

УДК 66.045

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ОХП,

д. т. н, проф.

_____ Архипов О.Г.

« ____ » _____ 20 ____ р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до бакалаврської роботи на тему

«Установка ректифікації суміші вода – оцтова кислота
продуктивністю 2,5 т/год по кубовому залишку з розробкою дефлегматора»

Науковий керівник Тараненко Геннадій Володимирович

Студент групи МБ-14д Попов Іван Валерійович

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень	4
Вступ	6
1. Аналітичний огляд	8
2. Опис технологічної схеми	11
3. Розрахункова частина	16
3.1 Конструкційні матеріали для виготовлення теплообмінника	16
3.2 Визначення основних розмірів ректифікаційної колони та підігрівача	18
3.2.1 Визначення продуктивності по дистилляту і кубовому залишку	18
3.2.2 Визначення мінімального і дійсного числа	19
3.2.3 Визначення середніх значень параметрів по колоні, фізико-хімічних і термодинамічних констант фаз	21
3.2.4 Визначення діаметра колони	26
3.2.5 Визначення гідравлічного опору колони з сітчатими тарілками	26
3.2.6 Визначення діаметра штуцерів	27
3.2.7 Теплові розрахунки	30
3.3 Аналіз впливу конструктивних особливостей контактних пристроїв на розміри колонного апарата	33
3.4 Розрахунок на міцність підігрівача	37
3.4.1 Розрахункова температура	38
3.4.2 Допустимі напружини	39
3.4.3 Коефіцієнти міцності зварних швів	42
3.4.4 Додатки до розрахункових величин	42
3.4.5 Розрахунок кожуха теплообмінника	43

3.4.6 Розрахунок лінзового компенсатора	44
3.4.7 Визначення допоміжних величин	44
3.4.8 Розрахунок компенсатора на міцність	45
4.Технологія виготовлення теплообмінника	47
5.Ремонт теплообмінника	50
6.Техніка безпеки та охорона праці на виробництві	56
Висновки	61
Літературний огляд	62

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

- В.К. – висококиплячий компонент;
ДБН – державні будівельні норми;
Н.К. – низькокиплячий компонент;
Ст – сталь;
КПД – коефіцієнт корисної дії;
СниП – будівельні норми і правила;
В – ширина, м;
ОУ-5 – вуглекислотні вогнегасники;
ОХП-10 – вогнегасник пінний;
ОПС-10, ОППС-100 – вогнегасник порошковий
II – швидкість проникнення корозії;
 C_A, C_B – питомі теплоємності;
 C_p – масова теплоємність за сталого тиску, Дж/(кг·град);
D – діаметр, м;
E_д – теплоємність дистилляту, Дж/(кг·°C);
F – поверхня контакту, м;
G_д – витрата дистилляту, кг/с;
K – коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²·град);
Θ_д – температура дистилляту, °C;
t – температура °C;
 V_A, V_B – молярні обсяги компонентів;
w – швидкість потоку рідини, м/с;
ω – кутова швидкість с⁻¹;
X – концентрація низькокиплячого компонента;
M_A, M_B – молярна маса компонентів;
ρ_A і ρ_B – щільність компонентів;

μ_A и μ_B - динамічні коефіцієнти в'язкості компонентів;

σ_A и σ_B – поверхневі натягу компонентів;

H_c – висота стовпа води у трубному просторі;

C_1 – добавка для компенсації корозії та ерозії;

C_2 – добавка для компенсації мінусового допуску ;

τ – розрахунковий строк служби теплообмінника;

C_3 – добавка для компенсації ерозії;

Вступ

Данною темою дипломного проекту є «Установка ректифікації суміші вода - оцтова кислота продуктивністю 2,5 т/год по кубовому залишку з розробкою дефлегматора».

Тарілчасті колонні апарати, призначені для проведення масообмінних процесів при температурах не нижче мінус 40°C и не вище плюс 200°C при тиску до 2,5 МПа, без тиску або під вакуумом із залишковим тиском не нижче 665 Па (5 ммрт. ст.).

Колонніапаративиготовляютьцарговимідіаметром 400-800 мм та суцільнозварнимідіаметром 1000-3600 мм.

Ситчастітарілки колонних масообмінних апаратів широко застосовуються в процесах зі стабільними навантаженнями по газу та рідині при будь-яких тисках в хімічній та суміжних з нею галузях промисловості. Діапазон стійкої роботи цих тарілок складає 2.

Застосування ситчастих тарілок для робочих середовищ, які визивають їх інкрустацію та полімеризацію, не допускається.

Процеси теплообміну – нагрів, охолодження, конденсація і випарювання рідких, газових, парових середовищ та їх сумішей – знаходять широке розповсюдження в хімічній, нафтохімічній, нафтопереробній, харчовій та інших галузях промисловості.

Апарати, призначені для проведення теплообмінних процесів, називають теплообмінними. Ці апарати мають різноманітне конструктивне оформлення, яке залежить від характеру процесів, котрі протікають в них та умов їхнього проведення. Умови проведення процесів теплообміну в промислових апаратах надзвичайно різноманітні. Їх застосовують для робочих середовищ із різним агрегатним станом у широкому діапазоні тисків, температур та фізико-

хімічних властивостей.

Передача тепла в теплообмінних апаратах здійснюється від середовища, що має більш високу температуру, до середовища з більш низькою температурою. Рушійною силою процесу теплообміну є різниця температур середовищ.

1. Аналітичний огляд

Перегонка рідин - процес, в якому колективна рідка суміш нагрівається до кипіння, а пара, що утворюється відбирається і конденсується. У результаті отримують рідину-конденсат, склад якої відрізняється від складу початкової суміші.

Повторюючи багаторазів процес випаровування конденсату і конденсації, можна практично повністю розділити вихідну суміш на чисті складові частини (компоненти). Процес перегонки заснований на тому, що рідина, складові суміш, володіють різним тиском (пружністю) пари при одній і тій же температурі. Тому склад пара, а отже, і склад рідини, що виходить при конденсації пари, будуть де що відрізнятися від складу початкової суміші: легколетучого компонента в парі буде міститися більше, ніж у перегоняється рідині. Очевидно, що в невиварених рідинах концентрація важколетучого компонента при цьому повинна збільшитися. У простому випадку перегонка майже не відрізняється від випарки. При випарюванні піддаються розчини, що складаються з летючого розчинника і практично нелетючої розчиненої речовини, а при перегонці в пар переходять і розчинник, і розчинена речовина.

1. Перегонка є одним з найважливіших технологічних процесів розділення і очищення рідин і зріджених газів в хімічній, нафтохімічній, фармацевтичній, харчовій та інших галузях промисловості.

2. Перегонку поділяють на два основних види: просту перегонку (або дистиляцію) і ректифікацію. До простий перегонки відносять також перегонку з водяною парою, і молекулярну дистиляцію. Під простий перегонкою розуміють процес одноразового часткового випаровування вихідної рідкої суміші і конденсації утворюються при цьому парів. Її застосовують для розділення сумішей, що представляють собою легколетуча речовина з деяким вмістом вельми важколетких речовин. За звичай 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 установлюють 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 установлюють спеціальні пристрої — так звані тарілки, або контакт відбувається в шарі насадки, що заповнює колону. Здійснюючи послідовно у протитечії 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. 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. Після цього припиняють підігрівання кубової рідини, кубовий залишок вилучають, а куб знову заповнюють вихідною сумішшю, тобто процес повторюється. Ректифікаційні установки періодичної дії використовують найчастіше у виноробстві (виробництві коньяку) та на невеликих спиртових заводах.

3. 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 кубовий залишок 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.

2. Опис технологічної схеми та конструкції колони, теплообмінника (дефлегматора)

Вихідна суміш з видаткової ємності (1) відцентровим насосом (2) подається на підігрівач (3), де нагрівається до температури кипіння і надходить на живильну тарілку ректифікаційної колони (5). Стікаючи по тарілках рідину, потрапляє в куб, з якого надходить у кип'ятильник (4). З кип'ятильника пари рідини поступають в нижню частину колони і рухаються назустріч вихідної суміші, барботируя через неї і збагачуючись низькокиплячим компонентом. Виходячи з колони пари, потрапляють в дефлегматор (6) і конденсуються. Дистилят надходить в роздільник (7), 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 (8), охолоджується і потрапляє в приймальну ємність (9). По мірі роботи частина рідини з куба відводиться в холодильник (11) і надходить у приймальну ємність (12) як кубового залишку.

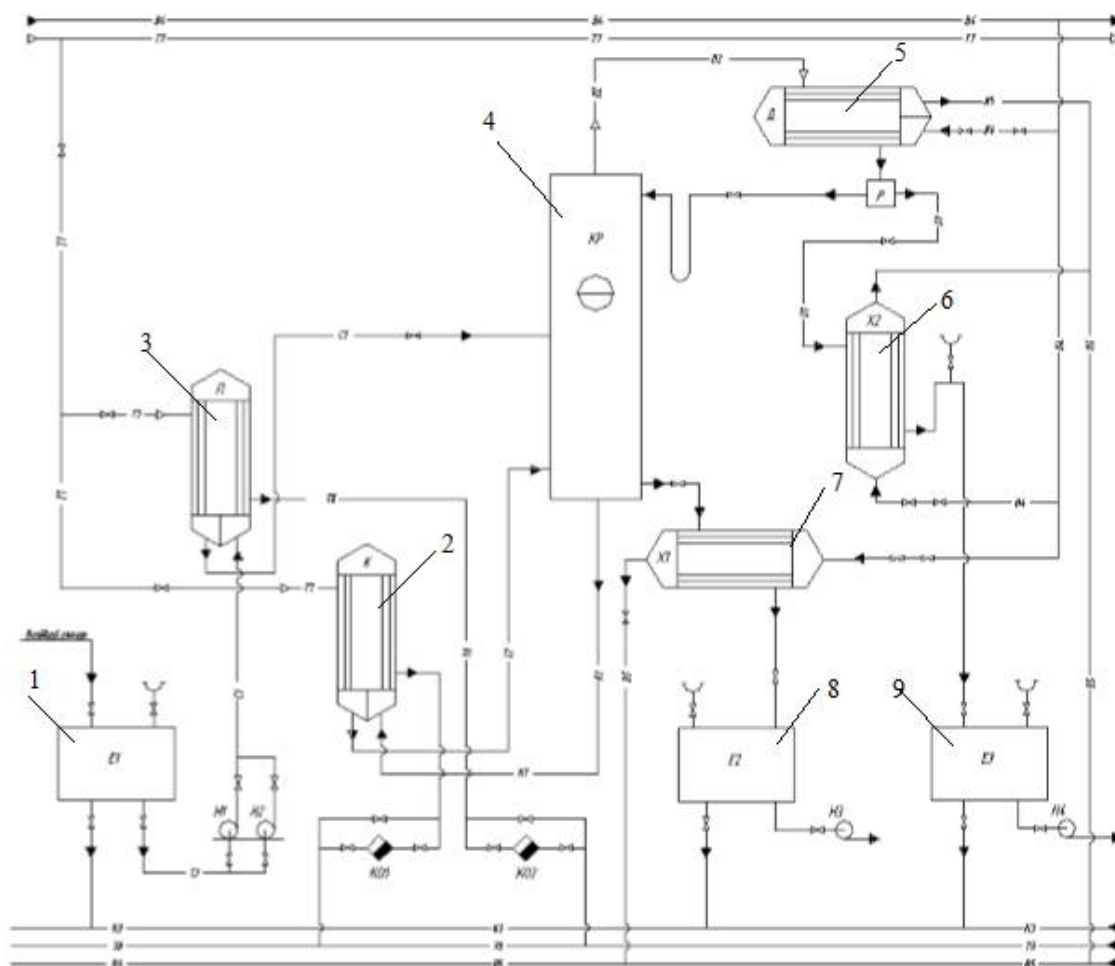


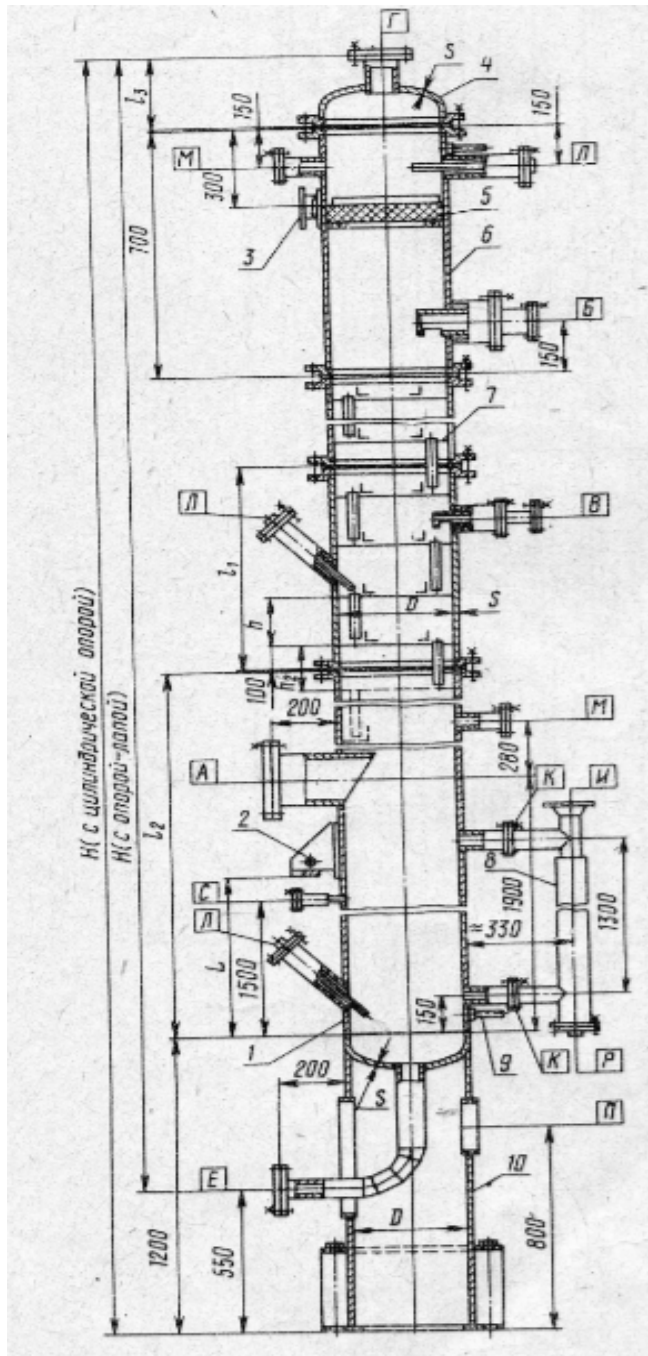
Рисунок 2.1 Технологічна схема виробництва

До складу технологічної схеми виробництва входять:

- 1 - ємність для вихідної суміші; 2 - підігрівач;
- 3- кип'ятильник; 4 - ректифікаційна колона; 5 - дефлегматор; 6 -
- холодильник дистиляту; 7 - ємність для збору дистиляту; 8 - холодильник
- кубової рідини; 9- ємність для кубовою рідини.

Ректифікаційна колона та дефлегматор є основними частинами оформлення процесу ректифікації, також їх відносять до основного обладнання.

Колона ректифікаційна



Ректифікаційна колона зображена на рисунку 2.2.

До її складу входять: 1 - корпус; 2 - опора-лапа; 3 - цапфа; 4 - кришка; 5 - отбійниксітчатий; 6 - царгасепараційна; 7 - тарілка; 8 - камера урівнеметра; 9 - пристосування для вивірення; 10 - опора циліндрична.

Дефлегматор (в народі сухопарник) - пристрій, що використовує в роботі принцип дефлегмації.

Дефлегмація - часткова конденсація сумішей різних парів і газів з метою збагачення їх низькокиплячими компонентами.

Принцип роботи дефлегматора полягає в наступному.

Температура кипіння більшості шкідливих домішок вище, ніж у корисного продукту (скажімо, етилового спирту). На різній висоті трубки дефлегматора різна температура. Його висота і температура нагрівання спирту підбирається таким чином, щоб у верхній частині дефлегматора постійно підтримувалася температура +78 градусів. При охолодженні пари, що піднімається вгору по трубці, відбувається її часткова конденсація і відповідно зниження температури. При зниженні температури пари вміст у ній низькокиплячого компонента (наприклад, спирту) зростає. Проміжний конденсат, що при цьому утворюється, (флегма) стікає назад в куб (колбу), а пара остаточно конденсується в холодильнику.

В саморобному побутовому сухопарнику відбувається той самий процес: потрапляючи в сухопарник першими, сивушні масла конденсуються, але більше не закипають, так як теплова енергія в дефлегматорі витрачається на випаровування більш легкої фракції - етилового спирту.

Існує багато різних видів дефлегматорів, які відрізняються по конструкції. Поєднання з таким пристроєм додаткового штучного охолодження в так званому холодильнику за допомогою, наприклад, проточної води, значно підвищує ефективність утворення флегми, а, отже, ККД установки.

Використання дефлегматора при перегонці спирту дозволяє скоротити число перегонів.

Часто дефлегматором невірно називають ланцюжок із двох суміжних пристроїв сухопарника і холодильника змішувального типу, оскільки в холодильнику завершується відділення флегми.

Ректифікаційна установка працює наступним чином. З допомогою нагрівача кубова рідина доводиться до кипіння. Утворюється в кубі пара піднімається вгору по царге колони і потрапляє в дефлегматор, де відбувається його повна конденсація.

Велика частина дистилату (флегма) повертається в царгу на зрошення насадки, а менша (дистилат) відбирається, проходить через кінцевик (кінцевий охолоджувач) і надходить в приймальну ємність. Співвідношення між витратами повертається флегми і відбору дистилату називається флегмовим числом і встановлюється за допомогою крана відбору.

На тарілці царги ректифікаційної відбувається процес тепломасообміну між стікаючою по насадці флегмою і піднімаючимся вгору паром. Щоб навколишнє середовище не впливала на цей досить тонкий процес ректифікації, царгу зовні покривають теплоізоляцією.

В результаті тепломасообміну у верхній частині царги накопичується у вигляді пари і флегми самий легко киплячий (з найменшою температурою кипіння) компонент кубової рідини, а слідом за ним вниз по висоті царги, сама собою вибудовується «нумерована черга з різних речовин. «Порядковим номером у цій черзі» є температура кипіння кожного компонента, що зростає по мірі наближення до кубу.

За допомогою регулятора відбору здійснюється повільний і послідовний відбір цих речовин. «Номер» відібраної речовини реєструється за допомогою термометра. Знаючи цю температуру (та атмосферний тиск), можна точно вказати речовина дистилату, що відбирається в даний

3.Розрахункова частина

3.1.Конструкційні матеріали для виготовлення теплообмінника.

Вибір конструкційного матеріалу для кожної складової частини теплообмінного апарата (кришки, трубна решітка, трубний пучок і т. п.) проводиться із умов необхідної хімічної стійкості; умов міцності при заданій температурі та тиску; з урахуванням вартості матеріалу, його недефіцитності та технології виготовлення. В процесі розрахунку апарата до отриманих розмірів, як правило, добавляються поправки на корозію, ерозійне зношення, а також за конструктивними та іншими припущеннями.

Таке питання виникає при проектуванні апаратури, яка працює в агресивному середовищі. Апаратура повинна бути виготовлена з матеріалу, який повинен відповідати деяким властивостям: бути стійкими до дій середовища, легко піддаватися обробці і по можливості бути не дорогим. Оскільки об'єднати всі ці умови в одному матеріалі неможливо, то виходячи з таких міркувань, як відповідальна ця деталь чи ні, чи легко її замінити, або можна використовувати доступні способи захисту тощо. У хімічному машинобудування використовують головним чином сплави чорних металів. Мають також широке використання деталі і вироби з пластичних мас.

До чорних металів відносять сталь і чавун.

Вуглецева сталь звичайної якості поділяють на дві групи і одну підгрупу. До групи А відносяться стали, до яких пред'являють тільки механічні властивості, до групи Б - стали, до яких пред'являють тільки хімічні властивості, до групи В - стали, до яких пред'являють тільки механічні властивості і з додатковими вимогами за хімічним складом.

Ці сталі використовують як конструкційні, в загальному, і хімічному машинобудуванні при роботі в неагресивних середовищах. Якісні вуглецеві конструкційні сталі (з добавками марганцю), що мають підвищену міцність і пружні властивості, використовують для виготовлення відповідальних деталей при роботі в неагресивних середовищах. У ряді випадків для цих цілей також використовують конструкційні леговані сталі (з добавкою марганцю, молібдену, нікелю, вольфраму, ванадію, титану, хрому, алюмінію).

Якщо середовище відрізняється певною агресивністю, то використовують спеціальні сталі: а) нержавіючі і кислотостійкі, б) жаростійкі і жароміцні. Для кожної агресивного середовища потрібно підібрати відповідну марку сталі, оскільки немає універсально стійких сталей. Основний добавкою до заліза є хром, додатково сталь легується нікелем, молібденом, титаном, марганцем.

При роботі з підвищеними температурами використовують жаростійкі і жароміцні сталі. До перших відносять сталі, які протистоять хімічним руйнування поверхні під впливом гарячих газів, до жароміцних - ті, які працюють в навантаженому стані при високих температурах протягом визначеного часу і мають при цьому високу стійкість до утворення окалини. Жароміцні сталі, як правило, є і жаростійкими. Вони мають в основному добавки хрому і нікелю, як легуючі речовини використовують також молібден і вольфрам.

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.

3.2 Визначення основних розмірів ректифікаційної колони та дефлегматора

Вихідні дані:

Продуктивність по вихідній суміші - 2,5 т / год;

Концентрація оцтової кислоти:

у вихідній суміші – $X_F = 35\%$ (мас.),

в дистиллят – $X_P = 90\%$ (мас.),

в кубовому залишку - $X_W = 0,02\%$ (мас.).

температура:

охолоджуючої води - 17°C ,

дистилляту після холодильника - 22°C ,

кубового залишку після холодильника - 21°C ,

вихідної води - 13°C .

Тиск насиченої водяної пари - 5 кгс / см²,

Коефіцієнт надлишку флегми - 2,1.

Діаметр отворів в тарілці – 20мм

КПД – 0,6

Колона працює при атмосферному тиску.

Вихідна суміш і флегма вводяться в апарат при температурі кипіння.

Розрахунок проводиться в такій послідовності

3.2.1 Визначення продуктивності по дистилляту і кубовому залишку

Продуктивність колони по дистилляту визначаємо за формулою (2.3):

$$G_P = G_F \cdot \frac{X_F - X_W}{X_P - X_W} = 0,9722 \cdot \frac{0,3 - 0,02}{0,91 - 0,03} = 0,4462 \text{ кг/с.}$$

Продуктивність колони по кубовому залишку визначаємо з рівняння (2.1):

$$G_F = G_p + G_w = 0,4462 + 0,9722 = 1,4184$$

$$G_w = G_F - G_p = 1,4184 - 0,4462 = 0,9722 \text{ кг/с.}$$

Перевірка:

$$1,4187 \cdot 0,3 = 0,4462 \cdot 0,91 + 0,9722 \cdot 0,02$$

$$0,4255 = 0,4060 + 0,019$$

$$0,4255 = 0,4255.$$

3.2.2 Визначення мінімального і дійсного числа

Перераховуємо масові концентрації в молярний за формулою

$$X = \frac{\frac{\alpha}{M_A}}{\frac{\alpha}{M_A} + \frac{1-\alpha}{M_B}},$$

де X – концентрація низькокиплячого компонента А в бінарній суміші, моль частки - зміст низькокиплячого компонента А в бінарній суміші, мас. частки; M_A , M_B - молярна маса компонента А і В (відповідно).

Молярні маси: оцтова кислота - 58 кг / кмоль. вода - 18 кг / кмоль.

Тоді концентрація вихідної суміші:

$$X_F = \frac{\frac{x_F}{M_A}}{\frac{x_F}{M_A} + \frac{1-x_F}{M_B}} = \frac{\frac{0,3}{18}}{\frac{0,3}{18} + \frac{1-0,3}{60,5}} = 0,63;$$

дистиляту:

$$X_P = \frac{\frac{x_P}{M_A}}{\frac{x_P}{M_A} + \frac{1-x_P}{M_B}} = \frac{\frac{0,90}{18}}{\frac{0,90}{18} + \frac{1-0,90}{60,5}} = 0,968;$$

кубового залишку:

$$X_w = \frac{\frac{x_w}{M_A}}{\frac{x_w}{M_A} + \frac{1-x_w}{M_B}} = \frac{\frac{0,21}{18}}{\frac{0,21}{18} + \frac{1-0,21}{60,5}} = 0,066.$$

Мінімальне флегмовое число визначаємо графо-аналітичним способом. Для цього на підставі досвідчених даних [7, 8], в координатах У-Х будемо криву рівноваги для суміші метиловий спирт-вода при атмосферному тиску (рис. 3.1) і криву температур кипіння і конденсації (рис. 3.2).

Дані по рівноваги для інших бінарних сумішей наведені в (Додатку А) даного методичного посібника.

Таблиця 3.1 - Рівноважні дані для суміші вода- оцтова кислота

Зміст компонента А, мол. %		Температура кипіння, t, °C
У рідині (x)	в парі (y)	
0	0	118,1
5	9,2	115,4
10	16,7	113,8
20	30,3	110,1
30	42,5	107,5
40	53	105,8
50	62,6	104,4
60	71,6	103,3
70	79,5	102,1
80	86,4	101,3
90	93	100,6
100	100	100

На діаграмі У-Х з точки 1 ($X_p = Y_p$) через точку 2 (X_f, Y_f^*) проводимо пряму лінію до перетину з віссю у. Відрізок, що відсікається на осі у, позначимо через $B_{\max} = 0,53$. За величиною цього відрізка знаходимо мінімальне флегмове число (формула 2.6):

$$R_{\min} = \frac{x_p}{B_{\max}} - 1 = \frac{0,968}{0,30} - 1 = 2,3133.$$

Дійсне флегмове число, використовуючи рівняння (2.7)

$$R = K_R \cdot R_{\min} = 2,1 \cdot 2,31 = 4,85.$$

На діаграмі У-Х наносимо лінії робочих концентрацій (робочі лінії) для оптимального флегмового числа $R = 5,5686$ (рис. 3.3): для цього на осі у відкладаємо відрізок

$$B = \frac{x_p}{R + 1} = \frac{0,968}{4,85 + 1} = 0,1697,$$

кінець якого з'єднуємо прямою з точкою 1 ($X_p = Y_p$); точку перетину цієї прямої з вертикальною лінією, проведеної з абсциси X_f , позначимо точкою 2 (X_f, Y_f) і, нарешті, точку 2 з'єднуємо з точкою 3 ($X_w = Y_w$). Лінії 1-2 і 2-3 є робочими лініями для верхньої і нижньої частин колони, відповідно.

3.2.3 Визначення середніх значень параметрів по колоні, фізико-хімічних і термодинамічних констант фаз

Рідка фаза.

Середня мольна концентрація в нижній частині колони:

$$X_{cp}^n = \frac{X_w + X_f}{2} = \frac{0,066 + 0,63}{2} = 0,349.$$

Середня мольна концентрація у верхній частині колони:

$$X_{cp}^e = \frac{X_F + X_P}{2} = \frac{0,063 + 0,967}{2} = 0,798.$$

Середня мольна концентрація по колоні:

$$X_{cp} = \frac{X_{cp}^n + X_{cp}^e}{2} = \frac{0,349 + 0,798}{2} = 0,5749.$$

Середня масова концентрація по колоні:

$$\alpha_{cp} = \frac{x_{cp} \cdot M_A}{x_{cp} \cdot M_A + (1 - x_{cp}) \cdot M_B},$$
$$\alpha_{cp} = \frac{0,573 \cdot 18}{0,5749 \cdot 18 + (1 - 0,5749) \cdot 60,5} = 0,2884.$$

Середня температура в нижній частині колони:

$$t_{xcp}^n = \frac{t_{XW} + t_{XF}}{2} = \frac{117,2 + 106,2}{2} = 111,7 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Середня температура в верхній частині колони:

$$t_{xcp}^e = \frac{t_{XF} + t_{XP}}{2} = \frac{106,2 + 100,5}{2} = 103,35 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Середня температура по колонці:

$$t_{Xcp} = \frac{t_{xcp}^n + t_{xcp}^e}{2} = \frac{111,7 + 103,35}{2} = 107,52 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Значення t_{XW} , t_{XF} , t_{XP} взяті з діаграм $t - x$, y (рис. 3.2).

Середня мольна маса

$$M_{xcp} = M_A \cdot X_{cp} + M_B \cdot (1 - X_{cp}),$$

$$M_{xcp} = 18 \cdot 0,5749 + 60,5 \cdot (1 - 0,5749) = 35,875 \text{ кг/кмоль}.$$

Середня щільність визначається по формулі:

$$\rho_{xcp} = \frac{\rho_A \cdot \rho_B}{\rho_B \cdot \alpha_{cp} + \rho_A (1 - \alpha_{cp})},$$

ρ_A і ρ_B - щільність компонент А і В при температурі t_{xcp} . $\rho_A = 954,4375 \text{ кг/м}^3$ при $t_{xcp} = 107,52 \text{ } ^\circ\text{C}$ [1, с. 512]; Приложение Б. $\rho_B = 949,45 \text{ кг/м}^3$.

$$\rho_{x_{cp}} = \frac{952,75 \cdot 945,4}{945,4 \cdot 0,2884 + 952,75(1 - 0,2884)} = 947,51 \text{ кг/м}^3.$$

Середню в'язкість розраховуємо за рівнянням:

$$\lg \mu_{x_{cp}} = X_{cp} \cdot \lg \mu_A + (1 - X_{cp}) \cdot \lg \mu_B,$$

де μ_A и μ_B - динамічні коефіцієнти в'язкості компонентів А і В,

Па·с. $\mu_A = 0,291$ мПа·с при $t_{cp} = 107,525$ °С [1, с. 516]; Додаток Б.

$\mu_B = 0,291$ мПа·с.

$$\lg \mu_{x_{cp}} = 0,5749 \cdot (-0,536) + (1 - 0,4251) \cdot (-0,368) = -0,466$$

$$\mu_{x_{cp}} = 0,466 \text{ мПа·с} = 0,332 \cdot 10^{-3} \text{ Па·с}.$$

Середнєповерхневий натяг визначаємо за рівнянням

$$\sigma_{x_{cp}} = \sigma_A \cdot X_{cp} + \sigma_B \cdot (1 - X_{cp}),$$

де σ_A и σ_B - поверхневі натягу компонентів А и В, н/м.

$\sigma_A = 57,5$ н/м при $t_{x_{cp}} = 107,525$ °С [1, с. 526]; Додаток Б.

$\sigma_B = 19,17$ н/м.

$$\sigma_{x_{cp}} = 57,5 \cdot 0,5749 + 19,17(1 - 0,5749) = 41,244 \cdot 10^{-3} \text{ н/м}.$$

Коефіцієнт дифузії при середній температурі визначаємо [1]:

$$D_{x(t)} = D_{x(20)} [1 + b \cdot (t - 20)],$$

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

$$b = \frac{0,2\sqrt{\mu}}{\sqrt[3]{\rho}}, \text{ тут } \mu \text{ [мПа·с] и } \rho \text{ [кг/м}^3\text{]} - \text{ в'язкість і щільність}$$

розчинника (води) при $t = 20$ °С; $t = t_{x_{cp}}$. Коефіцієнт дифузії при 20 °

С розраховуємо по емпіричному рівнянню [1]:

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

де V_A і V_B - молярний обсяги компонентів А і В, см³ / моль;

A, B - коефіцієнти, що залежать від властивостей компонентів, $A = 1; B = 1$ [1, с. 269]; Додаток Б, таблиця Б.4

$$b = \frac{0,2\sqrt{\mu}}{\sqrt[3]{\rho}} = \frac{0,2\sqrt{1,22}}{\sqrt[3]{1048}} = 0,0216.$$

Молярний обсяг компонентів [1, с. 288]; Додаток Б, таблиця Б.5:

$$V_A = 14,8 \text{ см}^3/\text{моль};$$

$$V_B = \text{ } = 68,4$$

$$\text{см}^3/\text{моль} \cdot D_{x(20)} = \frac{1 \cdot 10^{-6}}{1 \cdot 1 \cdot \sqrt{1,005(18,9^{1/3} + 60,05^{1/3})^2}} \cdot \sqrt{\frac{1}{18} + \frac{1}{60,05}} = 0,5088 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}.$$

$$D_{x(t)} = 5,67 \cdot 10^{-9} [1 + 0,0216 (104,75 - 20)] = 1,399 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}.$$

Парова фаза.

Середня мольна концентрація в нижній частині колони:

$$y_{cp}^n = \frac{y_W + y_F}{2} = \frac{0,07 + 0,71}{2} = 0,39.$$

Середня мольна концентрація у верхній частині колони:

$$y_{cp}^e = \frac{y_F + y_P}{2} = \frac{0,71 + 0,98}{2} = 0,845.$$

Середня мольна концентрація по колоні:

$$y_{cp} = \frac{y_{cp}^n + y_{cp}^e}{2} = \frac{0,39 + 0,845}{2} = 0,6175.$$

Середня температура в нижній частині колони:

$$t_{y_{cp}}^n = 109,1^\circ\text{C}.$$

Середня температура у верхній частині колони:

$$t_{y_{cp}}^e = 101,5^\circ\text{C}.$$

Температури, знайдені з діаграми t - x, y (рис. 3.2).

Середня температура по колоні:

$$t_{y_{cp}} = \frac{t_{y_{cp}}^n + t_{y_{cp}}^e}{2} = \frac{109,1 + 101,5}{2} = 105,3^\circ\text{C}.$$

Середня мольна маса

$$M_{y\text{cp}} = M_A \cdot y_{\text{cp}} + M_B \cdot (1 - y_{\text{cp}}) = 18 \cdot 0,6175 + 60,05 \cdot (1 - 0,6175) = 34,084$$

кг/кмоль.

Средня густина:

$$\rho_{y\text{cp}} = \frac{M_{y\text{cp}}}{22,4} \cdot \frac{P}{P_0} \cdot \frac{T_0}{T},$$

тут $T = 273 + t_{y\text{cp}}$, °C; $P = 1$ кгс/см² (тиск в колоні атмосферний).

$$\rho_{y\text{cp}} = \frac{34,084}{22,4} \cdot \frac{1}{1,033} \cdot \frac{273}{378,14} = 1,0623 \text{ кг/м}^3.$$

Средня в'язкість [1]:

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

де μ_{yA} и μ_{yB} – динамічний коефіцієнт в'язкості парів компонента А і В.

$\mu_{yA} = 1,3 \cdot 10^{-5}$ Па·с при $t_{y\text{cp}} = 105,3$ °C [9, с. 8, 9]; Додаток Б.

$\mu_{yB} = 1,15 \cdot 10^{-5}$ Па·с.

$$\frac{34,4}{\mu_{y\text{cp}}} = \frac{0,6175 \cdot 18}{1,3 \cdot 10^{-5}} + \frac{(1 - 0,3825) \cdot 10,05}{1,2 \cdot 10^{-5}},$$

$\mu_{y\text{cp}} = 1,5599 \cdot 10^{-5}$ Па·с.

Коефіцієнт дифузії для парової фази визначаємо за рівнянням [1]:

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

де P – тиск кгс/см² (тиск у колоні атмосферний);

$T = 273 + t_{y\text{cp}}$, °C.

$$D_y = \frac{4,3 \cdot 10^{-7} \cdot 378,14^{3/2}}{1 \cdot (10,09^{1/3} + 3,92^{1/3})^2} \cdot \sqrt{\frac{1}{18} + \frac{1}{60,05}} = 1,21 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$$

3.2.4 Визначення діаметра колони

Діаметр колони визначаємо за рівнянням (2.8). Витрата, що проходить по колоні пара, може бути визначений:

$$V_y = \frac{G_y}{\rho_{y\text{cp}}} = \frac{G_p \cdot (R+1)}{\rho_{y\text{cp}}} = \frac{935.75 \cdot (4.85+1)}{1.0623} = 1.43 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Швидкість пари в колоні визначаємо за рівнянням (2.9).
 Попередньо приймаємо відстань між тарілками $h = 300$ мм.
 Використовуємо мораніше знайдені $\rho_{\text{хср}} = 950,750$ кг / м³ і $\rho_{\text{уср}} = 0,9596$ кг / м³.
 Для сітчатих тарілок за графіком (рис. 2.2) знаходимо $C = 0,032$.

Тоді швидкість пара в колоні:

$$W = 0.955 \text{ м/с}.$$

Тоді діаметр колони

$$D = \sqrt{\frac{V_y}{0,785 \cdot W}} = \sqrt{\frac{1.43}{0,785 \cdot 0.995}} = 1,35 \text{ м}.$$

Приймаємо стандартне значення діаметра колони $D = 1,4$ м (див. Додаток В) і уточнюємо швидкість пара в колоні:

$$W = \frac{V_y}{0,785 \cdot D^2} = \frac{1.43}{0,785 \cdot 1,4^2} = 0.928 \text{ м/с}.$$

3.2.5 Визначення гідравлічного опору колони з сітчатими тарілками

Гідравлічний опір колони ректифікації визначаємо за рівнянням (2.20):

$$\Delta P_k = n \cdot \Delta P_T.$$

Для сітчастої тарілки приймаємо: діаметр отворів $d_o = 12$ мм, висота переливу $h_{\text{пер}} = 0,03$ мм, вільне перетин тарілки $F_o = 0,08$ (8%).

Гідравлічний опір Сітчатих тарілок визначимо за рівнянням (2.22).

$$\Delta P_{\text{сyx}} = \zeta \frac{W_o^2 \cdot \rho_{y\text{cp}}}{2} = 1,82 \frac{17.5^2 \cdot 1,0623}{2} = 296 \text{ Па}.$$

Швидкість пара в отворах:

$$W_o = W / F_o = 1,4 / 0,08 = 17,5 \text{ м/с}.$$

$$\Delta P_{\sigma} = \frac{4\sigma}{1,3d_o + 0,08d_o^2} = \frac{4 \cdot 41,244 \cdot 10^{-3}}{1,3 \cdot 0,012 + 0,08 \cdot 0,012^2} = 10,567 \text{ Па.}$$

Для визначення статичного тиску рідини на тарілці визначаємо витрату рідкої фази в нижній частині колони:

$$L = G_p \cdot R + G_F = 935,72 \cdot 4,85 + 2500 = 7045,779 \text{ кг/ч}$$

або в об'ємному вираженні $11,22 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Для колони $D = 1,4 \text{ м}$ довжина зливного борту $l_{сл} = \Pi = 1,57 \text{ м}$ (див.

Додаток В), тоді інтенсивність потоку $\frac{L}{l_{сл}} = \frac{14,77}{1,57} = 9,40 \frac{\text{м}^3}{\text{ч} \cdot \text{м}}$.

Так як $\frac{L}{l_{сл}} = 9,40 > 5 \frac{\text{м}^3}{\text{ч} \cdot \text{м}}$, то $m = 10000$.

Тоді по рівнянню (2.25):

$$\begin{aligned} \Delta P_{cm} &= 1,3 \left[K \cdot h_{пер} + \sqrt[3]{K \left(\frac{L}{m \cdot l_{сл}} \right)^2} \right] \cdot \rho_{х ср} \cdot g = \\ &= 1,3 \left[0,5 \cdot 0,03 + \sqrt[3]{0,5 \left(\frac{7,436}{10000 \cdot 0,722} \right)^2} \right] \cdot 947,51 \cdot 9,81 = 1,468 \text{ Па.} \end{aligned}$$

3.2.6 Визначення діаметра штуцерів

Діаметр штуцера визначаємо за рівнянням (2.36).

Штуцер подачі флегми:

$$d = \sqrt{\frac{V_{\phi}}{0,785 \cdot W_{\phi}}},$$

$$V_{\phi} = \frac{G_{\phi}}{\rho_A} = \frac{G_p \cdot R}{\rho_A} = \frac{1499,76 \cdot 4,45}{3600 \cdot 739,25} = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}.$$

Так як швидкості потоку приймаємо орієнтовно, то можна прийняти щільність флегми, як щільність метилового спирту: $\rho_A = 739,25 \text{ кг / м}^3$ при $t = 65 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Приймаємо $W_{\phi} = 0,5 \text{ м/с}$, тоді

$$d = \sqrt{\frac{2,5 \cdot 10^{-3}}{0,785 \cdot 0,5}} = 0,0799 \text{ м.}$$

Стандартний розмір труби для виготовлення штуцера Ø38x3 мм, [6, с. 17].

Штуцер подачі вихідної суміші:

$$d = \sqrt{\frac{V_F}{0,785 \cdot W_F}},$$

$$V_F = \frac{G_F}{\rho_F}; \quad \rho_F = \frac{\rho_A \cdot \rho_B}{\rho_B \cdot \alpha_F + (1 - \alpha_F) \cdot \rho_A},$$

при $t_{XF} = 102,93 \text{ }^\circ\text{C}$

$$\rho_F = \frac{954,4375 \cdot 949,45}{949,45 \cdot 0,35 + (1 - 0,35) \cdot 954,4375} = 951,189 \text{ кг/м}^3,$$

$$V_F = \frac{1,111}{951,189} = 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с.}$$

Приймаємо $W_F = 0,8 \text{ м/с}$, тоді

$$d = \sqrt{\frac{1,16 \cdot 10^{-3}}{0,785 \cdot 0,8}} = 0,043 \text{ м.}$$

Стандартний розмір труби для виготовлення штуцера Ø70x3 мм, [6, с. 17].

Штуцер виходу кубового залишку:

$$d = \sqrt{\frac{V_W}{0,785 \cdot W_W}},$$

$$V_W = \frac{G_W}{\rho_W} = \frac{0,6444}{958,84} = 7,242 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с.}$$

$\rho_W = 958,84 \text{ кг/м}^3$ – щільність води при $98,8 \text{ }^\circ\text{C}$.

Приймаємо $W_W = 0,3 \text{ м/с}$, тоді

$$d = \sqrt{\frac{7,242 \cdot 10^{-4}}{0,785 \cdot 0,3}} = 0,05 \text{ м.}$$

Стандартний розмір труби для виготовлення штуцера Ø108x6 мм, [6, с.

17].

Штуцер виходу кубової рідини (подається на кип'ятильник):

$$d = \sqrt{\frac{V_{к.ж}}{0,785 \cdot W_{к.ж}}},$$

$$V_{к.ж} = \frac{G_F + G_\phi - G_W}{\rho_B} = \frac{1,111 + 0,4166 - 0,644}{949,45} = 8,77 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{с}.$$

Приймаємо $W_{к.ж} = 0,3 \text{ м/с}$, тоді

$$d = \sqrt{\frac{8,77 \cdot 10^{-4}}{0,785 \cdot 0,3}} = 0,06 \text{ м}.$$

Стандартний розмір труби для виготовлення штуцера $\text{Ø}159 \times 7 \text{ мм}$, [6, с.16].

Штуцер виходу пари з колони:

$$d = \sqrt{\frac{V_y}{0,785 \cdot W_y}},$$

$$V_y = 1,966 \text{ м}^3/\text{с} \text{ (см. розділ 3.4).}$$

Приймаємо $W_y = 15 \text{ м/с}$, тоді

$$d = \sqrt{\frac{1,966}{0,785 \cdot 15}} = 0,409 \text{ м}.$$

Стандартний розмір труби для виготовлення штуцера $\text{Ø}426 \times 15 \text{ мм}$, [6, с. 17].

Гідравлічний опір тарілки:

$$\Delta P_T = \Delta P_{сyx} + \Delta P_\sigma + \Delta P_{ст} = 296 + 10,567 + 1,468 = 308,035 \text{ Па}.$$

Гідравлічний опір колони:

$$\Delta P_K = n \cdot \Delta P_T = 25 \cdot 308,035 = 333,035 \text{ Па}.$$

Раніше прийняте відстань між тарілками $h = 0,5 \text{ м}$ перевіряємо по співвідношенню (2.26):

$$h > 1,8 \cdot \Delta P_T / \rho_{х ср} \cdot g,$$

$$1,8 \cdot \frac{308,035}{947,51 \cdot 9,85} = 0,059 \text{ м},$$

0,5 > 0,059 умова дотримується.

3.2.7 Теплові розрахунки

Підігрівач вихідної суміші

Рівняння теплового балансу для підігрівача:

$$Q = 1,05 \cdot G_F \cdot c_F' \cdot (t_{XF} - t_{нач}) = G_{г.п} \cdot r,$$

тут теплові втрати прийняті в розмірі 5% від корисно витрачається теплоти;

t_{XF} – температура кипіння вихідної суміші;

$t_{нач}$ – початкова температура (задана).

Питома теплоємність вихідної суміші

$$c_F' = a_F \cdot C_A + (1 - a_F) \cdot C_B,$$

де C_A , C_B – питомі теплоємності метилового спирту і води при середній температурі $t_{XF}^{cp} = \frac{t_{XF} + t_{нач}}{2} = \frac{102 + 17}{2} = 68,965^\circ\text{C}$;

$$C_A = 1 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}; C_B = 0,537 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}, [1, \text{ с. 562}]; \text{ таблиця Б.7 Додатки.}$$

$$c_F' = 0,90 \cdot 1 + (1 - 0,35) \cdot 0,537 = 1,24 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} = 5195,6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}.$$

$$Q = 1,05 \cdot G_F \cdot c_F' \cdot (t_{XF} - t_{нач}) = 1,05 \cdot 2500 \cdot 5195,6 \cdot (106,2 - 17) = 1216549,74 \text{ Вт.}$$

Витрата гріючого пара:

$$G_{г.п} = \frac{Q}{r} = \frac{1216549,74}{2117 \cdot 10^3} = 0,577 \text{ кг/с,}$$

$$r = \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} P = 6,5 \text{ кгс/см}^2 [1, \text{ с. 550}]; \text{ таблиця Б.9 Додаток.}$$

Средня різниця температур

$$151 \text{ —————} \rightarrow 51,1$$

$$17 \text{ —————} \rightarrow 106,2$$

Температура пари, що гріє $t_{г.п.} = 147^\circ\text{C}$ [1, с. 550]; таблиця Б.9 Додаток.

Велика різниця температур:

$$\Delta t_{\delta} = 151,1 - 17 = 134,1 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

меншарізниця температур:

$$\Delta t_{\text{м}} = 151,1 - 106,2 = 44,9 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Так як $\frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\text{м}}} = \frac{134,1}{44,9} = 2,98 > 2$, тоді середню різницю температур визначаємо за

рівнянням (2.38):

$$\Delta t_{\text{cp}} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{\text{м}}}{\ln \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\text{м}}}} = 189,78 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Коефіцієнт теплопередачі приймаємо орієнтовно рівним $250 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$ [6, с. 47].

Поверхня теплообміну підігрівача вихідної суміші

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{\text{cp}}} = \frac{1216549,74}{250 \cdot 189,78} = 25,64 \text{ м}^2.$$

Приймаємо одноходовий кожухотрубчасті теплообмінник з наступними характеристиками [6, с. 51]:

- Діаметр кожуха 325 мм;
- труба 20x2 мм;
- кількість труб в теплообміннику 90 шт;
- довжина труб 2 м; поверхня теплообміну 11 м^2

3.3 Аналіз впливу конструктивних особливостей контактних пристроїв на розміри колонного апарата

При виборі конструкції колони та типів контактних пристроїв, потрібно давати перевагу апаратам, які прості за своєю конструкцією також забезпечують високу ефективність при різних робочих навантаженнях.

Апаратними називають технологічні процеси, які протікають під впливом теплової, хімічної або електричної енергії у спеціальних апаратах: печах, реакторах, автоклавах, ваннах тощо. На відміну від механічних процесів, за яких змінюються розміри, форма і зовнішній вигляд предмета праці, в апаратних процесах одержують продукт, відрізняється від сировини за хімічним складом чи агрегатним станом.

Речовини, щомістяться чи переробляються в апаратах можуть: перебувати у різних агрегатних станах (частіше у рідкому чи газоподібному, рідше у твердому), мати різну хімічну активність (стосовно конструкційних матеріалів) — від інертних до агресивних, бути стосовно обслуговуючого персоналу нешкідливими аж до шкідливих та вибухо-вогнебезпечних.

В цій дипломній роботі розраховано ректифікаційну колону з сітчастими тарілками діаметром отворів на тарілці 12 мм. При розрахунках колони ректифікації було отримано діаметр колони 1,4 м, висота колони 9800 мм.

Для побудови графіку потрібно знайти робочий об'єм за формулою:

1) Сітчаста колона ректифікації з отворами на тарілці $d_0=5$ мм:

$$D_{роз} = \sqrt{V_y / (0,785 \cdot w)} = \sqrt{2,075 / (0,785 \cdot 1)} = 1,625 \text{ м}$$

$$N_{\text{д}} = NT/\eta = 13/0,87 = 15 \text{ шт}$$

$$H = (N_{\text{д}} - 1) \cdot 0,5 = (15 - 1) \cdot 0,5 = 7 \text{ м}$$

$$S = (\pi \cdot D_{\text{роз}}^2) / 4 = (3,14 \cdot 1,625^2) / 4 = 2,072 \text{ м}^2$$

$$V = H \cdot S = 7 \cdot 2,072 = 14,504 \text{ м}^3$$

2) Сітчаста колона ректифікації з отворами на тарілці $d_0 = 8 \text{ мм}$:

$$D_{\text{роз}} = \sqrt{V_{\text{у}} / (0,785 \cdot w)} = \sqrt{2,075 / (0,785 \cdot 1,2)} = 1,484 \text{ м}$$

$$N_{\text{д}} = NT/\eta = 13/0,5 = 16 \text{ шт}$$

$$H=(N_{\text{д}}-1)\cdot 0,5=(16-1)\cdot 0,5=7,427 \text{ м}$$

$$S=(\pi \cdot D_{\text{роз}}^2)/4=(3,14 \cdot 1,484^2)/4= 1,728 \text{ м}^2$$

$$V=H \cdot S=7,427 \cdot 1,728= 12,833 \text{ м}^3$$

3) Сітчаста колона ректифікації з отворами на тарілці $d_0=12 \text{ мм}$:

$$D_{\text{роз}} = \sqrt{V_y / (0,785 \cdot w)} = \sqrt{2,075 / (0,785 \cdot 1,4)} = 1,374 \text{ м}$$

$$N_{\text{д}} = NT/\eta = 130,75 = 18 \text{ шт}$$

$$H=(N_{\text{д}}-1)\cdot 0,5=(18-1)\cdot 0,5=8,5 \text{ м}$$

$$S=(\pi \cdot D_{\text{роз}}^2)/4=(3,14 \cdot 1,374^2)/4= 1,481 \text{ м}^2$$

$$V=H \cdot S=8,5 \cdot 1,481= 12,588 \text{ м}^3$$

4) Сітчаста колона ректифікації з отворами на тарілці $d_0=20$ мм:

$$D_{\text{роз}}=\sqrt{V_y / (0,785 \cdot w)}=\sqrt{2,075 / (0,785 \cdot 1,6)} = 1,285 \text{ м}$$

$$N_{\text{д}}=NT/\eta=13/0,5=26 \text{ шт}$$

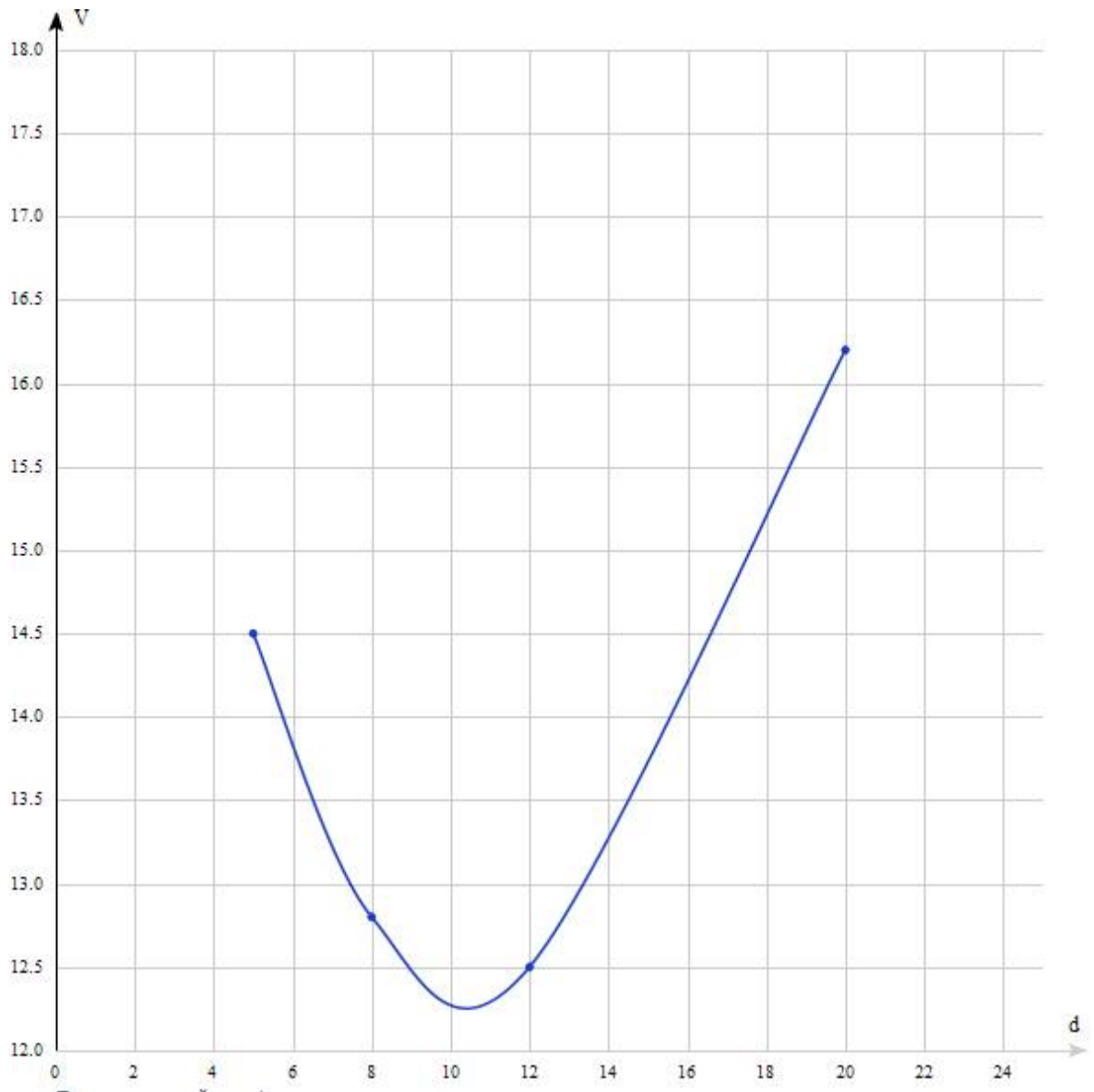
$$H=(N_{\text{д}}-1) \cdot 0,5=(26-1) \cdot 0,5=12,5 \text{ м}$$

$$S=(\pi \cdot D_{\text{роз}}^2)/4=(3,14 \cdot 1,285^2)/4= 1,296 \text{ м}^2$$

$$1V = H \cdot S = 12,5 \cdot 1,296 = 16,2 \text{ м}^3$$

Побудуємо графік та визначимо оптимальний варіант:

d0, мм	5	8	12	20
V, м ³	14,504	12,833	12,588	16,2



Використаємо колону ректифікації з діаметром отворів на сітчастій тарілці $d_0=12$ мм. Оптимальний розмір отвору в сітчастій тарілці буде давати мінімальний об'єм тарілкової частини ректифікаційної колони, який буде виправданий з економічної точки зору.

3.4 Розрахунок на міцністьдефлегматора

Вихідні дані:

Внутрішній діаметр кожуха , мм	325
Довжина теплообмінних труб , мм	2000
Зовнішній діаметр теплообмінної труби , мм	20
Товщина стінки труби , мм	2
Число ходів по трубам	1
Розрахунковий тиск у трубному просторі , МПа	0,02989
Розрахунковий тиск у міжтрубному просторі , МПа	0,029
Розрахункова температура труб , °С	134,1
Розрахункова температура кожуха , °С	48,17
Матеріал кожуха	12X18H10T
Матеріал розподільної камери, кришки, трубної решітки та Теплообмінних труб	12X18H10T

3.4.1 Розрахункова температура

Визначаємо розрахункову температуру розподільної камери

$$T_{\text{кам}} = 2 * t_{\text{r}} - t_{\text{к}}$$

$$T_{\text{кам}} = 2 * 134,1 - 48,17 = 85,93 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Визначаємо розрахункову температуру ізолюваних фланців

$$t_{\text{ф}} = t,$$

де t – розрахункова температура апарата, $^\circ\text{C}$.

Розрахункову температуру ізолюваних фланців і фланців штуцерів розподільної камери теплообмінника приймаємо рівною температурі розподільної камери, тобто $t_{\text{ф}} = t_{\text{к}} = 85,93 \text{ } ^\circ\text{C}$

Розрахункову температуру ізолюваних фланців штуцерів кожуха приймаємо рівною температурі середовища міжтрубного простору тобто

$$t_{\text{ф}} = t_{\text{к}} = 85,93 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Розрахункова температура болтів для ізолюваних фланцевих з'єднань

$$t_{\text{б}} = 0,97 * t$$

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

$$t_{\text{б}} = 0,97 * 85,93 = 83,35 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Розрахункова температура болтів фланцевих з'єднань штуцерів міжтрубного простору

$$t_{\text{б}} = 0,97 * 48,17 = 46,72 \text{ } ^\circ\text{C}$$

3.4.2 Допустимі напружини

Таблиця 1 – Допустимі напружини матеріалів деталей теплообмінника

Елементи апарата	Матеріал	Допустимі напружини, МПа		Відношення допустимих напружин $[\sigma]_{20}/[\sigma]$
		при температурі 20°C $[\sigma]_{20}$	при розрахунковій температурі $[\sigma]$	
Кожух	12X18H10T	184	174	1,057
Трубна решітка	12X18H10T	184	169,2	1,087
Труби	12X18H10T	184	169,2	1,087
Фланці апаратні	12X18H10T	184	169,2	1,087
Фланці штуцерів трубного простору	12X18H10T	184	163,2	1,127
Фланці штуцерів міжтрубного простору	Сталь 20	147	137,5	1,069
Болти та гайки кріплення апаратних	12X18H10T	184	164	1,122

фланців та штуцерів трубного простору				
Болти фланцевих з'єднань штуцерів міжтрубного простору	Сталь 35	130	125,99	1,032
Гайки фланцевих з'єднань штуцерів міжтрубного простору	Сталь 20	147	142,19	1,034

Визначаємо пробний тиск, при якому проводиться випробування апарата

$$P_{\text{пр}} = 1,25 \cdot P \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]};$$

Для трубного простору

$$P_{\text{пр тр}} = 1,25 \cdot 0,44 \cdot 1,087 = 0,59785 \text{ МПа.}$$

Гідростатичний тиск при випробуванні трубного простору теплообмінника складає

$$P_{\text{г тр}} = \rho_{\text{в}} \cdot g \cdot H_{\text{с}} \cdot 10^{-6},$$

де $H_{\text{с}}$ – висота стовпа води у трубному просторі (відстань між фланцями штуцерів у розподільній камері).

$$P_{\text{г тр}} = 1000 \cdot 9,81 \cdot 1,45 \cdot 10^{-6} = 0,014 \text{ МПа.}$$

Гідростатичний тиск при випробуванні трубного простору

$$P_{г\text{ тр}} = 0,014 < 0,05 \cdot P_{пр\text{ тр}} = 0,05 \cdot 0,59785 = 0,2989 \text{ МПа}$$

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

$$P_{і\text{ т}} = P_{пр\text{ тр}} = 0,59785 \text{ МПа.}$$

Умова

$$P_{і\text{ т}} = 0,59785 \text{ МПа} \leq 1,35 \cdot P_m \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} = 1,35 \cdot 0,44 \cdot 1,087 = 0,645678 \text{ МПа}$$

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

Для міжтрубного простору

$$P_{пр\text{ к}} = 1,25 \cdot 0,44 \cdot 1,057 = 0,58135 \text{ МПа.}$$

Гідростатичний тиск при випробування міжтрубного простору

$$P_{г\text{ к}} = \rho_v \cdot g \cdot H_k \cdot 10^{-6};$$

$$P_{г\text{ к}} = 1000 \cdot 9,81 \cdot 1,57 \cdot 10^{-6} = 0,015 \text{ МПа.}$$

Гідростатичний тиск при випробуванні міжтрубного простору

$$P_{г\text{ к}} = 0,015 < 0,05 \cdot P_{пр\text{ тр}} = 0,05 \cdot 0,59785 = 0,029 \text{ МПа}$$

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

$$P_{і\text{ к}} = P_{пр\text{ к}} = 0,581 \text{ МПа.}$$

Умова

$$P_{і\text{ к}} = 1,321 \text{ МПа} \leq 1,35 \cdot P_m \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} = 1,35 \cdot 1 \cdot 1,057 = 1,427 \text{ МПа}$$

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

3.4.3 Коефіцієнти міцності зварних швів

Для першої групи апаратів приймаємо коефіцієнт міцності зварних швів $\varphi = 1$.

3.4.4 Додатки до розрахункових величин

Визначаємо суму додатків до розрахункових величин

$$C = C_1 + C_2,$$

де C_1 – додатка для компенсації корозії та ерозії, мм.

C_2 – додатка для компенсації мінусового допуску, мм.

Розраховуємо додатку для компенсації корозії та ерозії

$$C_1 = П \cdot \tau + C_3,$$

де $П$ – швидкість проникнення корозії, мм/рік;

τ – розрахунковий строк служби теплообмінника, років;

C_3 – додатка для компенсації ерозії, мм.

Додатку для компенсації ерозії не враховуємо, приймаючи, що теплообмінник працює з чистими рідкими середовищами (без твердих або абразивних частинок), а швидкість руху середовища складає менше 20 м/с.

Швидкість проникнення корозії для матеріалу між трубного простору приймаємо $П_{\text{к}} = 0,05$ мм/рік, а трубного $П_{\text{т}} = 0$ мм/рік.

Додатка для компенсації корозії та ерозії складає:

- для труб з боку трубного та між трубного просторів

$$C_{1\text{т}} = 0 \text{ мм};$$

- для кожуха

$$C_{1\text{к}} = П_{\text{к}} \cdot \tau = 0,05 \cdot 10 = 0,5 \text{ мм}.$$

Приймаємо додатку до компенсації мінусового допуску для труб

$$C_{2\text{т}} = 0,5 \text{ мм}, \text{ для кожуха } C_2 = 0,6 \text{ мм}.$$

3.4.5 Розрахунок кожуха теплообмінника

Розрахунок товщини стінки циліндричної обичайки кожуха теплообмінника

Визначаємо розрахункову товщину стінки кожуха від дії внутрішнього тиску

$$S_{\text{рк}} = \frac{P_{\text{к}} \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_{\text{р}} - P_{\text{к}}}$$
$$S_{\text{рк}} = \frac{0,44 \cdot 800}{2 \cdot 174 \cdot 1 - 0,44} = 1,012 \text{ мм.}$$

Визначаємо виконавчу товщину стінки кожуха

$$S \geq S_{\text{р}} + C;$$

Відповідно галузевому стандарту приймаємо виконавчу товщину стінки кожуха рівною $S_{\text{к}} = 6 \text{ мм}$. Добавка для компенсації мінусового допуску для сталевих листа товщиною 6 мм складає $C_2 = 0,6 \text{ мм}$. Добавку

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

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

Сума добавок до розрахункової товщини стінки кожуха складає

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

Визначаємо виконавчу товщину стінки кожуха

$$S_{\text{к}} = 1,012 + 1,1 = 2,112 \text{ мм.}$$

Остаточно приймаємо виконавчу товщину стінки кожуха рівною $S_{\text{к}} = 6 \text{ мм}$.

Визначаємо допустимий внутрішній надлишковий тиск в кожусі

$$[P] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_{\text{р}} \cdot (S - C)}{D + (S - C)};$$

$$[P] = \frac{2 \cdot 174 \cdot 1 \cdot (6 - 1,1)}{800 + (6 - 1,1)} = 2,11 \text{ МПа.}$$

Умова міцності

$$P_{\kappa} = 1,0 \leq [P]_{\kappa} = 2,11 \text{ МПа}$$

виконується.

Умова застосування розрахункових формул

$$\frac{S - C}{D} = \frac{6 - 1,1}{800} = 0,0049 \leq 0,061$$

виконується .

3.4.6 Розрахунок лінзового компенсатора

Умовизастосування розрахункових формул

$$\frac{S_{\lambda}}{d_{\mu}} \leq 0,035; \quad 1,08 \leq \frac{D_{\lambda}}{d_{\mu}} \leq 3,00; \quad \frac{2r}{D_{\lambda} - d_{\mu}} \leq 0,4.$$

$$\frac{S_{\lambda}}{d_{\mu}} = \frac{4}{408} = 0,01 < 0,035;$$

$$1,08 < \frac{D_{\lambda}}{d_{\mu}} = \frac{658}{408} = 1,61 < 3,00;$$

$$\frac{2r}{D_{\lambda} - d_{\mu}} = \frac{2 \cdot 22}{658 - 408} = 0,17 < 0,4.$$

виконуються.

3.4.7 Визначення допоміжних величин

Розрахунковий діаметр западини хвилі компенсатора розраховуємо за формулою

$$d_1 = d_{\mu} - S_{\lambda} = 408 - 4 = 404 \text{ мм.}$$

Розрахунковий діаметр гребеня хвилі компенсатора визначаємо за формулою

$$d_2 = D_{\lambda} - S_{\lambda} = 658 - 4 = 654 \text{ мм.}$$

Середній радіус тороїдального переходу хвилі компенсатора розраховуємо за формулою

$$r_s = 0,5(2r + s_n) = 0,5(2 \cdot 22 + 4) = 24 \text{ мм.}$$

Допоміжну величину впливу переходу розраховуємо за формулою

$$\rho_n = 2 - 100 \cdot \frac{r_s}{d_1 + d_2} = 2 - 100 \cdot \frac{24}{404 + 654} = 0,54 \text{ мм.}$$

Розрахункову ширину пластинчастої зони хвилі компенсатора визначаємо за формулою

$$b_n = 0,5(d_2 - d_1 + \rho_n \cdot r_s) = 0,5 \cdot (654 - 404 + 0,54 \cdot 24) = 131,48 \text{ мм.}$$

Радіус закруглення пластинчастої зони хвилі компенсатора розраховуємо за формулою

$$R_o = 0,25(d_2 + d_1 - 2b_n) = 0,25 \cdot (654 + 404 - 2 \cdot 131,84) = 198 \text{ мм.}$$

Середній діаметр хвилі компенсатора визначаємо за формулою

$$d_{cp} = 0,5(d_2 + d_1) = 0,5 \cdot (654 + 404) = 529 \text{ мм.}$$

Характеристики хвилі обчислюємо за формулами :

$$\xi = \frac{d_2}{d_1} - 1 = \frac{654}{404} - 1 = 0,61 ;$$

$$\eta = \frac{d_2 - d_1}{2r_s} - 2 = \frac{654 - 404}{2 \cdot 24} - 2 = 3,208 ;$$

$$\alpha = s_n / d_1 = 4 / 404 = 0,09 ;$$

$$\lambda = b_n / R_o = 131,84 / 198 = 0,66 ;$$

$$\gamma = 1 + 1,25 \cdot \frac{d_2}{d_1} - \frac{3,2 \cdot r_s}{d_2 - d_1} = 1 + 1,25 \cdot \frac{654}{404} - \frac{3,2 \cdot 24}{654 - 404} = 2,72 .$$

3.4.8 Розрахунок компенсатора на міцність

Розрахункову товщину s_3 , мм, розраховуємо за формулою

$$s_3 = 0,25(d_2 - d_1 - \gamma \cdot r_s) \cdot \sqrt{P / [\sigma_n]} =$$

$$= 0,25 \cdot (654 - 404 - 2,72 \cdot 24) \cdot \sqrt{0,5 / 122} = 2,90 \text{ мм.}$$

Розрахункову товщину стінки компенсатора s_4 , мм, визначаємо за формулою(17):

$$S_4 = \frac{P \cdot d_{cp}}{2[\sigma]_l \cdot \varphi} \cdot \frac{L}{d_2 - d_1 + 2l_k + 2,3 r_s} =$$

$$= \frac{0,45 \cdot 644}{2 \cdot 122 \cdot 0,9} \cdot \frac{106}{654 - 404 + 2 \cdot 5 + 2,3 \cdot 24} = 0,54 \text{ мм.}$$

Розрахункову товщину стінки компенсатора s_{np} , мм, визначаємо за формулою(18):

$$S_{np} = S_4 \cdot \sqrt{0,5 + \sqrt{0,25 + (S_3 / S_4)^4}} = 0,27 \sqrt{0,5 + \sqrt{0,25 + (2,90 / 0,54)^4}} = 1,458 \text{ мм.}$$

Суму добавок до розрахункової товщини стінки лінзового компенсатора при її товщині $s_l = 4,0$ мм приймаємо рівною 0 мм.

Виконавчу товщину стінки лінзового компенсатора розраховуємо за формулою

$$S_l \geq S_{np} + C_l = 1,458 + 0,5 = 1,958 \text{ мм.}$$

Остаточню приймаємо виконавчу товщину стінки компенсатора рівною 4 мм.

Допустимий тиск $[P]_l$ визначаємо за формулою

$$[P]_l = 16 \left(\frac{S_l - C_l}{d_2 - d_1 - \gamma \cdot r_s} \right)^2 \cdot [\sigma]_l = 16 \cdot \left(\frac{4 - 0,8}{654 - 404 - 2,72 \cdot 24} \right)^2 \cdot 122 = 0,63 \text{ МПа.}$$

Допустимий тиск $[P]_2$ визначаємо за формулою(21):

$$[P]_2 = \frac{2[\sigma]_l \cdot \varphi \cdot (S_l - C_l)}{d_{cp}} \cdot \frac{d_2 - d_1 + 2l_k + 2,3 \cdot r_s}{L} =$$

$$= \frac{2 \cdot 122 \cdot 0,9 \cdot (4 - 0,8)}{479} \cdot \frac{654 - 404 + 2 \cdot 5 + 2,3 \cdot 24}{106} = 4,35 \text{ МПа.}$$

Допустимий тиск визначаємо за формулою:

$$[P]_l = \frac{[P]_l}{\sqrt{1 + \left(\frac{[P]_l}{[P]_2} \right)^2}} = \frac{0,63}{\sqrt{1 + \left(\frac{0,63}{4,35} \right)^2}} = 0,62 \text{ Ма.}$$

4. Технологія виготовлення теплообмінника (дефлегматора)

Теплообмінник складається з багатьох позицій. Так три обичайки зварюються між собою кільцевими швами. До них приварюються два днища також кільцевими швами. Частіше за все в якості допоміжного механічного обладнання використовують роликовий стенд. Найбільш трудомісткою операцією при виготовленні кожухотрубчатих теплообмінників є збирання трубочок. Збирання, як правило, роблять у спеціальних пристроях, які строго фіксують положення трубних решіток. Якщо трубчатка складається з великого числа труб, то під час складання пристосування встановлюють вертикально, при малому числі труб - горизонтально. Набір трубок ведуть від центру до периферії. При виборі і створенні теплообмінної апаратури необхідно враховувати такі важливі чинники, як теплове навантаження апарату, температурні умови процесу, фізико-хімічні параметри робочих середовищ, умов теплообміну, характер гідравлічних опорів, його корозійну стійкість та термін експлуатації.

Хімічні продукти в тій чи іншій мірі завжди викликають корозію матеріалу апарату, тому для виготовлення їх застосовуються різні метали (залізо, чавун, алюміній) і їх сплави. Найбільше застосування знаходять сталі. Завдяки здатності змінювати свої властивості залежно від складу, можливість термічної і механічної обробки сталі з низьким змістом вуглецю добре штамуються, але погано обробляються різанням. При виготовленні теплообмінників використовують нержавіючі сталі.

При підготовці до зварювання теплообмінників необхідно врахувати те, що вони виготовляються з високолегованих конструкційних сталей і тому необхідно врахувати спеціальні вимоги для цих сталей. Недоліком такого

теплообмінника є підвищена металоємність. Цей недолік обумовлений великою товщиною торцевої стінки корпусу через ослаблення її осьовим отвором під колектор, а також використанням частини бічної стінки колектора для організації підведення і відведення теплоносія, яка має суттєвий вагу і розташована за межами корпусу теплообмінника. Тому необхідно знижувати металоємність теплообмінника. В теплообміннику, що містить корпус і розміщений в ньому колектор, в торцевій стінці першого з яких виконано осьовий отвір, а колектор встановлений співвісно щодо останнього і виконаний з днищем, і патрубками для теплоносія, причому торцева стінка корпусу в зоні отвори, і днище колектора виконані опуклими і з'єднані між собою, поставлена мета досягається тим, що днище колектора виконано сферичним з кривизною, більшої кривизни торцевої стінки корпусу в зоні отвору, і встановлено в останньому, а, щонайменше, один патрубок розміщений в днище колектора. Виконання днища колектора сферичним з кривизною, більшої кривизни торцевої стінки корпусу в зоні осьового отвору, і розміщення патрубків для теплоносія в днище колектора дозволяє позбутися від частини останнього, розташованої за межами корпусу, і організувати підведення і (або) відведення теплоносія через днище колектора, що знижує металоємність цього колектора, а значить і теплообмінника. Установка днища колектора в осьовому отворі торцевої стінки корпусу закриває цей отвір, робить цю стінку як би без отвору, що за умовою міцності знижує необхідну товщину, а значить і металоємність цієї стінки. Таким чином, завдяки сукупності відмінних ознак у заявляється теплообмінника з'являється нова властивість, що веде до досягнення нового позитивного ефекту, що полягає в зниженні металоємності теплообмінника. Також зниження металоємності даної конструкції, може проходити шляхом застосування нових конструкційних елементів. А саме, для виготовлення теплообмінника можливо застосувати б-

металічні конструкційні елементи. Такі матеріали повинні складатись з декількох шарів, приклад : з двох, в якому перший шар не реагував (не кородував) з елементами охолодження, а другий - забезпечував механічні характеристики роботи приладу.

Використання таких конструкційних елементів знизить товщину стінок, тим самим знизить металоемність.

4. Ремонт теплообмінника

Здатність обладнання до ефективної роботи згідно з вимогами нормативно-технічної документації протягом всього терміну експлуатації залежить від якості технічного обслуговування і ремонту по кожному вузлу обладнання.

Ремонт – це комплекс операцій з відновлення справності або працездатності виробів і відновлення ресурсів виробів і їх складових частин (ГОСТ 18322-78).

Типові роботи при ремонті теплообмінника:

- 1) розбирання, збірка;
- 2) ремонт водяних камер, каркаса трубного пучка;
- 3) очищення трубних дошок, трубок, міжтрубному простору;
- 4) заміна трубок, включаючи їх вирізку, установку нових трубок, закріплення трубок в трубних дошках;
- 5) перевірка герметичності.

При виконанні цих робіт можуть виконуватися такі технологічні операції:

- 1) електрогазозварка;
- 2) електрогазорізка;
- 3) механічна обробка;
- 4) вальцеваніє і ін.

Класифікація видів ремонту

Класифікацію ремонту проводять по одному з наступних розмежувальних ознак: плановані, періодичності проведення, обсягом проведених робіт, ступеня регламентації робіт і т.д.

Різні види ремонту можна проводити за допомогою різних методів, сукупності технологічних і організаційних правил виконання ремонтних операцій.

У практиці розрізняють наступні види ремонту (згідно ГОСТ 18322-78).

Плановий - ремонт, постановка обладнання на який здійснюється відповідно до вимог нормативно-технічної документації.

Неплановий (аварійний) - ремонт, постановка на який здійснюється без попереднього призначення, проводиться при раптовому відмову апарату.

Поточний - ремонт, що виконується для забезпечення або відновлення працездатності виробу і полягає в заміні і (або) відновленні окремих частин.

Середній - ремонт, що виконується для відновлення справності та часткового відновлення ресурсу виробів з заміною або відновленням складових частин обмеженої номенклатури і контролем технічного стану складових частин, що виконуються в обсязі, встановленому в нормативно-технічної документації.

Капітальний - ремонт, що виконується для відновлення справності та повного (або близького до повного) відновлення ресурсу виробу із заміною чи відновленням будь-яких його частин, включаючи базові.

Знеособлений (агрегатний) - метод ремонту, при якому несправні агрегати замінюються новими або заздалегідь відремонтованими. Під агрегатом розуміється складальна одиниця, що володіє властивостями повної взаємозамінності, незалежної збірки і самостійного виконання певної функції в виробках різного призначення.

Ремонт за технічним станом - метод ремонту, при якому перелік операцій визначається за результатами контролю технічного стану і діагностування обладнання.

Зміст перерахованих вище видів ремонту.

Плановий ремонт обладнання заснований на вивченні і аналізі ресурсів роботи деталей і вузлів з встановленням технічно і економічно обґрунтованих норм і нормативів. Плановий ремонт передбачає виведення в ремонт обладнання з урахуванням вимог діючих в галузі нормативів.

У плановому порядку виконуються капітальний, середній і поточний ремонти. Вид ремонту допоміжного (теплообмінного) обладнання може відрізнятися від виду ремонту основного обладнання (турбоустановки), але виконується в строки, що визначаються ремонтом основного устаткування.

Планування ремонту обладнання включає в себе розробку перспективних графіків ремонту і модернізації основного обладнання станцій (електричних і компресорних); річних графіків ремонту основного обладнання станцій; річних і місячних графіків ремонту допоміжного і загальностанційного обладнання.

Перспективний графік ремонту і модернізації основного обладнання станцій зазвичай розробляється на 5 років на підставі відомостей, що подаються станціями, і служить підставою для планування трудових, матеріальних і фінансових ресурсів по роках планованого періоду. Перспективний графік ремонту може щорічно коригуватися з урахуванням обстановки, що склалася або виниклих потреб.

Річний графік ремонту основного обладнання, як правило, встановлює календарний час виведення в ремонт кожної турбоустановки (енергоблоку), тривалість ремонту і планований обсяг робіт за виконавцями. Річний графік розробляється на планований рік відповідно до затвердженого перспективним графіком з урахуванням технічного стану обладнання. При цьому в річний графік можуть бути внесені обґрунтовані зміни позицій перспективного графіка.

Поточний ремонт теплообмінних апаратів виробляють для контролю і підтримки обладнання в працездатному стані. Він повинен проводитися на

зупиненому обладнанні. Основні операції, що виконуються при поточному ремонті теплообмінних апаратів, включають в себе:

- зовнішній огляд апарату з виправленням зовнішніх дефектів ізоляції, заміною болтів і шпильок, підтяжкою болтових і різьбових з'єднань;
- перевірку стану арматури і заміну або ремонт її;
- огляд і налагодження контрольно-вимірювальної апаратури;
- перевірку і налагодження конденсатоотводчиків і дренажів;
- огляд і оцінку стану внутрішніх поверхонь апарату.

Середній ремонт теплообмінного апарату передбачає ревізію окремих вузлів, а також відновлення та заміну зношених деталей і пов'язаний, як правило, з розбиранням апарату. До основних операцій, виконуваних при середньому ремонті, відносяться:

- роботи, що передбачаються поточним ремонтом;
- заміна арматури з перевіркою запобіжних клапанів на гідравлічному пресі;
- перевірка герметичності трубної системи і корпусу і усунення пошкоджень;
- ревізія різноманітних різьбових, сальникових і фланцевих з'єднань;
- розбирання і ремонт допоміжних елементів з відновленням або заміною окремих вузлів і деталей;
- ремонт обмурівки та антикорозійного покриття;
- ремонт ізоляції та фарбування поверхонь апарату.

Капітальний ремонт має на меті відновлення працездатності обладнання по можливості до початкового технічного стану. При капітальному ремонті проводиться повне розбирання апарату з ремонтом окремих деталей і вузлів на місці, в ремонтних цехах або підприємствах. Капітальний ремонт проводиться за спеціально розробленим планом і забезпечується необхідними документами і матеріалами (дефектними

відомостями, кресленнями, запасними частинами, інструментами, пристосуваннями, підйомно-транспортним та такелажних обладнанням), а також робочою силою і ремонтної майданчиком. При капітальному ремонті може бути проведена заміна трубного пучка або всього теплообмінного апарату.

Послідовність операцій при капітальному ремонті:

1) ознайомлення з кресленнями і дефектною відомістю на апарат; підготовка необхідних запасних деталей, інструменту, матеріалів і підйомно-транспортних пристроїв;

2) отримання дозволу на відключення обладнання, що підлягає ремонту;

3) зняття контрольно-вимірювальних приладів, розтин апарату і розбирання його на вузли і деталі;

4) промивання очищення;

5) відбраковування деталей методом огляду і вимірів, уточнення дефектної відомості на ремонт і відомості на запасні частини;

6) ремонт деталей, складання вузлів, підгонка деталей і вузлів;

7) виготовлення нових деталей і вузлів, внесення удосконалень, намічених до реалізації в період капітального ремонту;

8) збірка, випробування апарату і усунення виявлених дефектів;

9) перевірка апарату після складання, підготовка до випробування;

10) випробування апарату і здача його в експлуатацію.

Завершується виконання капітального ремонту складанням акту про передачу обладнання в експлуатацію.

Знеособлений метод ремонту використовується в тому випадку, коли не зберігається приналежність відновлених елементів та вузлів певного теплообмінних апаратів. Цей метод може застосовуватися, якщо на станції встановлено кілька однотипних теплообмінних апаратів. При цьому методі

скорочується час ремонту, роботи можуть бути повніше спеціалізовані, підвищується продуктивність праці.

5. Техніка безпеки та охорона праці на виробництві

Охорона праці — це система правил і заходів, які забезпечують безпечну роботу на даному виробництві. При роботі на металорізальному верстаті необхідно передбачити ряд вимог, які б дозволили працівнику виконувати поставлене перед ним завдання в умовах, які передбаченні конструкторськими документами.

Основними заходами, які зменшують або попереджають травматизм при роботі на дільниці є автоматизація або механізація технологічного процесу.

Крім цього на верстатах встановлюють захисні кожухи на вузлах, які передбачають крутні моменти. Всі захисні кожухи з внутрішнього боку, фарбуються в жовтий колір (сигнальний), а ззовні, наноситься знак безпеки за ГОСТ 12.4.025-86 (рівнобічний трикутник жовтого кольору з вершиною доверху, в чорній рамці і знаком оклику посередині). Під знаком встановлено таблицю з написом «При ввімкненому верстаті не відкривати».

Для орієнтовної оцінки шуму приймають показник, який називається «рівнем шуму» і вимірюється за шкалою «А» шумоміра. Допустимий рівень шуму в приміщеннях, в тому числі і цехах холодної обробки по СН 245-79 становить 71-90 Дб.

Основними заходами, які захищають працівників від шкідливих дій шуму і вібрацій, є установка верстата на віброопори.

Правильне визначення площі дільниці, визначає правильну організацію робочого місця згідно з науковою організацією праці. Завдяки цьому, зменшується утомлення робітників і знижується ймовірність травматизму.

Кожне робоче місце обладнане інструментальною тумбочкою і дерев'яною підставкою, а для видалення стружки з верстата, застосовують

спеціальні вмонтовані у верстат шнекові і магнітні транспортери, а на свердлильних верстатах — спеціальні гачки і щітки.

В цеху застосовується комбіноване освітлення. Освітленість на підлозі при загальному освітленні, повинна бути не менше 150 лк для ламп розжарення (з 2010-х років, повсюдно замінюються на світлодіодні лампи та світильники) та не менше 150 лк для люмінесцентних ламп, незалежно від місцевого освітлення.

Як лікувально-профілактичні заходи передбачено попередній та поточний (не рідше одного разу на рік) медогляди працівників цеху, заборону допуску до вібраційних робіт осіб, молодших 18 років та таких, що мають відповідні проти покази в стані здоров'я, лікувальну гімнастику та масаж рук.

Складовою частиною системи управління безпеки праці є інструктажі з питань охорони праці та техніки безпеки. Працівники, під час прийняття на роботу та періодично, повинні проходити інструктажі з питань техніки безпеки. Інструктажі проводить відповідальний спеціаліст, який відповідає на цьому підприємстві за охорону праці та техніку безпеки, який має спеціальну освіту або який в установленому Типовим положенням про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці (НПАОП 0.00-4.12-05) порядку пройшов навчання і перевірку знань з питань охорони праці. Інструктажі поділяються на

- вступний;
- первинний;
- повторний;
- позаплановий;
- цільовий.

Насамперед техніка безпеки забезпечується, підготовкою робочого місця. Для цього повинні бути передбачені вільні проходи, шляхи доставки деталей, інструментів та приладів, відгородження робочої зони та

попереджувальні засоби. Для службових і виробничих приміщень повинні бути розроблені інструкції з техніки безпеки, які вивішуються на видних місцях. Перед тим, як починати роботу в приміщенні воно має бути перевірено на:

- справність і готовність до роботи приладів і установок;
- наявність заземлення і надійність з'єднання проводів зовнішнім оглядом і легким просмикуванням;
- наявність і справність засобів індивідуального захисту, пожежогасіння, а також комплектність аптечки;
- відсутність короткозамкнених з'єднань на зовнішніх струмозйомних клемах обладнання;
- розташування ручок регуляторів напруги електроприладів.

Забороняється:

- розпочинати роботу, не ознайомившись із властивостями речовин, сумішей і матеріалів з якими доведеться працювати, а також у тому разі, коли етапи роботи викликають сумнів.
- Розташовувати поблизу робочого місця обладнання, котре проводить електричний струм та перебуває під напругою і до якого можливий випадковий дотик.

Заходи, спрямовані на підвищення рівня техніки безпеки

Перед початком роботи на проєктованій ділянці, треба перевірити справність устаткування, пристосувань і інструмента, огорож, захисного заземлення, вентиляції. Перевірити правильність складування заготівель і напівфабрикатів. Під час роботи, необхідно виконувати всі правила використання технологічного устаткування, дотримуватися правил безпечної експлуатації транспортних засобів, тари та вантажо-підіймальних механізмів, дотримуватися вказівок про безпечне утримання робочого місця. Під час надзвичайних подій, треба неухильно виконувати всі правила, що

регламентують поведінку персоналу під час виникнення аварій і пригод, які можуть призвести до аварій і нещасних випадків. По закінченні роботи, повинно бути вимкнено все електроустаткування, проведено прибирання відходів виробництва та інші заходи, що підтримують безпеку на ділянці. Ділянка має бути оснащена необхідними попереджувальними плакатами, обладнання повинно мати відповідне забарвлення, повинна бути виконана розмітка проїжджої частини,

Засоби особистого захисту проїздів. Сама ділянка, мусить бути спланована згідно з вимогами техніки безпеки, а саме дотримання: ширини проходів, проїздів, мінімальної відстані між обладнанням. Всі ці відстані, повинні бути не менше припустимих.

Щоб запобігти негативному впливу виявлених небезпечних та шкідливих виробничих факторів на здоров'я працівників, попередити виникнення виробничого травматизму при виконання технологічного процесу виготовлення деталі,

передбачається проведення наступних заходів загального характеру: раціональна організація робочих місць; постійний контроль правильності всіх прийомів праці під час виконання операцій технологічного процесу; своєчасне проведення планово-попереджувальних ремонтів виробничого обладнання та інструменту; підтримання проїздів та проходів в належному стані; належні режими виконання всіх основних та допоміжних операцій технологічного процесу; ефективне використання засобів індивідуального захисту, своєчасна перевірка їх стану, дотримання потрібної (встановленої нормами) частоти їхньої заміни; використання сучасних запобіжних пристроїв і огороження робочих зон; проведення послідовної перевірки стану обладнання та допоміжних пристроїв, тощо.

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-вимірні прилади, інструкцію з техніки безпеки і знати техніку обслуговування 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 рухомих деталях. Змащування рухомих 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. Освітлення 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 запірній арматурі повинні бути вивішені таблички «Не включати працюють люди»

Висновки

В данному дипломному проекті були розраховані матеріальний та тепловий баланс. Було виконано конструктивний розрахунок проектованого пристрою, в результаті були визначені основні розміри проектованої колони та теплообмінника:

- 1) діаметр колони – 1400 мм;
- 2) висота колони – 9800 мм;
- 3) кількість тарілок – 25;
- 4) діаметр підігрівача – 325 мм;
- 5) діаметр трубок – 20x2 мм;
- 6) довжина трубок – 2000 мм;
- 7) кількість трубок – 90 шт;
- 9) діаметр отворів в тарілці – 12 мм

В данному разі доцільно використовувати ректифікаційну колону з діаметром отворів на сітчастій тарілці $d_0 = 12$ мм. Так як в цьому варіанті найменший робочий об'єм і, отже, менше ємність металу. З усіх чотирьох варіантів це найбільш оптимальний.

Література

1. Касаткин А.Г. “Основные процессы и аппараты химической технологии”, 1961.
2. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. – Л.: Химия, 1987. – 576с.
3. Справочник химика, т. 5. – М.: Химия, 1968. – 975 с.
4. Отраслевой стандарт (Ост 26-01-1488-83).
5. Доманский И.В., Исаков В.П. и др. Под общей редакцией Соколова В.Н. Машины и аппараты химических производств: Примеры и задачи. – Л.: Машиностроение, 1982. – 384 с.
6. Расчеты основных процессов и аппаратов нефтепереработки. Справочник/Под редакцией Судакова Е.Н., 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1979. – 568 с.
7. Конструкції кожухотрубчастих теплообмінних апаратів. Лекції з курсу “Машины та апарати хімічних виробництв” для викладачів і студентів за спеціальністю 7.090220 / Уклад.: В.В. Іванченко, В.Г. Табунціков. – Сєверодонецьк: СТІ, 2006. – 40 с.
8. В.В. Іванченко, О.І Барвін, Ю.М Штонда. Конструювання та розрахунок кожухотрубчастих теплообмінних апаратів: – Луганськ: Вид-во СНУ ім. В. Даля. – 2006. – 208 с.
9. Романков П.Г., Курочкина М.И. Расчетные диаграммы и номограммы по курсу "Процессы и аппараты химической промышленности". – Л.: Химия, 1985. – 54 с.
10. Чернышев А.К., Коптелов В.Г., Листов В.В., Заичко Н.Д. Основные теплофизические свойства газов и жидкостей. Номографический справочник. – Кемеровское изд-во, 1971. – 225 с.
11. Дытнерский Ю.И. и др. Колонные аппараты. Каталог / Под ред.

Дытнерского Ю.И., 2-е изд-во. – М.: ЦИНИНЕФТЕХИММАШ, 1978. – С. 220.

12. 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. – М.: Химия, 1991. – 496 с.
13. Касаткін А.Г. Основні процеси та апарати хімічної технології. М.: Хімія, 1971. - 753 с.
14. Кормильцин Г.С. “Основы диагностики и ремонта химического оборудования”, 2007. – 116с.
15. Наказ МНС України 07.05.2007 р. № 312, Правила безпеки праці в органах і підрозділах МНС України розроблені замість (наказ МВС України від 05.12.2000 №840