кам} = 47,5 \text{ °C}$.

Розрахункову температуру ізолюваних фланців штуцерів кожуха приймаємо рівною температурі середовища міжтрубного простору, тобто $t_\phi = t_k = 25 \text{ °C}$.

Розрахункову температуру болтів ізолюваних фланцевих з'єднань визначаємо за формулою [29]

$$t_\sigma = 0,97t \text{ (6.2)}$$

Розрахункова температура болтів фланцевих з'єднань корпусів та фланців штуцерів розподільної камери дорівнює

$$t_\sigma = 0,97t = 0,97 \cdot 69,8 = 67,7 \text{ °C}$$

Розрахункова температура болтів фланцевих з'єднань штуцерів міжтрубного простору

$$t_\sigma = 0,97t = 0,97 \cdot 25 = 24,25 \text{ °C}$$

6.2. Допустимі напружини

Допустимі напружини при розрахунковій температурі $[\sigma]$ і при температурі 20 °С $[\sigma]_{20}$, МПа, для матеріалів елементів апарата наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 6.1

Допустимі напружини матеріалів елементів теплообмінника

Елементи апарата	Матеріал	Допустимі напружини, МПа		Відношення допустимих напружин $[\sigma]_{20}/[\sigma]$
		при температурі 20 °С $[\sigma]_{20}$	при розрахунковій температурі $[\sigma]$	
Кожух	Сталь марки 10X17H13M2T	184	160	1,15
Трубна решітка	Сталь марки 10X17H13M2T	184	160	1,15
Труби	Сталь марки 10X17H13M2T	184	160	1,15
Фланці апаратні	Сталь марки 10X17H13M2T	184	160	1,15
Фланці штуцерів трубного простору	Сталь марки 10X17H13M2T	184	150	1,226
Фланці штуцерів кожуха	Сталь марки 10X17H13M2T	147	140,5	1,046
Болти та гайки апаратних фланців та штуцерів трубного простору	Сталь марки 10X17H13M2T	110	92,8	1,185
Болти фланцевих з'єднань штуцерів кожуха	Сталь 35	130	125	1,04
Гайки фланцевих з'єднань штуцерів кожуха	Сталь 20	95,65	91,95	1,04

Пробний тиск, при якому проводиться випробування апарата, визначаємо за формулою [14]

$$P_{np} = 1,25 P \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} \quad (6.3)$$

Відношення $[\sigma]_{20}/[\sigma]$ приймаємо по тому із використовуваних матеріалів елементів кожної порожнини апарата, для якої воно є найменшим.

Для трубного простору при мінімальному відношенні допустимих напружин $[\sigma]_{20}/[\sigma]=1,15$ пробний тиск складає

$$P_{np} = 1,25 P \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} = 1,25 \cdot 0,5 \cdot 1,047 = 0,654 \text{ МПа}$$

Гідростатичний тиск при випробуванні трубного простору теплообмінника складає

$$P_{z\text{ } mp} = \rho_e \cdot g \cdot H_c \cdot 10^{-6} = 1000 \cdot 9,81 \cdot 1,06 \cdot 10^{-6} = 0,01 \text{ МПа}, \quad (6.4)$$

де H_c - висота стовпа води у трубному просторі (відстань між фланцями штуцерів у розподільній камері).

Гідростатичний тиск при випробуванні трубного простору

$$P_{z\text{ } mp} = 0,01 \leq 0,05 P_{np} = 0,05 \cdot 0,654 = 0,0327 \text{ МПа}$$

складає менше 5% від пробного, тому за розрахунковий тиск в умовах випробувань приймаємо пробний

$$P_{im} = P_{npt} = 0,654 \text{ МПа}. \quad (6.5)$$

Умова

$$P_{im} = 0,654 \text{ МПа} \leq 1,35 P_m \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} = 1,35 \cdot 0,5 \cdot 1,047 = 0,706 \text{ МПа}$$

виконується, тому розрахунок елементів трубного простору в умовах гідравлічних випробувань проводити не потрібно.

Для міжтрубного простору (кожуха) при відношенні допустимих напружин $[\sigma]_{20}/[\sigma]=1,15$ пробний тиск складає

$$P_{npk} = 1,25 P_k \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} = 1,25 \cdot 0,05 \cdot 1,15 = 0,071 \text{ МПа. (5.6)}$$

Гідростатичний тиск при випробуванні міжтрубного простору

$$P_{2k} = \rho_g \cdot g \cdot H_k \cdot 10^6 = 1000 \cdot 9,81 \cdot 1,06 \cdot 10^{-6} = 0,01 \geq \\ > 0,05 P_{npk} = 0,05 \cdot 0,071 = 0,0035$$

складає менше 5% від пробного, тому розрахунковий тиск в умовах випробувань приймаємо пробний

$$P_{im} = P_{prm} = 0,071 \text{ МПа.}$$

Умова

$$P_{ik} = 0,275 \leq 1,35 P_k \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} = 1,35 \cdot 0,05 \cdot 1,15 = 0,077 \text{ МПа (6.7)}$$

виконується, тому розрахунок елементів міжтрубного простору в умовах гідравлічних випробувань проводити не потрібно.

6.3 Коефіцієнти міцності зварних швів

Трубний та міжтрубний простори теплообмінника за розрахунковим тиском, температурою та характером робочого середовища відноситься до 1 групи посудин [19], для якої довжина контрольованих швів складає 100 % від їх загальної довжини. Для стикових швів з двостороннім суцільним проваром, виконаних автоматичним зваренням, коефіцієнт міцності зварних швів приймаємо рівним $\varphi_p = 1,0$ [14].

Для стикових (кільцевих) швів, які доступні зваренню лише з одного боку та мають в процесі зварення металеву підкладку з боку кореня шва, котра прилягає по всій довжині шва до основного металу, при контрольованій довжині швів 100 %, коефіцієнт міцності зварних кільцевих швів кожуха приймаємо рівним $\varphi_m = 1,0$.

6.4. Додатки до розрахункових величин

Суми добавок до розрахункових величин визначаємо за формулою

$$C=C_1+C_2, (6.8)$$

де C_1 – добувка для компенсації корозії та ерозії,
мм;

C_2 – добувка для компенсації мінусового
допуску, мм.

Добавку для компенсації корозії та ерозії C_1 розраховуємо за формулою[14]

$$C_1 = \Pi \cdot \tau + C_3, \text{ мм},$$

де Π – швидкість проникнення корозії, мм/рік;

τ – розрахунковий строк службитеплообмінника, років;

C_3 – добувка для компенсації ерозії, мм.

Добавку для компенсації ерозії не враховуємо, приймаючи, що теплообмінник працює з чистими рідкими середовищами (без твердих абразивних частинок).

Швидкість проникнення корозії для матеріалу міжтрубного простору приймаємо $\Pi_k = 0,05$ мм/рік, а трубного – $\Pi_m = 0$ мм/рік.

Добавка для компенсації корозії складає:

– для труб з боку трубного та міжтрубного просторів [19]

$$C_{1m} = 0 \text{ мм};$$

– для кожуха

$$C_{1k} = \Pi_k \cdot \tau = 0,05 \cdot 10 = 0,5 \text{ мм}. \quad (6.9)$$

Добавку для компенсації мінусового допуску C_2 , мм, приймаємо за стандартом

6.5 Розрахунок кожуха теплообмінника

6.5.1. Розрахунок товщини стінки циліндричної обичайки кожуха теплообмінника

Розрахункову товщину стінки кожуха від дії внутрішнього тиску визначаємо за формулою [14]

$$S_{pk} = \frac{P_k \cdot D}{2[\sigma]_k \cdot \varphi_p - P_k}, \quad (6.10)$$

де P_k – розрахунковий тиск у міжтрубному просторі теплообмінника при розрахунковій температурі, МПа;

D – внутрішній діаметр обичайки кожуха, мм;

φ_p – коефіцієнт міцності подовжніх зварних швів.

$$S_{pk} = \frac{0,05 \cdot 600}{2 \cdot 160 \cdot 1,0 - 0,05} = 0,09 \text{ мм.}$$

Відповідно до галузевого стандарту виконавчу товщину стінки кожуха приймаємо рівною $S_k = 6$ мм. Додаток для компенсації мінусового допуску для сталевих листів товщиною 6 мм складає $C_2 = 0,6$ мм. Додаток

$$C_2 = 0,6 > 0,05S = 0,05 \cdot 6 = 0,3 \text{ мм}$$

враховуємо, так як вона перевищує 5 % від номінальної товщини листа.

Сума додатків до розрахункової товщини стінки кожуха складає

$$C_k = C_{1k} + C_{2k} = 0,5 + 0,6 = 1,1 \text{ мм.}$$

Виконавчу товщину стінки кожуха визначаємо за формулою

$$S_k \geq S_{pk} + C_k = 0,09 + 1,1 = 1,19 \text{ мм.} \quad (6.11)$$

Остаточно приймаємо виконавчу товщину стінки кожуха рівною $S_k = 6$ мм. [19]

Допустимий внутрішній надлишковий тиск в кожусі визначаємо за формулою [14]

$$[P] = \frac{2[\sigma] \cdot \varphi_p \cdot (S-C)}{D+(S-C)} = \frac{2 \cdot 160 \cdot 1 \cdot (6 - 1,1)}{600 + (6 - 1,1)} = 2,59 \text{ МПа.} \quad (6.12)$$

Умова міцності

$$P_{\kappa} = 0,05 \leq [P]_{\kappa} = 2,59 \text{ МПа} \quad (6.13)$$

виконується.

Умова застосування розрахункових формул

$$\frac{S-C}{D} = \frac{6 - 1,1}{600} = 0,0081 \leq 0,1 \quad (6.14)$$

виконується.

6.6. Визначення товщини трубної решітки

Товщину трубної решітки приймаємо рівною 20 мм із наступною перевіркою на міцність та жорсткість.

Розрахунковий тиск визначаємо за формулою (7.3)

$$P = \max \{ |P_m|; |P_{\kappa}|; |P_m - P_{\kappa}| \} = \\ = \max \{ 0,5; 0,05; |0,5 - 0,05| \} = 0,5 \text{ Па.} \quad (6.15)$$

Розрахункову товщину трубної решітки за умови міцності максимальної безтрубної зони визначаємо за формулою

$$S_{pp} = 0,5 D_e \sqrt{P/[\sigma]_p} = 0,5 \cdot 65,8 \sqrt{\frac{0,5}{160}} = 1,83 \quad (6.16)$$

де D_e – діаметр окружності, яка вписана в максимальну безтрубну зону, визначаємо конструктивно.

Виконавчу товщину трубної решітки за умови міцності максимальної безтрубної зони визначаємо за формулою

$$S_p \geq S_{pp} + C_p = 1,83 + 1,1 = 2,93 \text{ мм.} \quad (6.17)$$

Коефіцієнт ослаблення трубної решітки визначаємо за формулою

$$\varphi_p = 1 - d_0/t_p = 1 - 25,15/32 = 0,214 \quad (6.18)$$

Розрахункову товщину трубної решітки в перерізі канавки під подовжню перегородку визначаємо за формулою.

$$S_{np} = S_{pp} \cdot \max \left\{ 1 - \sqrt{\frac{d_0}{b_n} \left(\frac{t_n}{t_p} - 1 \right)}; \sqrt{\varphi_p} \right\} = \quad (6.19)$$

$$= 1,83 \cdot \max \{ 1 - \sqrt{(25,15/8) \cdot (55,4/32 - 1)}; \sqrt{0,214} \} =$$

$$= 1,83 \cdot \max \{ -1,3; 0,463 \} = 0,847 \text{ мм}$$

Товщина трубної решітки в перерізі під подовжню перегородку в розподільній камері має бути не менше

$$S_n \geq S_{np} + C_p = 0,847 + 1,1 = 1,947 \text{ мм} \quad (6.20)$$

З конструктивних міркувань приймаємо товщину трубної решітки в перерізі канавки під подовжню перегородку в розподільній камері рівною 18 мм.

7. ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕФЛЕГМАТОРА.

7.1 Виготовлення основних елементів дефлегматора.

Виготовлення обичайки

Обичайки є базовою деталлю всіх колонних, теплообмінних та інших апаратів. Вони бувають:

а) жорсткі, які не змінюють форми поперечного перерізу під дією власної ваги. Для них справедливо співвідношення $'вн / \delta < 150$, де δ - товщина стінки обичайки;

'вн - внутрішній діаметр обичайки;

б) нежорсткі $'вн / \delta > 150$;

в) товстостінні (корпусу), якщо $'н / 'вн > 1,1$ (конструктивний ознака) або товщина стінки $\delta > 40$ мм (технологічна ознака), 'н - зовнішній діаметр обичайки.

Основні геометричні розміри обичайки: 'вн, δ , Н - висота обичайки.

Внутрішній діаметр обичайки 'вн базовий розмір він стандартизований.

За формою обичайки діляться на гладкі і зі спеціальними ребрами, відбортовку, зигами.

Заготовками для обичайок є: листовий прокат, лиття, поковки, труби.

Обичайки діаметром до 600 мм виготовляються з одним поздовжнім швом, а понад 600 мм можна з декількох листів. При цьому ширина замикаючої вставки повинна бути не менше 400 мм. Допускається прогин обичайки при довжині до 5000 мм не більше 2 мм, понад 5000 до 10000 мм не більше 15 мм. Допустимий перекис поздовжнього шва щодо осі - не більше 8 мм на 1

погонний метр довжини. Допускається не перпендикулярність торця обичайки до її утворюючої до 1 мм на 1 м діаметра, але не більше 3 мм. Відхилення по висоті обичайки допускається в межах ± 5 мм. Основним розрахунковим розміром заготовки є довжина.

Виготовлення обичайки складається з наступних операцій:

- розконсервування і очищення;
- правка листового прокату;
- розмітка і розкрій листових заготовок;
- різка листа на заготовки необхідного розміру;
- обробка кромки під зварювання;
- складання заготовок;
- зварювання карт;
- вальцювання обичайок;
- зварювання стикових швів;
- калібрування і правка після зварювання;
- контрольні операції.

Залежно від конструкції і вимог до точності і шорсткості поверхні обичайки проводять комплекс завершальних операцій. Розглянемо деякі з них.

Зіговання застосовують:

- щоб надати обичайці додаткової жорсткості (зовнішні зиги);
- для установки і кріплення розтискних опорних кілець з метою подальшої установки опор, тарілок, перегородок, решіток і т.д. (Внутрішні зиги).

Чим тонше і м'якше матеріал обичайки, тим вище швидкість зігвання. Для збільшення тертя поверхні заготовки піддають обов'язковій очистці та знежирення. Виконується зігвання на спеціальних зіговочних машинах в умовах реверсивного переміщення заготовки.

Внутрішній вал привідний, а зовнішній має ролики що вільно обертаються і можуть переміщатися по радіусу, внаслідок чого регулюється глибина зигів.

Зігвання обичайок з сталей і кольорових металів застосовують для невеликих (до 4 мм) товщини. Процес здійснюється за 3 - 4 обороту обичайки.

В процесі зігвання товщина стінки обичайки зменшується, а також виникає наклеп в місцях утворення зигів. Для виключення наклепу, появи тріщин і волосовин застосовують міжопераційний отжиг.

/ Заг - S ('вн + 6) - п 5

Виготовлення днищ

Метод штамповки на пресах.

Штамування на пресах здійснюється зазвичай в гарячому стані.

Заготовка нагрівається і по рольгангу подається до штампу. Штмп складається з протяжного кільця матриці і пуансона, що складається з "грибка" і формуючого кільця .

Така конструкція пуансона дозволяє полегшити зняття напруженої (за рахунок швидкого охолодження) заготовки при зворотному ході пуансона.

Проте термічна усадка є основним недоліком гарячого штампування. До них також відноситься значний угар металу в процесі нагріву. Забезпечення необхідної температури заготовки також представляє велику складність, так як при транспортуванні і закріпленні заготовки в штампі втрачається значна кількість тепла. Як наслідок - висока витрата палива (400 ... 480 мЗ

природного газу для 1 т продукції). Застосування спеціальних силікатних покриттів сприяє зниженню окалиноутворенню (в 2 рази), а також поліпшенню умов тертя при штампуванні.

Для зниження зусиль необхідних для формування заготовки застосовують склопокриття яке діє як мастило, воно на 40% знижує зусилля деформації.

Штампування днищ в холодному стані простіше по реалізації в промислових умовах. Разом з тим такий метод вимагає застосування більш дорогих сталей для штапованого обладнання (матриця, протяжні кільця), необхідності термічної обробки після штампування для зняття наклепу, а також подальшої правки після термообробки.

Головною ж причиною, яка стримує широке використання холодного штампування при виготовленні днищ апаратів, є високі залишкові напруги, які викликають тріщини в металі. Особливо це проявляється у сталей, що мають в своєму складі хром. Підвищенню якості днищ при штампуванні сприяє вдосконалення конструкції оснастки.

Нескладна конструктивна зміна (оптимальний кут конусності $\alpha \ll 68^\circ$) дозволяє на 15% знизити зменшення товщини заготовки при переході сферичної частини днища в циліндричну, зменшити сили тертя і, як наслідок, фізичний знос робочих поверхонь матриць.

З огляду на експериментально встановлений факт про необхідність підвищення тертя між пуансоном і заготівлею, інтерес представляє конструкція рифленого пуансона. Виступи кільцевого рифлення впроваджуються в поверхню металу заготовки, ускладнюють її ковзання, що призводить до зменшення стоншування заготовки.

Виготовлення трубних решіток

Трубні решітки є одними з найважливіших деталей теплообмінної апаратури. У них закріплюють труби, а самі решітки найчастіше приварюють до корпусу апарата або фіксують за допомогою фланцевого з'єднання.

Твердість матеріалу решітка має бути більшою за твердість труб. Решітки бувають цільні та зварні. В якості заготовки для виготовлення трубної решітка використовують – листовий прокат.

Обробка заготовки включає:

- 1) Розконсервування, очищення, розмітка, різання прокату.
- 2) Обробка кромки, зварювання карт, термообробка.
- 3) Точіння (токарно-карусельна).
- 4) Фрезерування пазів (для 2-х - 4-х ходових теплообмінників). У ці пази встановлюють перегородки.
- 5) Розмітка отворів під свердління. При розмітці отворів необхідно виключити їх попадання в зону зварних швів.

Так як трубна решітка має велику кількість отворів операція з розмітка отворів проводиться з максимальною точністю.

7.2 Збирання теплообмінника

У загальному обсязі продукції апаратобудування теплообмінники займають близько 30%. Різноманітність умов, в яких працюють теплообмінні апарати, є причиною існування безлічі різних конструкцій і, відповідно, технологій, застосовуваних для їх виготовлення.

Збирання проводять у наступній послідовності:

- 1) Збірка обичайки з установкою і приваркою штуцерів і опорних лап;

- 2) складання трубного пучка (складання і зварювання обичайки з трубною решіткою, установка труб в решітку, вальцювання труб з двох сторін, торцювання кінців труб);
- 3) випробування (гідравлічні випробування на пробний тиск міжтрубного простору, а також пневматичне випробування робочим тиском з зануренням трубного пучка в ванну з водою);
- 4) складання кришок;
- 5) складання трубного пучка з кришками;
- 6) гідровипробування трубного простору на пробний і робочий тиск.

Найбільш трудомісткою операцією при виготовленні кожухотрубчатих теплообмінників є збирання трубного пучка. Збирання, як правило, роблять у спеціальних пристроях, які строго фіксують положення трубних решіток. Якщо трубна решітка складається з великого числа труб, то під час складання пристосування встановлюють вертикально, при малому числі труб - горизонтально. Набір трубок ведуть від центру до периферії.

Найбільш часто збирання труб з трубними решітками проводять за допомогою вальцювання. Процес розвальцювання полягає в тому, що при подачі інструменту всередину труби ролики вальцювання розсуваються по діаметру конусом (розширювачем) і, обкатуючи трубку по внутрішній поверхні, пластично деформують метал. Труба при цьому збільшується в діаметрі і входить в зачеплення з поверхнею отворів в решітці. Так як поверхня отвору є обмежувачем, то подальша деформація призводить до утворення щільного контакту сполучених деталей. Конструкції розвальцювання вельми різноманітні.. Для розвальцювання застосовують вальцювальні стенди з одно- та багатошпindelними розвальцювальні головками напівавтоматичного дії. При досягненні заданого

гранично-допустимого крутного моменту автоматично включається реверс, і вальцювання виходить з трубки.

Істотний недолік використання для складання вальцювання полягає в тому, що поряд з корисним радіальним навантаженням, яке і забезпечує контакт трубки з ґратами, на трубку діє і осьова складова зусилля. Це викликає пружну деформацію трубки в осьовому напрямку, нерівномірну за величиною для різних трубок пучка. Наслідком даного ефекту є власна деформація трубок, "висмикування" раніше закріплених трубок, вигин і викривлення решітки (до 8 мм / 1000 мм діаметра).

Дослідженнями встановлено, що оптимальна схема розвальцювання передбачає її проведення від периферії до центру. При цьому спостерігається мінімальна (до 10%) зміна номінального контактного тиску в поєднанні трубок з ґратами.

7.3 Випробування теплообмінника після виготовлення.

Усе теплообмінні труби мають бути піддані гідравлічним випробуванням на підприємстві-виготовнику. При відсутності в сертифікатах даних про гідравлічні випробування підприємство-виготівник теплообмінних апаратів зобов'язано провести вибіркові гідравлічні випробування відповідно вимогам ГОСТ 3845-75 по 3 % труб від кожної партії, але не менше 5 труб. При отриманні незадовільних результатів хоча б однієї з труб проводять повторні випробування на подвійній кількості труб, взятих із тієї ж партії.

Результати повторних випробувань є остаточними. При отриманні незадовільних результатів повторних випробувань треба провести гідравлічні випробування усієї партії труб.

Гідравлічне випробування

Дефлегматор заповнюють водою, повітря повинно бути видалене повністю. Для гідравлічного випробування теплообмінника повинна застосовуватись вода з температурою не нижче 5 °С і не вище 40 °С. Різниця температур стінки посудини і навколишнього повітря під час випробувань не повинна спричинювати конденсацію вологи на поверхні стінок дефлегматора. Тиск у випробуваній посудині слід підвищувати плавно. Швидкість піднімання тиску має бути вказана: для випробування дефлегматора на підприємстві-виготовлювачі – в технічній документації; для випробування дефлегматора в процесі роботи – в Інструкції по монтажу та експлуатації.

Використання стисненого повітря або іншого газу для підвищення тиску при гідравлічному випробуванні не допускається.

Тиск при випробуванні повинен контролюватися двома манометрами. Обидва манометри вибираються одного типу, границі вимірювання, однакових класів точності, ціни поділки. Час витримки складає не менше 10 хв. Після витримки під пробним тиском тиск знижується до розрахункового, при якому проводять огляд зовнішньої поверхні посудини, всіх його рознімних і зварних з'єднань. Під час огляду не допускається обстукування стінок корпусу, зварних і рознімних з'єднань.

Вважається, що дефлегматор витримав гідравлічне випробування, якщо не виявлено:

- 1) течі, тріщин, сльозок, потіння в зварних з'єднаннях і на основному металі;
- 2) течі в рознімних з'єднаннях;
- 3) видимих залишкових деформацій;
- 4) падіння тиску по манометру.

Посудина та її елементи, в яких під час випробувань виявлені дефекти, після їх установлення підлягають повторним гідравлічним випробуванням пробним тиском.

РЕМОНТ ДЕФЛЕГМАТОРА

8.1 Загальні відомості про ремонт.

Теплообмінники доводиться зупиняти при наступних основних несправностях: забруднення поверхні теплообміну і поява пропусків рідини, тобто порушення герметичності. Ремонт теплообмінних апаратів полягає в очищенні поверхні нагріву від накипу та інших забруднень, ремонті поверхні нагрівання, порушенні герметичності в місцях розвальцьовування труб у трубних решітках або розрив труб і т.д. Потребу у ремонті встановлюють при обстеженні внутрішніх поверхонь труб, доступних для ремонту і механічного чищення. Візуальному огляду підлягають тільки кришки, кінці та внутрішні канали труб, штуцери на корпусі і кришках. Дефекти решти частин апарату можуть бути виявлені тільки при обпресуванні. Крім зазначених операцій проводять ремонт запірних пристроїв та ізоляції. Існує кілька методів очищення поверхонь теплообміну: механічний, хімічний, термічний і гідравлічний. Механічний метод зводиться до очищення накипу шляхом скобління або відбивання його спеціальним інструментом і різними пристосуваннями. Інструмент для механічного очищення ділиться на дві групи: пристосування, не пошкоджують внутрішньої поверхні труб, що очищують і інструмент, здатний завдавати ушкодження. Очищення труб роблять за допомогою шарошок, які призводять до дії від електродвигуна, гідроприводу і пневмоприводу через гнучкий вал або шланг. Кожну трубу в кожухотрубному теплообміннику проходять шарошками зверху вниз і навпаки. Під час очищення у трубу подають воду для змивання накипу й охолодження головок шарошок. Для очищення теплообмінників з трубчастою поверхнею нагріву доцільно застосовувати приводи зі зворотно-поступальними рухами використовуючи тельфери або електролебідки. У

цьому випадку проводиться очистка одночасно кількох труб. Основним недоліком механічного методу очищення труб - можливість пошкодження поверхневого шару металу, це призводить до швидшого зносу труб. Крім того, цей метод трудомісткий і не забезпечує повного очищення від накипу особливо у важко доступних місцях. Хімічне очищення виконується при очищенні і в міжтрубному просторі. При цьому методі відбувається розм'якшення осаду на поверхнях нагріву, це досягається за допомогою концентрованої і каустичної соди. Накип потім розчиняється слабким розчином соляної кислоти. Після промивають гарячою водою і чистять щіткою і металевими йоржами. Гідравлічне очищення засноване на здатності струменя води високої швидкості (понад 50 м/с) видаляти накип. Цей метод використовується при видаленні пухкого накипу і шлакоутворення. Струмінь води виходить під великим тиском із сопла, ріже і відриває від стінок відкладення. Час очищення однієї труби дорівнює 10 – 15 с. Гідність такого методу - можливість очищення внутрішніх і зовнішніх поверхонь труб, а також корпусу безпосередньо на місці установки апарата. Широкий діапазон зміни тиску (від 15 до 70 МПа) дає можливість видаляти відкладення практично будь-якої твердості. Термічне очищення засноване на використанні різниці коефіцієнтів теплового розширення накипу і металу. Поверхню нагріву (звільнену від рідини) спочатку підігривають редукованим перегрітим паром, а потім охолоджують холодною очищеною хімічним способом водою. У результаті частинки накипу відскакують від поверхні нагрівання і видаляються вручну або промиваються. Цей метод застосовують у тому випадку, якщо буде встановлено, що накип, що вимагає видалення, при нагріванні стає твердим і крихким. У теплообмінниках типу "труба в трубі" застосовується пневмомеханічний спосіб очищення. Чистка здійснюється зубчастої металевою втулкою-шомполом. Втулка-шомпол рухається від одного кінця труби до іншого під напором повітря тиском 0,5-0,6 МПа. Напрямок потоку повітря змінюється за допомогою розподільника повітря. Гумові прокладки ущільнюють місця з'єднань і амортизують удари

шомпола. Для чищення U-образних труб застосовують гнучкий шланг. Очищення труб за допомогою води і повітря називається гідропневматичним. У забруднену трубу одночасно подаються вода і стиснене повітря. Стисле повітря, розширюючись, різко збільшує швидкість руху води, яка починає переміщатися трубою послідовними водяними пробками з інтенсивними завихреннями. Спільний рух води і повітря швидко руйнують відкладення на стінках труб, очищаючи їх. Одночасна подача в трубу води і повітря здійснюється за допомогою водоповітряного пістолета. Повітря під тиском 0,7-0,8 МПа і вода під тиском 0,5-0,6 МПа при співвідношенні 1:1 подаються за допомогою шлангів. Гідропневматичне очищення труб дозволяє зменшити час очищення у порівнянні з механічним у 8 - 10 разів, значно рідше піддавати очищенню теплообмінники, підвищити продуктивність праці.

Ремонт дефлегматора проводиться за системою ТОіР, з використанням методу ППР (планово періодичного ремонту) він забезпечує:

- 1) Найбільш ефективну організацію технічного обслуговування і ремонту.
- 2) Попередження раптового виходу обладнання в ремонт.
- 3) Скорочення затрат на ремонт.

8.2 Зупинка дефлегматора в ремонт.

Для підготовки і проведення ремонту необхідна документація:

- відомості дефектів;
- кошторису витрат;
- проект організації ремонту;
- проекти виконання робіт;
- технічні умови на ремонти окремих об'єктів;
- креслення і схеми на ремонтовані об'єкти.

У ремонт дефлегматор виводиться на підставі наказу по підприємству, якщо в ремонті беруть участь підрядні організації, то видається спільний наказ. У наказі вказуються:

- терміни зупинки, ремонту і пуску об'єкта;
- особи, відповідальні за підготовку об'єктів до ремонту, за виконання заходів що забезпечують безпеку робіт;
- чисельність робітників, які відряджаються підрядником, з урахуванням їх професій.

Цим же наказом створюється комісія з організації ремонту і приймання з ремонту на чолі з головним інженером замовника до функцій якої входить:

- керівництво ремонтом;
- організація та контроль виконання монтажних робіт у період;
- організація поставки матеріалів, запасних частин, обладнання, такелажного оснащення, необхідної техніки, технічної документації для виконання ремонтних робіт;
- організація людських ресурсів;
- контроль якості і термінів виконання ремонтних робіт;
- приймання об'єкта з ремонту.

Передача об'єкта в ремонт і видача з ремонту здійснюються відповідно до вимог стандарту і «Системи ТОіР». На здачу об'єкта в зупинний ремонт складається акт, який підписують члени комісії, і стверджує керівник підприємства замовника. Акт приймання робіт після ремонту також підписують всі члени комісії і стверджують як керівник підприємства замовника, так і керівник підприємства підрядника.

Об'єкт ремонту не може бути введений в постійну експлуатацію без затвердження замовником виконавчої технічної документації, до складу якої входять, наприклад, схеми підключення, обв'язка обладнання, креслення і ескізи деталей, складальних одиниць, сертифікати на матеріали, акти на приховані роботи. Тому по завершенні ремонту підрядник передає дану документацію на затвердження замовнику.

З метою підвищення відповідальності ремонтних організацій та підрозділів за якість і терміни ремонту технологічного устаткування, а виробничого персоналу - за грамотну експлуатацію та технічне обслуговування, «Система ТОіР» передбачає проведення гарантійного ремонту.

9. ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ

При експлуатації теплообмінних апаратів необхідно керуватися «Правилами пристрою і безпеки експлуатації судів працюючих під тиском.

Установки, які працюють під надлишковим тиском більше $0,7 \text{ кг/см}^3$, повинно бути зареєстрована в місцевій інспекції Держтехнагляду. На кожний апарат заводяться шнурові книги для реєстрації результатів випробувань.

Керівництво виробництва повинно провести необхідні організаційно-технічні заходи з створення безпечних умов праці, а також затвердити інструкцію з техніки безпеки для кожного робочого місця. Інструктаж обслуговуючого персоналу проводиться не рідше 1 разу в 3 місяці з реєстрацією в спеціальному журналі. Необхідно проводити аналіз причин виникнення нещасних випадків і розроблювати додаткові заходи, які можуть запобігти їх повторення. Обслуговуючий персонал повинен гарно вивчити конструкцію апарату, технологічний режим, призначення і розташування трубопроводів, арматурні контрольно-вимірювальних приборів, інструкцію з техніки безпеки і здати технікум з обслуговуванні установки. Категорично забороняється підвищувати тиск та температуру в апаратах і трубопроводах більше за допустимі межі. Необхідно слідкувати за щільністю фланцевих з'єднань та справністю огорожі в рухаючі деталях. Змащування рухаючі деталей і набивка сальників на ходу не дозволяється. Огляд і ремонт внутрішніх частин апарату допускається тільки після його охолодження до температури 30°C . При цьому роботу повинні вести дві людини: один – у внутрішній частині апарату, другий – ззовні. Освічення в середині апарату, так же як і електроінструменти, дозволяється використовувати 12 В. Під час робіт в середині апарату всі трубопроводи для подачі в них пари, продукту, води і т. ін, повинні бути відключені, а на запорній арматурі повинні бути вивішені таблички «Не включати працюють люди».

ВИСНОВКИ

За результатом виконання дипломної роботи отримали основні висновки:

1. В Аналітичному огляді розглянуті основні поняття процесу перегонки та ректифікації в хімічній промисловості, поверхнево розглянули інформацію про конструкції колон та теплообмінників.

2. Розробили технологічну схему, побачили що входить до технологічної схеми, як проходить процес.

3. Вибрали конструкційні матеріали дефлегматора:

- розподільна камера СтЗсп

-кожух, трубки, трубні решітки- Сталь10X17H13M3T.

4. Визначили основні розміри колони та дефлегматора. Розміри колони склали: діаметр – 800 мм , кількість тарілок колоні – 17 шт. , висота колони – 10,8 м., Вибрано дефлегматор наступних розмірів: двоходовий кожухотрубчастий теплообмінник діаметр кожуха –600 мм; розмір труби 25x2 мм; кількість труб в теплообміннику 248 шт.; довжина труб – 2 м; поверхня теплообміну – 38 м² .

5. Визначили оптимальний розмір отворів в тарілках 13 мм, з'ясували що колона з оптимальним діаметром отворів буде дешевшою в виготовленні на 81 %.

5. Провели розрахунки на міцність.

6. Розробили технологію виготовлення , підігрівача та його конструкційних частин.

7. Розробили план ремонту дефлегматора та його конструкційних частин.

8. Розробили техніку безпеки експлуатації і ремонту дефлегматора як зробити безпечні умови праці.

Література

1. *Касаткин А.Г.* Основные процессы и аппараты химической технологии [Текст] / А.Г. Касаткин. – М.: Химия, 1973. – 752 с.
2. *Плановский А.Н., Рамм В.М., Каган С.З.* Процессы и аппараты химической технологии, 4-е изд. [Текст] / А.Н. Плановский, В.М. Рамм, С.З. Каган. – М.: Химия, 1967. – 848 с
3. *Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А.* Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии [Текст] / К.Ф. Павлов, П.Г. Романков, А.А. Носков. – Л.: Химия, 1987. – 576 с.
4. *Плановский А.Н., Николаев П.И.* Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии, 3-е изд. [Текст] / А.Н. Плановский, П.И. Николаев. – М.: Химия, 1987. – 496 с.
5. Справочник химика, т. 5. – М.: Химия, 1968. – 975 с.
6. *Судаков Е.Н.* Расчеты основных процессов и аппаратов нефтепереработки. Справочник [Текст] / Под редакцией Е.Н. Судакова, 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1979. – 568 с.
7. *Борисов Г.С., Брыков В.П., Дытнерский Ю.И. и др.* Под ред. Дытнерского Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии, 2-е изд., перераб. и дополн. [Текст] / Г.С. Борисов, В.П. Брыков, Ю.И. Дытнерский – М.: Химия, 1991. – 496 с.
8. *Кужель В.В., Смыкалов К.А., Ковалюк Н.И. и др.* Емкостные стальные аппараты завода «Павлоградхиммаш». Каталог. [Текст] / В.В. Кужель, К.А. Смыкалов, Н.И. Ковалюк и др. – М.: ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ, 1989. – 32 с.
9. *Коган В.Б., Фридман В.М., Кафаров В.В.* Равновесие между жидкостью и паром. Справочное пособие, книга 1-я и 2-я. [Текст] / В.Б. Коган, В.М. Фридман, В.В. Кафаров. – М.-Л.: Наука, 1966. – 640 с. – 786 с.
10. *Иванченко В.В., Архипов О.Г., Штонда Ю.М.* Конструювання та

- розрахунок колонних апаратів: навчальний посібник. [Текст] / В.В. Іванченко, О.Г. Архипов, Ю.М. Штонда.– Сєверодонецьк: вид-во СНУ ім. В.Даля. – 2015. – 324 с.
11. *Дытнерский Ю.И.* и др. Колонные аппараты. Каталог [Текст] / Под ред. Ю.И. Дытнерского 2-е изд-во. – М.: ЦИНИНЕФТЕХИММАШ, 1978. – 220 с.
12. *Чернышев А.К., Коптелов В.Г., Листов В.В., Заичко Н.Д.* Основные теплофизические свойства газов и жидкостей. Номографический справочник [Текст] / А.К. Чернышев, В.Г. Коптелов, В.В. Листов, Н.Д. Заичко. – Кемеровское изд-во, 1971. – 225 с.
13. В.В. Іванченко, О.І. Барвін, Ю.М. Штонда Конструювання та розрахунок кожухотрубчастих теплообмінних апаратів. [Текст]/ СНУ ім. В.Даля.- 2006.-208с.