

## РЕФЕРАТ

Бакалаврська робота на тему

Установка ректифікації суміші бензол – бутиловий спирт продуктивністю 6,5 т/год по вихідній суміші з розробкою підігрівача

Листів – \_\_\_\_\_, ілюстрацій – \_\_\_\_\_, таблиць – \_\_\_\_\_, додатків – \_\_\_\_\_, посилань – \_\_\_\_\_.

Об'єкт розробки є основне обладнання установки ректифікації суміші бензол – бутиловий спирт.

Мета роботи – розробка ректифікаційної колони, підігрівача.

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

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

## ЗМІСТ

Перелік умовних позначень

Вступ....

1. ..Аналітичний огляд
2. ..Опис конструкції обладнання
3. ..Конструкційні матеріали
4. ..Визначення основних розмірів колони та заданого апарата
5. ..Розрахунки на міцність елементів заданого апарата
6. ..Технологія виготовлення теплообмінника
7. ..Ремонт теплообмінника
8. ..Техніка безпеки

Висновки

Література

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

$B$  – ширина, м;

$C_p$  – масова теплоємність за сталого тиску, Дж/(кг·град);

$D$  – діаметр, м;

$d$  – діаметр штуцера, м;

$F$  – поверхня контакту, м;

$K$  – коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м<sup>2</sup>·град);

$t$  – температура °С;

$w$  – швидкість потоку рідини, м/с;

$\omega$  – кутова швидкість

$Q$  – тепловий потік, Вт;

$m$  – витрата речовини, кг/с;

$c$  – теплоємність речовини (питома), Дж/(кг·К);

$G_w$  – продуктивність кубового залишку, кг/год;

$G_p$  – продуктивність по дистилляту, кг/год;

$G_F$  – продуктивність повихідній суміші, кг/год;

$M_A, M_B$  – молярна маса компонента, кг/кмоль;

$R_{min}$  – мінімальне флегмове число;

$K_R$  – коефіцієнт надлишку флегми;

$R$  – дійсне флегмове число;

$r$  – питома теплота пароутворення;

$H$  – висота середовища в апараті, м;

$g$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>;

$P$  – розрахунковий тиск, МПа;

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

$P_r$  – гідростатичний тиск, МПа;

$f$  – коефіцієнт міцности зварених швів;

$C$  – прибавка до розрахункової товщини, мм;

$\Pi$  – швидкість проникнення корозії, мм/рік;

$S_1$  – виконавча товщина стінки днища, мм;

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

$C_3$  – прибавка для компенсації корозії, мм;

$W_y$  – швидкість пару, м/с;

$W_\phi$  – швидкість руху потоку, м/с

$V_\phi$  – об'ємна продуктивність потоку, м<sup>3</sup>/с;

## ВСТУП

Ректифікація – це процес поділу бінарних чи багатокомпонентних сумішей за рахунок протivotочного масо і теплообміну між парою і рідиною. Ректифікація – розділення рідких сумішей на практично чисті компоненти, що відрізняються температурами кипіння, шляхом багаторазових випаровування рідини і конденсації пари.

Колонні ректифікаційні апарати і установки є найважливішим масообмінним обладнанням хімічних, нафтохімічних та інших суміжних галузей промисловості. Найбільше поширення в процесах ректифікації отримали тарілчасті і насадкові апарати.

Основні області промислового застосування ректифікації та одержання окремих фракцій і індивідуальних вуглеводнів з нафтової сировини в нафтопереробній і нафтохімічній промисловості, окисі етилену, акрилонитрилу, акрилхлорсиланів – у хімічній промисловості.

Ректифікація широко використовується й в інших галузях народного господарства: коксохімічної, лісохімічної, харчовий, хіміко-фармацевтичної промисловостях.

В дипломній роботі розглядається основне обладнання - тарілчаста колона та підігрівач установки ректифікації суміші бензол – бутиловий спирт.

## 1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

Ректифікація – масообмінний процес розділення однорідної суміші летючих компонентів, здійснюваний шляхом протиточної багаторазової взаємодії пари, що утворюється при перегонці, з рідиною, що утворюється при конденсації цієї пари.

Розділення рідкої суміші засноване на різній летючості речовин. При ректифікації початкова суміш ділиться на дві частини: дистилят – суміш, збагачену низькокиплячим компонентом (НК), і кубовий залишок — суміш, збагачену висококиплячим компонентом (ВК).

Процес ректифікації здійснюється в установці ректифікації, основним апаратом якої є колона ректифікації, в якій пари рідини, що переганяються, піднімаються знизу, а назустріч парам стікає рідина, що подається у вигляді флегми у верхню частину апарату.

Зазвичай апарат ректифікації складається з двох частин або ступенів — верхньої та нижньої, кожна з яких є будь-яким способом організованою поверхнею контакту фаз між парою і рідиною.

Суть процесу ректифікації можна характеризувати як розділення рідкої суміші на дистилят і залишок в результаті протиточної взаємодії рідини з парами.

У нижньому ступені початкова, така, що піддається розділенню суміш, взаємодіє з парою, початковий склад якої дорівнює складу залишку; внаслідок цього із суміші витягується легколетючий компонент.

У верхньому ступені пар початкового складу, відповідного складу початкової суміші, взаємодіє з рідиною, початковий склад якої дорівнює складу дистиляту; внаслідок цього пара збагачується легколетючим компонентом до необхідної межі, а менш летючий компонент витягується з парової фази.

Пара для живлення апарату ректифікації виходить багаторазовим випаровуванням рідини, що має той же склад, що і залишок, а рідина — багаторазовою конденсацією пари, що має склад, однаковий із складом дистиляту.

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

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

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

$$DG_p = GPR + G_p \quad \text{або} \quad D = R + 1$$

Отримана рівність доводить, що розділення суміші при ректифікації можливо в результаті взаємодії потоків пари і рідин в апараті ректифікації при кратності випару  $(R+1)$  і кратності конденсації  $R$ .

Процес ректифікації може протікати при атмосферному тиску, а також при тиску вище і нижче атмосферного. Під вакуумом ректифікацію проводять, коли розділенню підлягають висококиплячі рідкі суміші. Підвищений тиск застосовують для розділення сумішей, що перебувають в газоподібному стані при нижчому тиску. Атмосферний тиск приймають при розділенні сумішей, що мають температуру кипіння від 30 до 150°C.

Ступінь розділення суміші рідин на компоненти, що становлять, і чистота отримуваних дистилляту і кубового залишку залежать від того, на скільки розвинена поверхня контакту фаз, від кількості флегми, що подається на зрошення, і пристрою колони ректифікації.

У техніці широко використовують установки ректифікацій, які доцільно класифікувати на періодично і що безперервно діють.

Установки ректифікацій, що періодично діють, підрозділяють, у свою чергу, на установки, що працюють в умовах режиму постійної флегми, і установки, що працюють в умовах, що забезпечують постійний склад дистилляту.

Схема установки ректифікації, що періодично діє, приведена на рис. 1.

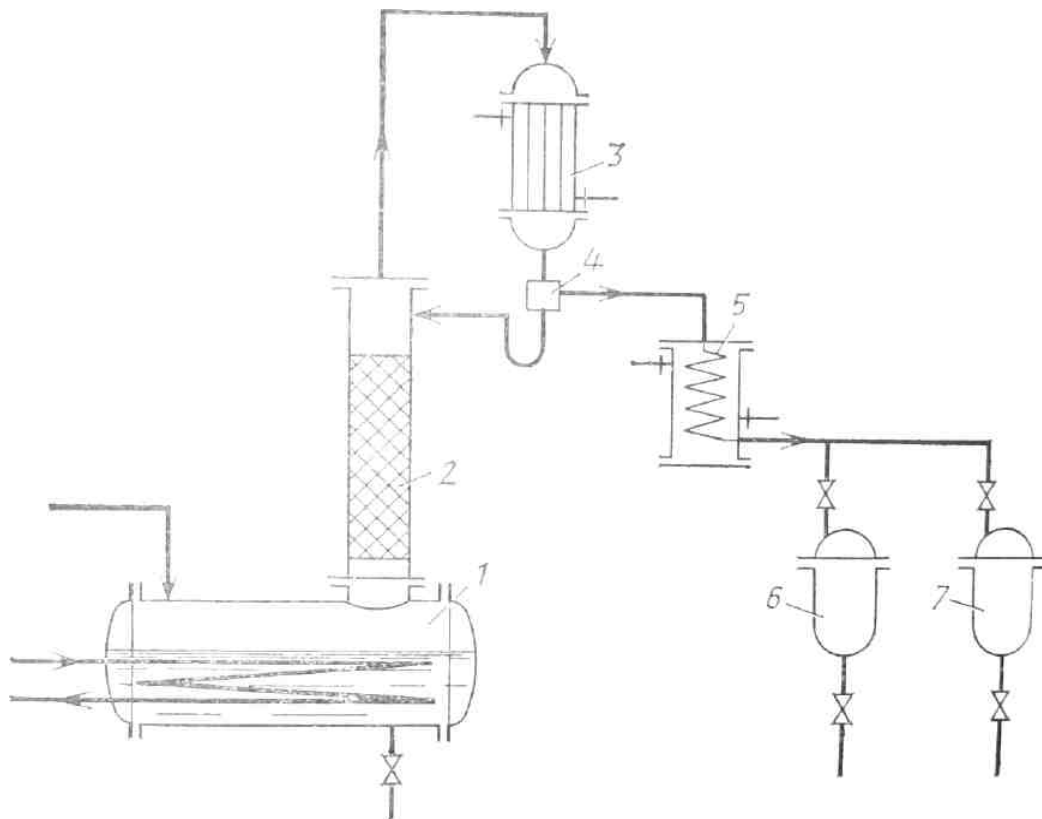


Рис. 1. Принципова схема установки ректифікації періодичної дії:

1 — куб; 2 — колона ректифікації; 3 — дефлегматор; 4 — розділювальний стакан; 5 — холодильник; 6, 7 — збірки.

Початкова суміш завантажується в куб 1, де нагрівається до температури кипіння і випаровується. Пари проходять через колону ректифікації 2, взаємодіючи в протитечії з рідиною, повертаною з дефлегматора 3. У дефлегматорі багаті легколетучим компонентом пари конденсуються, і конденсат поступає в дільника потоку 4. Частина рідини з дільника потоку прямує на зрошування колони ректифікації, а інша частина — дистиллят — проходить через холодильник 5 і прямує в збірку 6 або 7.

Широко поширений в промисловості процес ректифікації, що проводиться періодичним методом в умовах постійного флегмового числа. Цей процес для



малотоннажних виробництв має перевагу навіть в порівнянні з процесом безперервної ректифікації. Воно полягає в тому, що розділення суміші з будь-якого числа компонентів можливо за допомогою одного апарату ректифікації.

Проте чітка ректифікація засобом, що розглядався, за один прийом в більшості випадків нездійснена. Для досягнення бажаної чіткості розділення використовують технологічний прийом, що отримав назву фракційної ректифікації.

Суть цього процесу полягає в наступному (рис. 2).

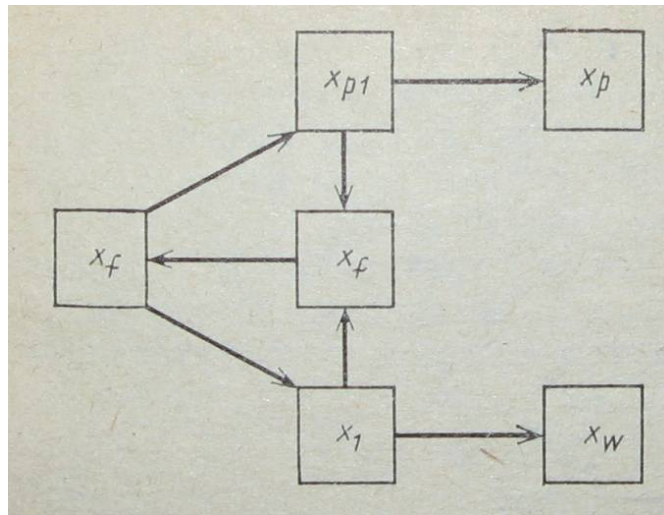


Рис. 2. Схема фракційної ректифікації.

Якщо суміш початкового складу  $x_f$  має бути розділена на дистилят  $x_p$  і залишок  $x_w$ , причому за один прийом розділення здійснити неможливо, ректифікацію проводять таким чином. З первинного завантаження рідини складу  $x_f$  в результаті ректифікації отримують першу фракцію складу  $x_p$  і залишок складу  $x_1$ . Далі залишок піддають ректифікації і отримують дистилят складу  $x_f$ , а в залишку — кінцевий продукт складу  $x_w$ . Першу фракцію знов завантажують в куб і в результаті ректифікації отримують дистилят кінцевого складу  $x_p$  і залишок складу  $x_f$ . Цей залишок і дистилят, що має склад, додають до наступної партії початкової суміші, що направляється на ректифікацію. Таким чином забезпечується розділення початкової суміші з необхідною чіткістю.

Зрозуміло, що схема, приведена на рис. 2, повинна розглядуватися лише як приклад, що характеризує принцип фракційної ректифікації. Для кожного кон-

кретного випадку ці схеми мають бути змінені відповідно найбільш вигідним концентраціям проміжних фракцій.

Установки ректифікацій, що безперервно діють, залежно від призначення працюють по різних схемах:

1) установки для ректифікації початкової суміші на два складники в апараті, що забезпечує як зміцнення, так і вичерпання летючого компоненту; 2) установки для екстрактної і азеотропної ректифікації; 3) установки для ректифікації багатокомпонентних сумішей.

Установка для розділення початкової суміші на два складники приведена на рис. 3.

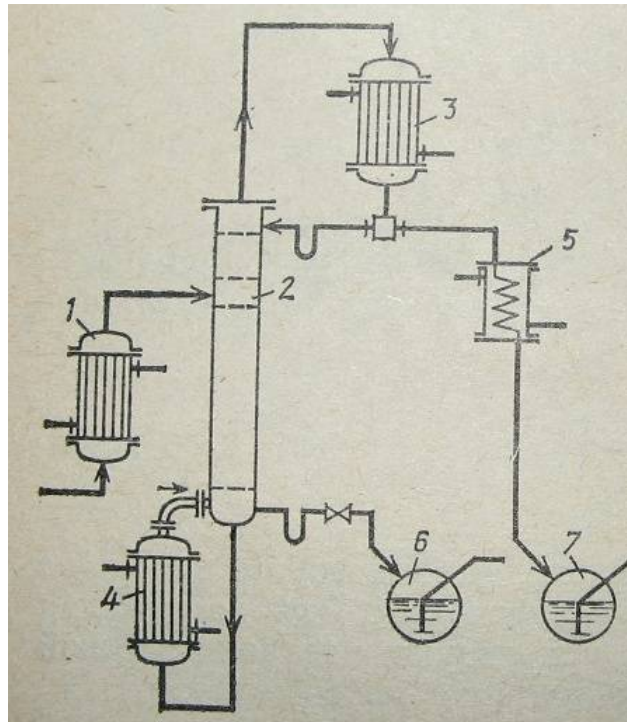


Рис. 3. Принципова схема установки ректифікації безперервної дії:

- 1 — підігрівач; 2 — колона ректифікації; 3 — дефлегматор;  
4 — кип'ятильник; 5 — холодильник; 5 — сборник кубового залишку;  
7 — сборник дистилляту

Початкова суміш поступає в підігрівач 1, де її температура підвищується за рахунок тепла гріючої водяної пари до температури кипіння. Нагріта суміш поступає в живлячу секцію колони ректифікації 2, приєднуючись до зрошування, яке забезпечується конденсацією пари в дефлегматорі 3.

Необхідне для проведення ректифікації багатоконпонентний випар рідини здійснюється в кип'ятильнику 4. У дефлегматорі 3 відбувається повна конденсація пари. З дільника потоку частка дистилляту, що відповідає флегмі, повертається в колону, а решта частки проходить через холодильник 5 і прямує в збірку 7. Менш летка частка початкової суміші безперервно відбирається з нижньої частки апарату ректифікації і поступає в збірку 6.

Конструкції теплообмінних апаратів.

Теплообмінні апарати призначені для проведення процесів теплообміну, при необхідності, нагрівання або охолодження технологічної середи з метою її обробки або утилізації теплоти.

Теплообмінна апаратура складає вельми значну частку технологічного устаткування в хімічній і суміжних галузях промисловості. Питома вага на підприємствах хімічної промисловості теплообмінного устаткування складає в середньому 15-18%, в нафтохімічній і нафтопереробною промисловостях 50%.

Широка номенклатура теплообмінників по типах, розмірах, параметрам і матеріалам дозволяє вибрати для конкретних умов теплообміну апарат, оптимальний по розмірах і матеріалі.

Найбільшого поширення в хімічній і нафтохімічній промисловості набули кожухотрубчасті теплообмінники.

По ГОСТ 9929-82 сталеві кожухотрубчасті теплообмінники виготовляються наступних типів:

Н – з нерухомими трубними ґратами;

К – з температурним компенсатором на кожусі;

П – з плаваючою голівкою;

У – з U-образними трубами;

ПК – з плаваючою голівкою і компенсатором на ній.

Залежно від призначення кожухотрубчасті апарати можуть бути теплообмінниками, конденсаторами і випарниками. Їх виготовляють одно- і багатоходовими.

Теплообмінники жорсткої конструкції (тип Н)

У теплообмінниках жорсткої конструкції нерухомі трубні грати жорстко сполучені з корпусом. Основні їх недоліки – несприйнятність до температурної напруги і неможливість механічного очищення внутрішніх поверхонь корпусу і зовнішніх поверхонь теплообмінних труб від забруднення і відкладень. Тому з 2-х потоків між трубами пускають той, який не містить бруд, корозійні речовини і зважених часток, погіршуючих теплообмін і підвищують гідравлічний опір апарату.

Двоходовий горизонтальний теплообмінник типа Н складається з циліндрового зварного кожуха, розподільної камери і двох кришок. Трубний пучок утворений трубами, закріпленими в двох трубних гратах. Трубні грати приварені до кожуха. Кришки, розподільна камера і кожух сполучені фланцями. У кожусі і розподільній камері виконані штуцера для введення і виведення теплоносіїв з трубного і міжтрубного просторів. Перегородка в розподільній камері утворює ходи теплоносія по трубах. Для герметизації вузла з'єднання подовжньої перегородки з трубними гратами використана прокладка, укладена в паз грат. У міжтрубному просторі встановлені зафіксовані стягуваннями поперечні перегородки. На вході теплообмінної середи в міжтрубний простір передбачений відбійник – кругла або прямокутна пластина, що оберігає труби від місцевого ерозійного зношування.

Достоїнства даного типа теплообмінника – простота пристрою і дешевизна.

Апарати з температурним компенсатором на кожусі (тип К)

У цих апаратах для часткової компенсації температурних деформацій використовують спеціальні гнучкі елементи (розширювачі і компенсатори), розташовані на кожусі.

Кожухотрубчатий теплообмінник типа До відрізняється від типа Н наявністю ввареного між двома частками кожуха лінзового компенсатора і обтічника.

Обтічник зменшує гідравлічний опір міжтрубного простору апарату.

Обтічник приварюють до кожуха з боку входу теплоносія в міжтрубний простір.

Найчастіше в апаратах типа До використовують одно- і багатоеlementні лінзові компенсатори, що виготовляються обкаткою з коротких циліндрових обичайок. Лінзовий елемент зварений з двох напівлінз, отриманих з листа штампуванням. Компенсуюча здатність лінзового компенсатора приблизно пропорційна числу лінзових елементів. У апараті застосовувати компенсатор з числом лінз більш 4-х не рекомендується, оскільки різко знижується опір кожуха вигину.

Апарат типа К відноситься до апаратів що забезпечує часткову компенсацію температурного розширення за рахунок гнучких елементів в кожусі.

Перевага цієї конструкції – ефективність теплообміну унаслідок виключення застійних зон в міжтрубному просторі.

Введення лінзового компенсатора або розширювача допускає досить великий температурний перепад, проте при цьому зростає вартість апарату.

Сфера застосування сталевих апаратів типа До обмежена надлишковим тиском 2,5 МПа.

Теплообмінники з U-образними трубами (тип У)

У апаратах цієї конструкції забезпечується вільне подовження труб, що унеможливорює температурної напруги.

Даний апарат складається з кожуха і трубного пучка, що має одні трубні грати і U-образні труби. Трубні грати разом з розподільною камерою кріпляться до кожуха апарату на фланці.

Для забезпечення роздільного введення і виведення циркулюючого по трубах теплоносія в розподільній камері передбачена перегородка.

У апаратах типа У забезпечується вільне температурне подовження труб: кожна труба може розширюватися незалежно від кожуха і сусідніх труб. Різниця температур стінок труб по ходах в цих апаратах не повинна перевищувати 100°C.

Переваги: можливість періодичного витягання трубного пучка для очищення зовнішньої поверхні труб або повної заміни пучка, великий температурний перепад.

Недоліки: зовнішнє очищення труб механічним способом незручне, внутрішнє очищення труб механічним способом практично неможливе, погане заповнення кожуха трубами, неможливість заміни труб (за винятком крайніх труб) при виході їх з буд, а також складність розміщення труб, особливо при великому їх числі.

Із-за вказаних недоліків теплообмінні апарати цього типу не знайшли широкого застосування.

Теплообмінні апарати з плаваючою голівкою (тип П)

У теплообмінниках з плаваючою голівкою теплообмінні труби закріплені в двох трубних ґратах, одна з яких нерухомо пов'язана з корпусом, а інша має можливість вільного осьового переміщення.

Двоходовий апарат типа П складається з кожуха і трубного пучка. Ліві трубні ґрати сполучені фланцевим з'єднанням з кожухом і розподільною камерою, забезпечена перегородкою. Камера закрита плоскою кришкою. Праві рухливі трубні ґрати вільно встановлені усередині кожуха і утворює разом з приєднаною до неї кришкою “плаваючу голівку”. З боку плаваючої голівки апарат закритий кришкою. При нагріванні і видаленні трубок плаваюча голівка переміщається усередині кожуха.

Для забезпечення вільного переміщення трубного пучка усередині кожуха в апаратах діаметром 800 мм і більш трубний пучок забезпечують опорною платформою. Верхній штуцер призначений для введення пари і тому має великий прохідний перетин; нижній штуцер призначений для виведення кон-

денсату і має менші розміри. Поперечні перегородки в міжтрубному просторі даного апарату служать лише для підтримки труб і додання трубному пучку жорсткості.

Достоїнства: великий температурний перепад.

Недоліки: велика металоємність, трудність ремонту, велике число місць прокладок.

Теплообмінники з плаваючою голівкою і компенсатором на кожусі (тип ПК)

Теплообмінники з плаваючою голівкою і компенсатором на кожусі є конструкціями, в яких компенсацію температурної напруги забезпечує гнучкий елемент – компенсатор, встановлений на плаваючій голівці.

Теплообмінник даної конструкції відрізняється від тих, що розглядали раніше наявністю на кришці подовженого штуцера (горловина), усередині якого розміщений компенсатор. Останній сполучений одним кінцем з плаваючою голівкою, іншим – з штуцером на кришці теплообмінника.

Конструкція решти вузлів теплообмінника аналогічна використуваним в апаратах типа П.

Компенсатори, використувані в апаратах типа ПК, відрізняються від лінзових компенсаторів апаратів типа Д0 відносно меншим діаметром, великим числом хвиль, меншою товщиною стінки.

Біля цього типа апаратів хороша можливість витягання трубного пучка з корпусу, можливість контролю його стану і механічного очищення труб.

## 2. ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ТА КОНСТРУКЦІЇ КОЛОНИ, ПІДГРІВАЧА

Вихідну суміш з проміжної ємності  $E_1$  відцентровими насосами  $H_1$  і  $H_2$  подають в підігрівач П, де вона підігрівається до температури кипіння. Нагріта суміш надходить на поділ в колону ректифікації КР на тарілку живлення, де склад рідини дорівнює складу вихідної суміші  $x_F = 40,5\%$ .

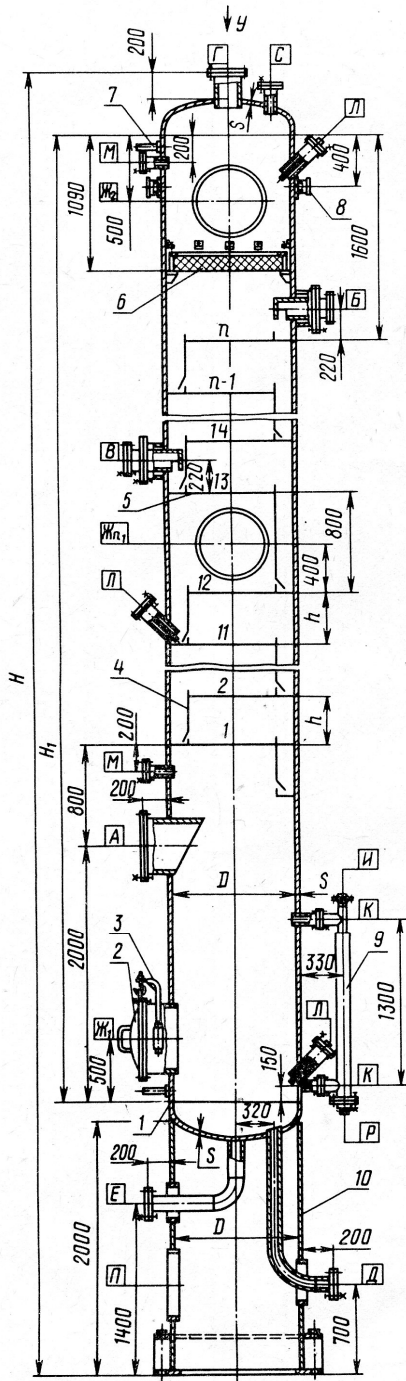
Стікаючи вниз по колоні, рідина взаємодіє з підіймається вгору парою, що утворюється при кипінні кубової рідини в кип'ятильник К. Початковий склад пара приблизно дорівнює складу кубового залишку  $x_W = 2,5\%$ , тобто збіднений легколетучим компонентом. В результаті масообміну з рідиною пар збагачується легколетучим компонентом. Для більш повного збагачення верхню частину колони зрошують, відповідно до флегмового числа  $R = 1,5$ , рідиною (флегмою) складу  $x_P = 97,5\%$ , яку отримують в дефлегматорі Д шляхом конденсації пара, що виходить з колони. Частина конденсату виводиться з дефлегматора у вигляді готового продукту поділу - дистилляту, який охолоджується в теплообміннику  $X_2$  і направляється в проміжну ємність  $E_3$ .

З кубової частини колони безперервно виводиться кубова рідина - продукт, збагачений труднолетучим компонентом, який охолоджується в теплообміннику  $X_1$  і направляється в ємність  $E_2$ .

Таким чином, в ректифікаційній колоні здійснюється безперервний процес поділу вихідної бінарної суміші на дистиллят (з високим вмістом бензолу) і кубовий залишок (з високим вмістом бутилового спирту).



## Колона



АТК 24.200.04-80).

Апарат теплоізолюваний, втулки для кріплення теплоізоляції розміщуються згідно ГОСТ 17314-81.

Для запобігання віднесення крапель рідини разом з паром, що виходить з колони, у верхній частині колонного апарату встановлений ситчастий

Колонний апарат є суцільнозварною циліндровою посудиною з еліптичними відбортованими днищами, технологічними штуцерами і штуцерами для приєднання контрольно - вимірювальних пристроїв. Позначення і призначення штуцерів, їх умовний прохід і умовний тиск приведено в таблиці штуцерів на кресленні загального виду апарату.

Апарат обладнаний люками, діаметром 600 мм (ОСТ 26-2002-83), через які відбувається збірка і розбирання внутрішніх пристроїв (тарілок, ситчатого відбійника), а також огляд внутрішньої поверхні апарату, його чищення і ремонт. Колонний апарат забезпечений люками.

Колонний апарат забезпечений 74 ситчастими тарілками (ОСТ 26-01-108-85). Відстань між тарілками 300 мм, в місцях розташування люків - 800 мм.

Апарат встановлюється на циліндричну опору з кільцевим опорним поясом (тип 3 по

відбійник. Для контролю за рівнем рідини в нижній (кубовій) частині колони встановлений рівнемір.

Початкова суміш подається в колону через штуцер входу живлення В. Перетікаючи до низу по колоні з тарілки на тарілку, рідина взаємодіє з паром, що підіймається вгору, що утворюється при кипінні кубової рідини. Пара барботує через шар рідини на тарілки, при цьому збагатившись низькокиплячим компонентом.

З кубової частини колони через штуцер Е безперервно виводиться рідина, яку подають у виносний кип'ятильник, де вона підігрівається до температури кипіння, і у вигляді пари подається в колону через штуцер А. Частина рідини, у вигляді продукту збагаченого висококиплячим компонентом, виводиться через штуцер Д.

#### Підігрівач

Підігрівач являє собою кожухотрубчастий теплообмінний апарат з компенсатором на кожусі, горизонтальний, складається з трубного пучка, розподільної камери та кришки, які з'єднуються між собою за допомогою фланців. Апарат обладнаний штуцерами для підведення та відведення робочих середовищ, нарізними пробками або штуцерами для спорожнення трубного та між трубного просторів, а також штуцерами-повітряниками, які встановлюються в нижніх та верхніх частинах відповідних порожнин. Штуцери для введення та виведення середовищ повинні мати відповідні фланці. Апарат встановлено на сідлових опорах, одна з яких нерухома, а друга – рухома (ковзна).

Для виготовлення окремих вузлів та деталей кожухотрубчастих теплообмінників застосовують різні марки вуглецевих, низьколегованих, корозійностійких сталей, двошарові сталі, титан та кольорові метали (латунні теплообмінні труби). Вибір матеріалу залежить від розрахункових тисків та темпе-

ратур, а також від корозійних властивостей робочих середовищ у відповідних порожнинах теплообмінника.

При роботі кожухотрубчастих теплообмінників в їхніх елементах виникають температурні напруження, які обумовлені різними коефіцієнтами лінійного розширення матеріалів труб та кожуха, лінзовий компенсатор зменшує ці напруження.

Принцип роботи полягає в тому, що один теплоносій (вихідна суміш бензол – бутиловий спирт) під надлишковим тиском потрапляє крізь вхідний штуцер у розподільчій камері в трубний простір, інший теплоносій (водяна пара) крізь штуцер у кожусі потрапляє в міжтрубний простір де конденсується на поверхні трубок крізь які і відбувається теплообмін. Потім обидва теплоносії виводяться з апарату крізь вихідні штуцери.

### 3. КОНСТРУКЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПІДГРІВАЧА

При виборі і створенні теплообмінної апаратури необхідно враховувати такі важливі чинники, як теплове навантаження апарату, температурні умови процесу, фізико-хімічні параметри робочих середовищ, умови 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, можливості термічної і механічної обробки сталі з низьким змістом вуглецю добре штампується, але погано обробляються різанням. Добавки інших металів - легуючих елементів - покращують якість сталей і додають їм особливі властивості (наприклад, хром покращує механічні властивості, зносостійкість і корозійну стійкість; нікель підвищує міцність, пластичність; кремній збільшує жаростійкість).

В підігрівачі таке середовище:

- в трубному просторі суміш – бензол 40,5%, бутиловий спирт 59,5%;
- в міжтрубному просторі водяна пара.

Для таких умов обираємо сталь 08X18H10T для трубної решітки, самих теплообмінних труб, для фланців трубного простору, для шпильок та гайок кріплення трубного простору.

#### Застосування сталі 08X18H10T

Сталь 08X18H10T застосовується в зварних конструкціях, які працюють в середовищах підвищеної агресивності.

Клас: Сталь корозійностійка звичайна

### Хімічний склад сталі:

C (вуглець) до 0,1%, Si (кремній) до 0,8%, Mn (марганець) до 2%,  
Ni (нікель) 10%, S (сульфур) до 0,02%, P (фосфор) до 0,035%,  
Cr (хром) до 18%, Ti (титан) до 1

### Фізичні властивості сталі 08X18H10T

Густина  $7,9 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>.

Теплопровідність -  $0,147 \cdot 10^2$  Вт/(м · К) при 20 °С.

Питомий електроопір -  $0,75 \cdot 10^6$  Ом·м при 20 °С.

Питома теплоємність -  $0,504 \cdot 10^3$ , Дж/(кг · К) при 20 °С.

Модуль пружності -  $20,3 \cdot 10^4$  Н/мм<sup>2</sup> при 20 °С.

### Технологічні параметри сталі 08X18H10T

Сталь технологічна при операціях, пов'язаних з гарячою пластичною деформацією; інтервал гарячої деформації сталей 1200-850 °С. Всі сталі допускають високі ступеня холодної пластичної деформації.

### Зварювання сталі 08X18H10T

Сталь добре зварюється ручною і автоматичною електродуговою і газоелектричним зварюванням.

Для кожуха – Сталь 10, фланців штуцерів міжрубного простору, шпильок та гайок фланцевих з'єднань штуцерів трубного простору ми вибираємо Сталь 20.

Сталь конструкційна вуглецева якісна за видами обробки поставляється як ковани, калібрований, гарячекатана і сребрянкка (кругла, із спеціальною обробкою).

### Хімічний склад Сталі 20

До складу сплаву входять: вуглець (C) - 0.17-0.24%, кремній (Si) - 0,17-0,37%, марганець (Mn) - 0,35-0,65%; вміст міді (Cu) і нікелю (Ni) допускається не більше 0,25%, миш'яку (As) - не більше 0,08%, сірки (S) - не більше 0,4%, фосфору (P) - 0,035%.

Структура Сталі 20 являє собою суміш перліту і фериту. Термічна обробка Сталі 20 дозволяє отримувати структуру мартенситу. При таких структурних перетвореннях міцність зростає, і пластичність зменшується. Після термічного зміцнення прокат зі сталі 20 можна використовувати для виготовлення металевої продукції.

### Застосування

Сталь 20 застосовують для виробництва малонавантажених деталей (пальці, осі, копіри, упори, шестерні), цементуємих деталей для тривалої і дуже тривалої служби (експлуатація при температурі не вище 350 °С), тонких деталей, що працюють на стирання. Сталь 20 без термічної обробки або після нормалізації використовується для виробництва гаків кранів, вкладишів підшипників і інших деталей для експлуатації під тиском в температурному діапазоні від -40 до 450 °С. Сталь 20 після хіміко-термічної обробки йде на виробництво деталей, яким потрібна висока поверхнева міцність (черв'яки, черв'ячні пари, шестерні). Широко застосовують Сталь 20 для виробництва трубопровідної арматури, труб, призначених для паропроводів з критичними і надкритичними параметрами пара, безшовних труб високого тиску, зварних профілів прямокутного і квадратного перетину і т.д.

#### 4. Визначення основних розмірів колони та підігрівача

##### Ректифікаційна колона

При розрахунку ректифікаційної установки приймаємо такі припущення:

1) склад рідини, що стікає в куб колони, дорівнює складу пари, що піднімається з кип'ятильника в колону ( $x_w = y_w$ ).

2) склад пара, що надходить з колони в дефлегматор, дорівнює складу рідини, що стікає з дефлегматора в колону ( $y_p = x_p$ ).

3) приховані молярний теплоти пароутворення компонентів суміші рівні, а це значить, що один кмоль сконденсованої пара випаровує один кмоль рідини, внаслідок чого, кількість пари, що піднімається по колоні, не змінюється.

4) вихідна суміш надходить в колону при температурі кипіння.

#### РОЗРАХУНОК тарілчастої РЕКТИФІКАЦІЙНОЇ КОЛОНИ ДЛЯ РОЗПОДІЛУ СУМІШІ БЕНЗОЛ - бутанол

Початкові дані

Продуктивність колони по вихідній суміші – 6500 кг/ч;

Концентрація НКК:

у вихідній суміші

$$a_F = 40,5\% \text{ (масс.)},$$

в дистилляті

$$a_P = 97,5\% \text{ (масс.)},$$

в кубовому залишку

$$a_W = 2,5\% \text{ (масс.)}.$$

Температура:

вихідної суміші

$$25 \text{ }^\circ\text{C},$$

дистилляту після холодильника

$$27 \text{ }^\circ\text{C},$$

кубового залишку після холодильника

$$27 \text{ }^\circ\text{C},$$

охолоджуючої води

$$12 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Тиск насиченої водяної пари

$$5,0 \text{ ата},$$

Коефіцієнт надлишку флегми

$$1,5.$$

Колона працює під атмосферним тиском.

Вихідна суміш і флегма вводяться в апарат при температурі кипіння.

#### 4.1 Визначення продуктивності по дистилляту і кубовому залишку

Продуктивність колони по дистилляту визначаємо за формулою

$$G_p = G_F \cdot \frac{\alpha_F - \alpha_W}{\alpha_P - \alpha_W} = 6500 \cdot \frac{0,405 - 0,025}{0,975 - 0,025} = 2600 \text{ кг/ч} = 0,722 \text{ кг/с}.$$

(1)

Продуктивність колони по кубовому залишку визначити з рівняння

$$G_W = G_F - G_P = 6500 - 2600 = 3900 \text{ кг/с} = 1,083 \text{ кг/с.}$$

(2)

Перевірка:

$$6500 \cdot 0,405 = 2600 \cdot 0,975 + 3900 \cdot 0,025$$

$$2632,5 = 2632,5$$

4.2 Визначення мінімального і дійсного флегмового числа

Перераховуємо масові концентрації в молярний за формулою

$$X = \frac{\frac{\alpha}{M_A}}{\frac{\alpha}{M_A} + \frac{1-\alpha}{M_B}}, \quad (3.1)$$

де  $X$  – концентрація низькокиплячого компонента А в бінарній суміші, мольов. частки;

$\alpha$  – зміст низькокиплячого компонента А в бінарній суміші, мас. частки;

$M_A, M_B$  – молярна маса компонента А і В (відповідно).

молярні маси:                    бензол – 78,11 кг/кмоль.

   бутанола – 74,12 кг/кмоль.

Тоді концентрація вихідної суміші:

$$X_F = \frac{\frac{\alpha_F}{M_A}}{\frac{\alpha_F}{M_A} + \frac{1-\alpha_F}{M_B}} = \frac{\frac{0,405}{78,11}}{\frac{0,405}{78,11} + \frac{1-0,405}{74,12}} = 0,41;$$

дистиллята:

$$X_P = \frac{\frac{\alpha_P}{M_A}}{\frac{\alpha_P}{M_A} + \frac{1-\alpha_P}{M_B}} = \frac{\frac{0,975}{78,11}}{\frac{0,975}{78,11} + \frac{1-0,975}{74,12}} = 0,987;$$

кубового залишку:



$$X_w = \frac{\frac{\alpha_w}{M_A}}{\frac{\alpha_w}{M_A} + \frac{1 - \alpha_w}{M_B}} = \frac{\frac{0,025}{78,11}}{\frac{0,025}{78,11} + \frac{1 - 0,025}{74,12}} = 0,02$$

Мінімальна флегмове число визначити графоаналітичним способом. Для цього на підставі досвідчених даних, в координатах у-х будуємо криву рівноваги для суміші бензол-бутанол при атмосферному тиску (рис. 2.1) і криву температур кипіння і конденсації (рис. 2.2).

Таблиця 4.1 - Рівноважні дані для суміші бензол-бутанол.

Зміст компонента А, мол. %		Температура кипіння, t, °C
в рі- дини (x)	в парі (y)	
0	0,0	117,7
5	22,3	110,8
10	42,5	105,5
20	62,5	97,7
30	72,1	92,5
40	78,8	88,3
50	83,5	85,4
60	85,4	83,5
70	88,5	81,9
80	90,7	81,3
90	94,7	80,8
100	100,0	80,2

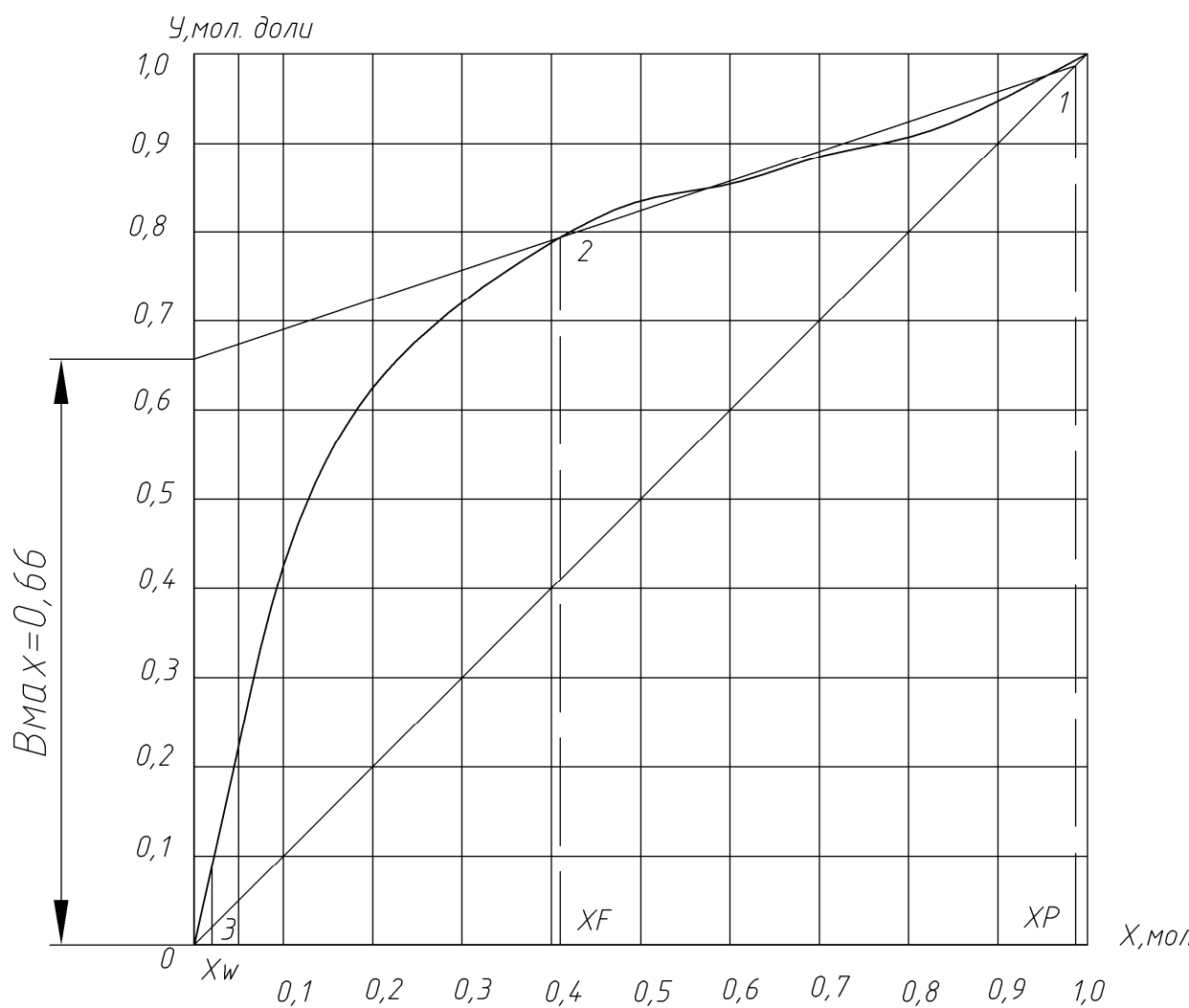


Рис. 4.1 – До визначення мінімального флегмового числа.

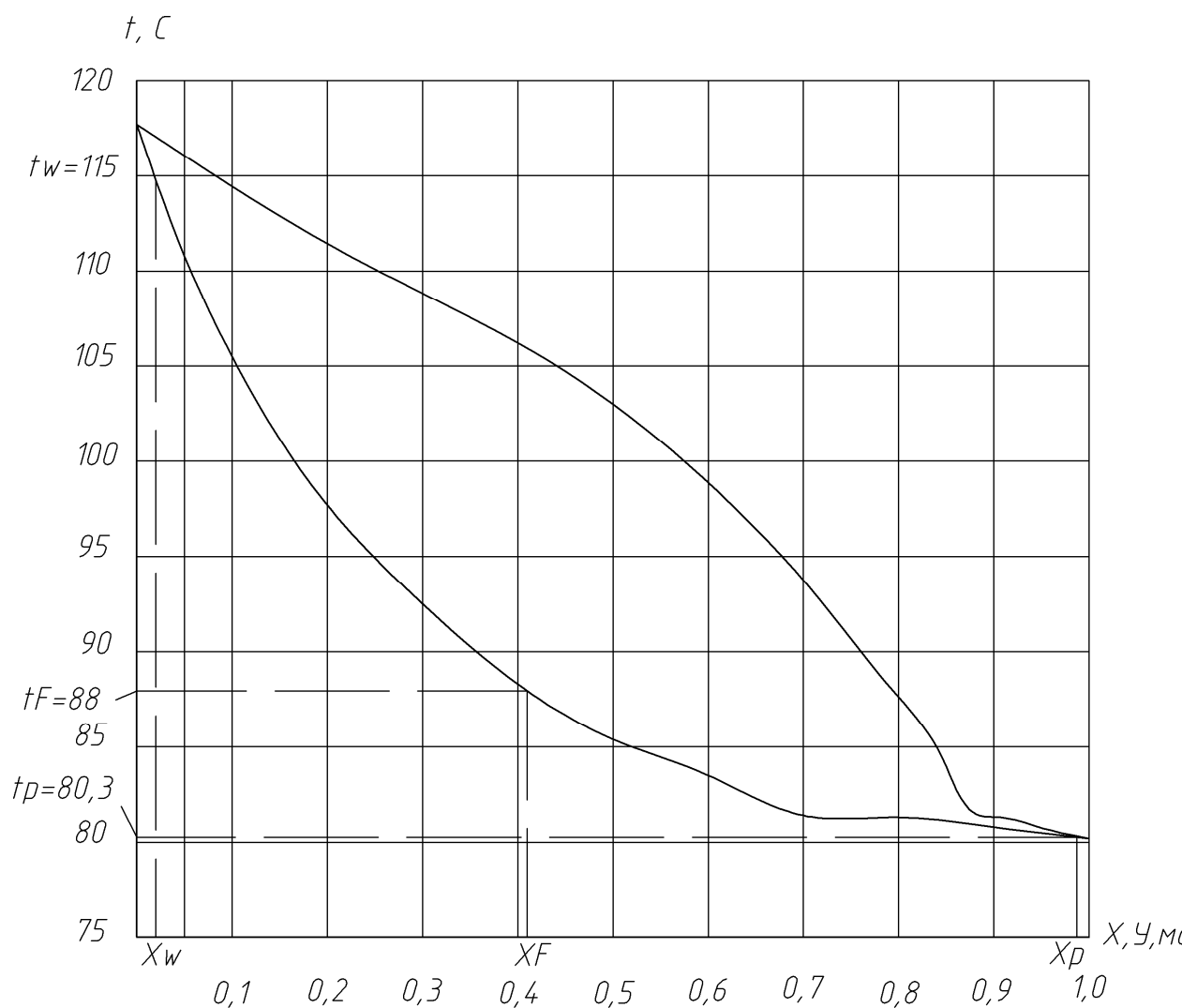


Рис 4.2 - Ізобара температур кипіння і конденсації.

На діаграмі у-х з точки 1 ( $x_p = y_p$ ) через точку 2 '(XF, yF \*) проводимо пряму лінію до перетину з віссю у. Відрізок, що відсікається на осі у, позначимо через  $B_{\max} = 0,66$ . За величиною цього відрізка знаходимо мінімальне флегмовое число

$$R_{\min} = \frac{x_p}{B_{\max}} - 1 = \frac{0,987}{0,66} - 1 = 0,547$$

(4)

Дійсне флегмовое число, використовуючи рівняння

$$R = K_R \cdot R_{\min},$$

(5)

де  $K_R = 1,5$  – коефіцієнт надлишку флегми

$$R = K_R \cdot R_{\min} = 1,5 \cdot 0,547 = 0,82$$

На діаграмі у-х наносимо лінії робочих концентрацій (робочі лінії) для оптимального флегмового числа  $R = 0,82$  (рис. 2.3): для цього на осі у відкладаємо відрізок,  $B = \frac{x_p}{R+1} = \frac{0,987}{0,82+1} = 0,53$ , 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, крапку 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.

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

Рідка фаза.

Середня молярна концентрація в нижній частині колони:

$$X_{cp}^n = \frac{X_W + X_F}{2} = \frac{0,02 + 0,41}{2} = 0,215$$

Середня молярна концентрація в верхній частині колони:

$$X_{cp}^e = \frac{X_F + X_P}{2} = \frac{0,41 + 0,987}{2} = 0,6985$$

Середня молярна концентрація по колоні:

$$X_{cp} = \frac{X_{cp}^n + X_{cp}^e}{2} = \frac{0,215 + 0,6985}{2} = 0,46$$

Середня масова концентрація по колоні:

$$\alpha_{cp} = \frac{x_{cp} \cdot M_A}{x_{cp} \cdot M_A + (1 - x_{cp}) \cdot M_B}, \quad (6)$$

$$\alpha_{cp} = \frac{0,46 \cdot 78,11}{0,46 \cdot 78,11 + (1 - 0,46) \cdot 74,12} = 0,45$$

Середня температура в нижній частині колони:

$$t_{xcp}^n = \frac{t_{XW} + t_{XF}}{2} = \frac{115 + 88}{2} = 101,5^\circ\text{C}.$$

Середня температура у верхній частині колони:

$$t_{xcp}^e = \frac{t_{XF} + t_{XP}}{2} = \frac{88 + 80,3}{2} = 84,15 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Середня температура по колоні:

$$t_{Xcp} = \frac{t_{xcp}^n + t_{xcp}^e}{2} = \frac{101,5 + 84,15}{2} = 92,8 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Значення  $t_{XW}$ ,  $t_{XF}$ ,  $t_{XP}$  взяті з діаграми  $t - x$ ,  $y$  (рис. 2.2).

Середня молярна маса

$$M_{xcp} = M_A \cdot X_{cp} + M_B \cdot (1 - X_{cp}), \quad (7)$$

$$M_{xcp} = 78,11 \cdot 0,46 + 74,12 \cdot (1 - 0,46) = 75,9 \text{ кг/кмоль}.$$

Середня щільність визначається по формулі:

$$\rho_{xcp} = \frac{\rho_A \cdot \rho_B}{\rho_B \cdot \alpha_{cp} + \rho_A (1 - \alpha_{cp})}, \quad (8)$$

де  $\rho_A$  і  $\rho_B$  – щільність компонентів А і В при температурі  $t_{xcp}$ .

$$\rho_A = 801,2 \text{ кг/м}^3, \text{ при } t_{Xcp} = 92,8 \text{ } ^\circ\text{C} [1, \text{ с. 512}];$$

$$\rho_B = 756,6 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho_{xcp} = \frac{801,2 \cdot 756,6}{756,6 \cdot 0,45 + 801,2(1 - 0,45)} = 776 \text{ кг/м}^3$$

Середню в'язкість розраховуємо за рівнянням:

$$\lg \mu_{xcp} = X_{cp} \cdot \lg \mu_A + (1 - X_{cp}) \cdot \lg \mu_B, \quad (9)$$

де  $\mu_A$  і  $\mu_B$  – динамічні коефіцієнти в'язкості компонентів А і В, Па·с.

$$\mu_A = 0,281 \text{ мПа} \cdot \text{с при } t_{Xcp} = 92,8 \text{ } ^\circ\text{C} [1, \text{ с. 516}];$$

$$\mu_B = 0,622 \text{ мПа} \cdot \text{с}$$

$$\lg \mu_{xcp} = 0,46 \cdot \lg 0,281 + (1 - 0,46) \cdot \lg 0,622 = -0,366$$

$$\mu_{xcp} = 0,43 \text{ мПа} \cdot \text{с} = 0,43 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$$

Середнє поверхневий натяг визначається за рівнянням

$$\sigma_{xcp} = \sigma_A \cdot X_{cp} + \sigma_B \cdot (1 - X_{cp}), \quad (10)$$

де  $\sigma_A$  і  $\sigma_B$  – поверхневі натягу компонентів А і В, н/м.

$$\sigma_A = 19,7 \cdot 10^{-3} \text{ н/м при } t_{xcp} = 92,8 \text{ } ^\circ\text{C} [1, \text{ с. 526}];$$

$$\sigma_B = 18,4 \cdot 10^{-3} \text{ н/м}$$

$$\sigma_{xcp} = 19,7 \cdot 10^{-3} \cdot 0,46 + 18,4 \cdot 10^{-3} (1 - 0,46) = 19 \cdot 10^{-3} \text{ н/м}.$$

Коефіцієнт дифузії при середній температурі визначаємо за форму-

ЛОЮ

$$D_x(t) = D_{x(20)} [1 + b \cdot (t - 20)], \quad (11)$$

де  $D_{x(20)}$  – коефіцієнт дифузії при  $t = 20$  °С, м<sup>2</sup>/с;

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

(бутанол) при  $t = 20$  °С;  $t = t_{x \text{ ср.}}$

Коефіцієнт дифузії при 20 °С рассчитываем по эмпирическому уравнению

$$D_{x(20)} = \frac{1 \cdot 10^{-6}}{A \cdot B \cdot \sqrt{\mu} (V_A^{1/3} + V_B^{1/3})^2} \cdot \sqrt{\frac{1}{M_A} + \frac{1}{M_B}}, \quad (12)$$

де  $V_A$  і  $V_B$  – молярний обсяги компонентів А і В, см<sup>3</sup>/моль;

А, В – коефіцієнти, що залежать від властивостей компонентів:

$$A = 1,0; B = 1,0 [1, \text{ с. 370}]$$

$$b = \frac{0,2\sqrt{\mu}}{\sqrt[3]{\rho}} = \frac{0,2\sqrt{2,95}}{\sqrt[3]{810}} = 0,037$$

Молярний обсяги компонентів [1, с. 369]

$$V_A = 111 \text{ см}^3/\text{моль};$$

$$V_B = 103,6 \text{ см}^3/\text{моль}.$$

$$D_{x(20)} = \frac{1 \cdot 10^{-6}}{1 \cdot 1 \cdot \sqrt{2,95} (103,6^{1/3} + 111^{1/3})^2} \cdot \sqrt{\frac{1}{78,11} + \frac{1}{74,12}} = 9 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}$$

$$D_{x(t)} = 9 \cdot 10^{-9} [1 + 0,037 (92,8 - 20)] = 36 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}$$

Парова фаза.

Середня молярна концентрація в нижній частині колони:

$$y_{cp}^n = \frac{y_W + y_F}{2} = \frac{0,021 + 0,72}{2} = 0,37$$

Середня молярна концентрація в верхній частині колони:

$$y_{cp}^e = \frac{y_F + y_P}{2} = \frac{0,72 + 0,987}{2} = 0,8535$$

Середня молярна концентрація по колоні:

$$y_{cp} = \frac{y_{cp}^H + y_{cp}^G}{2} = \frac{0,37 + 0,8535}{2} = 0,61$$

Середня температура в нижній частині колони:

$$t_{y_{cp}}^H = 107 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Середня температура у верхній частині колони:

$$t_{y_{cp}}^G = 84 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Температури  $t_{y_{cp}}^H$ ,  $t_{y_{cp}}^G$  знайдені з діаграми  $t - x$ ,  $y$  (рис. 2.2).

Середня температура по колоні:

$$t_{y_{cp}} = \frac{t_{y_{cp}}^H + t_{y_{cp}}^G}{2} = \frac{107 + 84}{2} = 95,5 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Середня молярна маса

$$M_{y_{cp}} = M_A \cdot y_{cp} + M_B \cdot (1 - y_{cp}) = 78,11 \cdot 0,61 + 74,12 \cdot (1 - 0,61) = 76,5 \text{ кг/кмоль}.$$

Середня щільність:

$$\rho_{y_{cp}} = \frac{M_{y_{cp}}}{22,4} \cdot \frac{P}{P_o} \cdot \frac{T_o}{T}, \quad (13)$$

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

$$\rho_{y_{cp}} = \frac{76,5}{22,4} \cdot \frac{1}{1,033} \cdot \frac{273}{(273 + 95,5)} = 2,44 \text{ кг/м}^3.$$

Середня в'язкість

$$\frac{M_{y_{cp}}}{\mu_{y_{cp}}} = \frac{y_{cp} \cdot M_A}{\mu_{yA}} + \frac{(1 - y_{cp}) \cdot M_B}{\mu_{yB}}, \quad (14)$$

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

$$\mu_{yA} = 2,75 \cdot 10^{-5} \text{ Па}\cdot\text{с при } t_{y_{cp}} = 95,5 \text{ } ^\circ\text{C} [9, \text{ с. } 8, 9];$$

$$\mu_{yB} = 5,74 \cdot 10^{-5} \text{ Па}\cdot\text{с}$$

$$\frac{76,5}{\mu_{y_{cp}}} = \frac{0,61 \cdot 78,11}{2,75 \cdot 10^{-5}} + \frac{(1 - 0,61) \cdot 74,12}{5,74 \cdot 10^{-5}},$$

$$\mu_{y_{cp}} = 3,47 \cdot 10^{-5} \text{ Па}\cdot\text{с}$$

Коефіцієнт дифузії для парової фази визначаємо за рівнянням:

$$D_y = \frac{4,3 \cdot 10^{-7} \cdot T^{3/2}}{P \cdot (V_A^{1/3} + V_B^{1/3})^2} \cdot \sqrt{\frac{1}{M_A} + \frac{1}{M_B}}, \quad (15)$$

де  $P$  – тиск кгс/см<sup>2</sup> (тиск в колоні атмосферний);

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

$$D_y = \frac{4,3 \cdot 10^{-7} \cdot (273 + 95,5)^{3/2}}{1 \cdot (103,6^{1/3} + 111^{1/3})^2} \cdot \sqrt{\frac{1}{78,11} + \frac{1}{74,12}} = 0,55 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}.$$

#### 4.4 Визначення діаметра колони

Витрата, що проходить по колоні пара, може бути визначений:

$$V_y = \frac{G_y}{\rho_{y\text{cp}}} = \frac{G_p \cdot (R+1)}{\rho_{y\text{cp}}} = \frac{0,722 \cdot (0,82 + 1)}{2,44} = 0,8 \text{ м}^3/\text{с}$$

Визначити швидкість пара в колоні.

Попередньо приймаємо відстань між тарілками  $h = 300$  мм. Використовуємо раніше знайдені  $\rho_{x\text{cp}} = 776$  кг/м<sup>3</sup> і  $\rho_{y\text{cp}} = 2,44$  кг/м<sup>3</sup>. Для сітчатих тарілок знаходимо  $C = 0,031$ . Тоді швидкість пара в колоні:

$$W = C \sqrt{(\rho_{x\text{cp}} - \rho_{y\text{cp}}) / \rho_{y\text{cp}}} = 0,031 \cdot \sqrt{\frac{776 - 2,44}{2,44}} = 0,55 \text{ м/с}$$

Тоді діаметр колони

$$D = \sqrt{\frac{V_y}{0,785 \cdot W}} = \sqrt{\frac{0,8}{0,785 \cdot 0,55}} = 1,36 \text{ м}$$

Приймаємо стандартне значення діаметра колони  $D = 1,2$  м і уточнюємо швидкість пара в колоні:

$$W = \frac{V_y}{0,785 \cdot D^2} = \frac{0,8}{0,785 \cdot 1,2^2} = 0,7 \text{ м/с}$$

Визначення висоти колони

Знаходимо коефіцієнт массоотдачі в рідкій фазі:

$$\beta_x = \frac{38000 \cdot \rho_{x\text{cp}} \cdot D_{x(t)}}{M_{x\text{cp}} \cdot h} \cdot (\text{Pr}')^{0,62}$$

(16)



де  $Pr' = \frac{\mu_{xcp}}{D_{x(t)} \cdot \rho_{xcp}}$  - дифузний критерій Прандтля;

$$Pr' = \frac{0,43 \cdot 10^{-3}}{36 \cdot 10^{-9} \cdot 776} = 15,39$$

$$\beta_x = \frac{38000 \cdot 776 \cdot 36 \cdot 10^{-9}}{75,9 \cdot 1} \cdot (15,39)^{0,62} = 0,076 \frac{\text{кмоль}}{\text{м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{кмоль} / \text{кмоль}}$$

Коефіцієнт массоотдачи в паровій фазі знаходимо за рівнянням:

$$\beta_y = \frac{D_y}{22,4} \cdot (0,79 \cdot Re_y + 11000)$$

(17)

де  $Re_y = \frac{W \cdot h \cdot \rho_{ycp}}{\mu_{ycp}}$  - критерій Рейнольдса;

$$Re_y = \frac{0,7 \cdot 1 \cdot 2,44}{3,47 \cdot 10^{-5}} = 35158,5$$

$$\beta_y = \frac{0,55 \cdot 10^{-5}}{22,4} \cdot (0,79 \cdot 35158,5 + 11000) = 0,0095 \frac{\text{кмоль}}{\text{м}^2 \cdot \text{с} \cdot \text{кмоль} / \text{кмоль}}$$

Загальний коефіцієнт масопередачі  $K_{yf}$  знаходимо з рівняння:

$$\frac{1}{K_{yf}} = \frac{1}{\beta_y} + \frac{m}{\beta_x},$$

(18)

де  $m = \frac{y^* - y}{x - x^*}$  – тангенс кута нахилу лінії рівноваги;

$y^*$ ,  $x^*$  - рівноважні концентрації.

Так як величина  $m$  є змінною по висоті колони, знаходимо її значення для різних концентрацій, використовуючи діаграму (рис. 2.3).

У межах від  $X_w$  до  $X_p$  вибираємо ряд значень  $X$ , для кожного значення  $X$  визначаємо по діаграмі (рис. 2.3) величини  $y^* - y$ ,  $x - x^*$  як різниця між рівноважної і робочої лінією, а потім по цим значенням визначаємо величину  $m$ . Результати зводимо в таблицю 2.2.

Таблица 4.2 – Визначення коефіцієнта масопередачі

$x$	$y^*-y$	$x-x^*$	$m$	$K_{yf} \cdot 10^3$
0,02	0,068	0,016	4,25	2,2
0,1	0,261	0,063	4,14	2,2
0,2	0,282	0,123	2,29	3,9
0,3	0,199	0,162	1,23	7,0
0,4	0,088	0,126	0,70	11,5
0,5	0,074	0,142	0,52	14,7
0,6	0,046	0,166	0,28	23,6
0,7	0,031	0,105	0,30	22,6
0,8	0,007	0,023	0,30	22,1
0,9	0,001	0,001	1,00	8,4
0,987	0,006	0,011	0,55	14,2

Для побудови кінетичної кривої скористаємося формулою:

$$y^* - y_k = (y^* - y_n) \cdot e^{-\frac{K_{yf} \cdot f_m}{G_y}} \quad (19)$$

Значення різниці  $(y^* - y_n)$  це значення АС =  $(y^* - y)$  для кожного вибраного значення  $x$  в межах від  $x_w$  до  $x_p$ .

Робоча площа тарілки:  $F_p = 0,93 \text{ м}^2$ .

Молярний витрата пара по колоні:

$$G_y = \frac{G_p \cdot (R+1)}{M_{y \text{ cp}}} = \frac{0,722 \cdot (0,82+1)}{76,5} = 0,026 \text{ кмоль/с.}$$

Таблица 4.3 – До побудови кінетичної кривої

$x$	$K_{yf} \cdot F_p / G_y$	АС, мм	BC = АС / $e^{K_{yf} \cdot F_p / G_y}$ , мм
0,02	0,78	6,8	3,13
0,1	0,80	26,1	11,77
0,2	1,41	28,2	6,92
0,3	2,51	19,9	1,62
0,4	4,13	8,8	0,14

0,5	5,26	7,4	0,04
0,6	8,45	4,6	0,00
0,7	8,09	3,1	0,00
0,8	7,91	0,7	0,00
0,9	3,02	0	0,00
0,987	5,07	6	0,04

За даними таблиці 2.3 будемо кінетичну криву. Точки  $A_1, A_2, A_3, \dots, A_{10}$  лежать на робочих лініях, точки  $C_1, C_2, C_3, \dots, C_{10}$  - на рівноважній кривій. Обчислені відрізки  $V_1C_1, V_2C_2, V_3C_3, \dots, V_{10}C_{10}$  відкладаються від відповідних точок  $C$  вниз. Кінетична крива починається на початку координат, проходить через точки  $V_1, V_2, V_3, \dots, V_{10}$  і закінчується в правому верхньому кутку діаграми  $y-x$  (рис. 2.3).

Число дійсних тарілок, яке забезпечує задану чіткість поділу, визначається шляхом побудови "сходинок" між робітниками і кінетичної лініями. Число ступенів в межах концентрацій  $X_W \div X_P$  одно число дійсних тарілок.

В результаті побудови (рис. 2.3) отримуємо число дійсних тарілок  $n = 74$ .

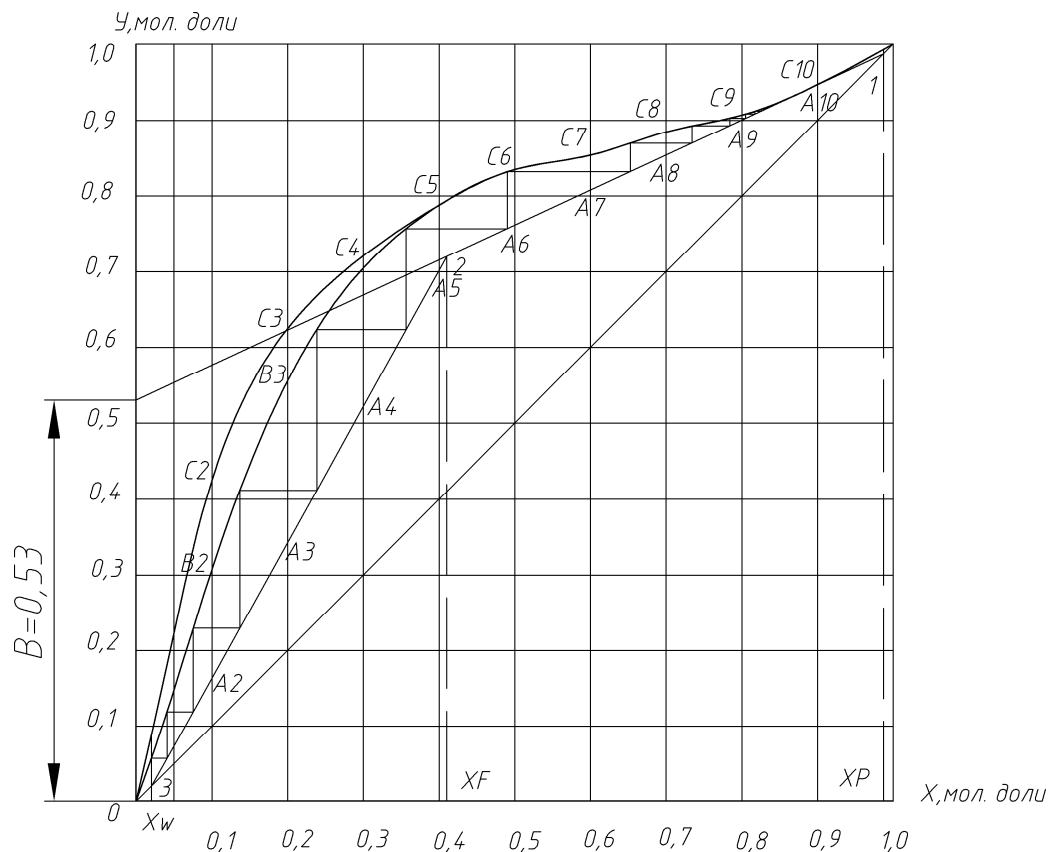


Рис. 4.3 – Побудова кінетичної кривої і визначення числа дійсних тарілок (масштаб 1: 1).

Висоту колони визначаємо за рівнянням

$$H = (n - 1) \cdot h + H_{\text{сеп}} + H_{\text{куб}} , \quad (20)$$

де  $h=0,3$  м – відстань між тарілками;

$H_{\text{сеп}}=0,8$  м – висота сепарационної частини колони;

$H_{\text{куб}}=2,0$  м – висота кубової частини колони;

$$H = (74 - 1) \cdot 0,3 + 0,8 + 2 = 24,7 \text{ м}$$

### Підігрівач вихідної суміші

Рівняння теплового балансу для підігрівача:

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

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

$t_{XF}$  – температура кипіння вихідної суміші;

$t_{\text{нач}}$  – 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 компонентів А і В при середній тем-

пературі  $t_{X_F}^{cp} = \frac{t_{X_F} + t_{нач}}{2} = \frac{88 + 25}{2} = 56,5^\circ\text{C};$

$$C_A = 0,452 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}; C_B = 0,643 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}, [1, \text{с. } 562].$$

$$C_F' = 0,405 \cdot 0,452 + (1 - 0,405) \cdot 0,643 = 0,56 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}} = 2350 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}.$$

$$Q = 1,05 \cdot G_F \cdot C_F' (t_{XF} - t_{нач}) = 1,05 \cdot 1,806 \cdot 2350 (88 - 25) = 464284,5 \text{ Вт}.$$

Витрата що гріє пара:

$$G_{г.п} = \frac{Q}{r},$$

(32)

де  $r = 2117 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$  - питома теплота пароутворення при  $P = 5,0 \text{ кгс/см}^2$

[1, с. 550].

$$G_{г.п} = \frac{Q}{r} = \frac{464284,5}{2117 \cdot 10^3} = 0,214 \text{ кг/с},$$

Температура насиченої водяної пари при  $P = 5,0 \text{ кгс/см}^2$  становить  $151,1^\circ\text{C}$  [1, с. 550].

Середня різниця температур

$$151,1^\circ\text{C} \longrightarrow 151,1^\circ\text{C}$$

$$25^\circ\text{C} \longrightarrow 88^\circ\text{C}$$

Велика різниця температур:

$$\Delta t_{\delta} = 151,1 - 25 = 126,1^\circ\text{C};$$

менша різниця температур:

$$\Delta t_{\text{м}} = 151,1 - 88 = 63,1^\circ\text{C}.$$

Так як  $\frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{\text{м}}} = \frac{126,1}{63,1} = 1,998 > 2$ , тоді середню різницю температур визна-

чається за рівнянням:

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_{\delta} + \Delta t_{m}}{2}, \quad (33)$$

$$\Delta t_{cp} = \frac{126,1 + 63,1}{2} = 94,6 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Така різниця температур потребує використання теплообмінника з плаваючою голівкою або з U-подібними трубами, тому пропонується знизити параметри грюючого пару: абсолютний тиск  $P=1,4$  МПа,  $T=109$  °С.

Маємо:

$$\Delta t_{\delta} = 109 - 25 = 84 \text{ }^{\circ}\text{C};$$

$$\Delta t_{m} = 109 - 88 = 21 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Так як  $\frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{i}} = \frac{84}{21} = 4 \geq 2$ , тоді середню різницю температур визначаєм за рівнянням:

$$\Delta t_{\bar{\delta}} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{i}}{\ln \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{i}}} = \frac{84 - 21}{\ln \frac{84}{21}} = 67,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

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

Поверхня теплообміну підігрівача вихідної суміші

$$F = \frac{Q}{K \cdot \Delta t_{\bar{\delta}}} = \frac{464284,5}{250 \cdot 67,3} = 29,4 \text{ м}^2.$$

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

- діаметр кожуха 400 мм;
- труба 25x2 мм;
- довжина труб 3,0 м;
- поверхня теплообміну 31,0 м<sup>2</sup>.

## 5 Розрахунок на міцність елементів підігрівача

### Початкові дані

Внутрішній діаметр кожуха $D$ , мм	400
Довжина теплообмінних труб $l$ , мм	3000
Зовнішній діаметр теплообмінної труби $d_m$ , мм	25
Товщина стінки труби $s_m$ , мм	2
Число ходів по трубах $i$	1
Розрахунковий тиск у трубному просторі $P_m$ , МПа	1,6
Розрахунковий тиск у міжтрубному просторі $P_k$ , МПа	1,6
Розрахункова температура труб $t_m$ , °С	51
Розрахункова температура кожуха $t_k$ , °С	151
Матеріал кожуха	.. сталь марки 10
Матеріал кришки	..... сталь марки 08X18H10T
Теплообмінних труб	..... сталь марки 08X18H10T
Трубноі решітки	..... сталь марки 08X18H10T
Середовище в трубному просторі – шкідливе, 3 класу небезпеки за ГОСТ 12.1.007–76, корозійне.	
Середовище в міжтрубному просторі – водяна пара.	
Група теплообмінника по трубному просторі	.....1
Група теплообмінника по міжтрубному просторі	.....1
Загальне число циклів навантаження $N$	1000
Строк служби	10

## **Розрахунок на міцність, жорсткість та стійкість**

### **Розрахункова температура**

Розрахункову температуру розподільної камери  $t_k^*$ , °С, визначаємо за формулою:

$$t_{кам} = 2 t_m - t_k = 2 \cdot 51 - 151 = 49^\circ\text{C}.$$

Розрахункову температуру ізолюваних фланців визначаємо за формулою:

$$t_\phi = t,$$

де  $t$  – розрахункова температура апарата, °С.

Розрахункову температуру ізолюваних апаратних фланців і фланців штуцерів розподільчої камери теплообмінника приймаємо рівною температурі розподільної камери, тобто  $t_\phi = t_{\phi i} = 49^\circ\text{C}$ .

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

$$t_\phi = t_e = 151^\circ\text{C}.$$

Розрахункову температуру болтів ізолюваних фланцевих з'єднань визначаємо за формулою:

$$t_b = 0,97 t.$$

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

$$t_b = 0,97 t_{\phi i} = 0,97 \cdot 49 = 48^\circ\text{C}.$$

Розрахункова температура болтів фланцевих з'єднань штуцерів міжтрубного простору

$$t_b = 0,97 t_e = 0,97 \cdot 151 = 147^\circ\text{C}.$$

### **Допустимі напружини**

Допустимі напружини при розрахунковій температурі  $[\sigma]$  і при температурі 20 °С  $[\sigma]_{20}$ , МПа, для матеріалів елементів апарата наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Допустимі напружини матеріалів елементів теплообмінника



Елементи апарата	Матеріал	Допустимі напружини, МПа		Відношення допустимих напружин $[\sigma]_{20}/[\sigma]$
		при температурі 20°C $[\sigma]_{20}$	при розрахунков. температурі $[\sigma]$	
Кожух	Сталь 10	142	134	1,065
Трубна решітка	Сталь марки 08X18H10T	168	162	1,037
Труби	Сталь марки 08X18H10T	168	162	1,037
Фланці апаратні	Сталь марки 08X18H10T	168	162	1,037
Фланці штуцерів трубного простору	Сталь марки 08X18H10T	168	162	1,037
Фланці штуцерів кожуха	Сталь 20	147	138	1,065
Болти та гайки кріплення апаратних фланців та штуцерів трубного простору	Сталь марки 08X18H10T	168	162	1,037
Болти фланцевих з'єднань штуцерів кожуха	Сталь 35	130	122	1,066
Гайки фланцевих з'єднань штуцерів кожуха	Сталь 20	147	138	1,065

Пробний тиск, при якому проводиться випробування апарата, визначаємо за формулою:

$$P_{np} = 1,25 P \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]}.$$

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 напру- жин  $[\sigma]_{20}/[\sigma] = 1,236$  пробний тиск складає:

$$P_{i\delta} = 1,25 P_{\delta} \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} = 1,25 \cdot 1,6 \cdot 1,236 = 2,074 \text{ МПа.}$$

Гідростатичний тиск при випробуванні трубного простору теплообмінника складає:

$$P_{a\delta\delta} = \rho_a \cdot g \cdot H_n \cdot 10^{-6} = 1000 \cdot 9,81 \cdot 3,53 \cdot 10^{-6} = 0,034 \text{ МПа,}$$

де  $H_n$  – висота стовпа води у трубному просторі.

Гідростатичний тиск при випробуванні трубного простору:

$$P_{a\delta\delta} = 0,034 \leq 0,05 P_{i\delta} = 0,05 \cdot 2,074 = 0,11 \text{ МПа}$$

складає менше 5% від пробного, тому за розрахунковий тиск в умовах ви- пробувань приймаємо пробний

$$P_{\delta} = P_{i\delta} = 2,07 \text{ МПа.}$$

Умова

$$P_{\delta} = 2,07 \text{ МПа} \leq 1,35 P_{\delta} \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} = 1,35 \cdot 1,6 \cdot 1,236 = 2,43 \text{ МПа}$$

виконується, тому розрахунок елементів трубного простору в умовах гідравлі- чних випробувань проводити не потрібно.

Для міжтрубного простору (кожуха) при відношенні допустимих напру- жин  $[\sigma]_{20}/[\sigma] = 1,065$  пробний тиск складає:

$$P_{i\epsilon} = 1,25 P_{\epsilon} \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} = 1,25 \cdot 1,6 \cdot 1,065 = 2,32 \text{ МПа.}$$

Гідростатичний тиск при випробуванні міжтрубного простору:

$$P_{\bar{a}\bar{e}} = \rho_{\bar{a}} \cdot g \cdot H_{\bar{e}} \cdot 10^{-6} = 1000 \cdot 9,81 \cdot 3,0 \cdot 10^{-6} = 0,029 < \\ < 0,05 P_{np\kappa} = 0,05 \cdot 2,32 = 0,116 \text{ МПа}$$

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

$$P_{i\kappa} = P_{np\kappa} = 2,32 \text{ МПа.}$$

Умова

$$P_{\bar{e}} = 2,32 \leq 1,35 P_{\bar{e}} \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} = 1,35 \cdot 1,6 \cdot 1,065 = 2,5 \text{ МПа}$$

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

### **Коефіцієнти міцності зварних швів**

Трубний та міжтрубний простори теплообмінника за розрахунковим тиском, температурою та характером робочого середовища відноситься до 1 групи посудин, 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  $\varphi_p = 1,0$ .

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  $\varphi_m = 1,0$ .

### **Добавки до розрахункових величин**

Суми добавок до розрахункових величин визначаємо за формулою

$$C = C_1 + C_2,$$

де  $C_1$  —добавка 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:

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

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

$\tau$  – розрахунковий строк служби теплообмінника, років;

$C_3$  – добувка для компенсації ерозії, мм.

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

Швидкість проникнення корозії для матеріалу міжтрубного простору приймаємо  $P_k = 0$  мм/рік, а трубного –  $P_m = 0$  мм/рік.

Добавка для компенсації корозії складає:

– для труб з боку трубного та міжтрубного просторів:

$$C_{1m} = 0 \text{ мм;}$$

– для кожуха:

$$C_{1k} = P_k \cdot \tau = 0 \cdot 10 = 0 \text{ мм.}$$

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

### **Розрахунок товщини стінки циліндричної обичайки кожуха підігрівача**

Розрахункову товщину стінки кожуха від дії внутрішнього тиску визначимо за формулою:

$$S_{pe} = \frac{P_e \cdot D}{2 [\sigma]_e \cdot \varphi_p - P_e},$$

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

$D$  – внутрішній діаметр обичайки кожуха, мм;

$\varphi_p$  – коефіцієнт міцності поздовжніх зварних швів.

$$S_{pe} = \frac{1,6 \cdot 400}{2 \cdot 191 \cdot 1,0 - 1,6} = 1,6 \text{ мм.}$$

Відповідно до галузевого стандарту [19] 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

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

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:

$$S_k \geq S_{pk} + C_k = 1,6 + 1,1 = 2,7 \text{ мм.}$$

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

Допустимий внутрішній надлишковий тиск в кожусі визначаємо за формулою:

$$[P] = \frac{2 [\sigma] \cdot \varphi_p \cdot (S - C)}{D + (S - C)} = \frac{2 \cdot 191 \cdot 1,0 \cdot (6 - 1,1)}{400 + (6 - 1,1)} = 4,62 \text{ МПа.}$$

Умова міцності

$$D_e = 1,6 \leq [D]_e = 4,62 \text{ МПа}$$

виконується.

Умова застосування розрахункових формул

$$\frac{S - C}{D} = \frac{6 - 1,1}{400} = 0,0122 \leq 0,1$$

виконується.

### **Визначення товщини трубної решітки**

Товщину трубної решітки приймаємо рівною 20 мм.

Розрахунковий тиск визначаємо за формулою:

$$P = \max \{ |P_m|; |P_k|; |P_m - P_k| \};$$

$$P = \max \{ |3,72|; |1,52|; |3,72 - 1,52| \} = 3,72 \text{ МПа.}$$

Розрахункову товщину трубної решітки за умови міцності максимальної без трубної зони визначаємо за формулою:

$$S_{pp} = 0,5 \cdot D_e \cdot \sqrt{\frac{P}{[\sigma]_p}};$$

Де  $D_e$  - діаметр окружності, вписаної в максимальну безтрубну зону, визначається конструктивно.  $D_e = 32,78$  мм.

$$S_{pp} = 0,5 \cdot 32,78 \cdot \sqrt{\frac{3,72}{188,5}} = 2,3 \text{ мм}$$

Виконавчу товщину трубної решітки за умови міцності максимальної без трубної зони визначаємо за формулою:

$$S_p \geq S_{pp} + C_p = 2,3 + 1,8 = 4,1 \text{ мм.}$$

Коефіцієнт ослаблення трубної решітки визначаємо за формулою:

$$\varphi_p = 1 - \frac{d_0}{t_p} = 1 - \frac{25,25}{32} = 0,211$$

### **Визначення допоміжних величин**

Значення коефіцієнтів лінійного розширення матеріалів кожуха  $\alpha_k$  і труб  $\alpha_m$  приймаємо за нормативним документом.

Різницю у видовженні кожуха і труб в робочих умовах, яку необхідно компенсувати, визначаємо за формулою:

$$\Delta = l \cdot |[\alpha_k (t_k - t_0) - \alpha_m (t_m - t_0)]| =$$

$$= 1000 \cdot |[12,54 \cdot 10^{-6} \cdot (170 - 20) - 13,8 \cdot 10^{-6} \cdot (200 - 20)]| = 0,603 \text{ мм.}$$

За додатком визначаємо компенсуючу здатність однієї лінзи компенсатора при загальному числі циклів навантаження  $N = 10^3$ ,  $\Delta_n = 4,3$  мм.

Необхідне число лінз в компенсаторі розраховуємо за формулою:

$$n_n = \frac{\Delta}{\Delta_n} = \frac{0,603}{4,3} = 0,14.$$

Отримане число лінз округляємо до найближчого більшого цілого числа, тобто  $n_l = 1$ .

Жорсткість компенсатора визначаємо за додатком ,  $C_a = 68600$  Н.

### Розрахунок лінзового компенсатора

Умови застосування розрахункових формул:

$$\frac{S_l}{d_n} \leq 0,035; \quad 1,08 \leq \frac{D_l}{d_n} \leq 3,00; \quad \frac{2r}{D_l - d_n} \leq 0,4 .$$

$$\frac{S_l}{d_n} = \frac{4}{408} = 0,0098 < 0,035;$$

$$1,08 < \frac{D_l}{d_n} = \frac{558}{408} = 1,37 < 3,00;$$

$$\frac{2r}{D_l - d_n} = \frac{2 \cdot 14}{558 - 408} = 0,19 < 0,4.$$

виконуються.

### Визначення допоміжних величин

Розрахунковий діаметр западини хвилі компенсатора розраховуємо за формулою:

$$d_1 = d_n - S_l = 408 - 4 = 404 \text{ мм.}$$

Розрахунковий діаметр гребеня хвилі компенсатора визначаємо за формулою:

$$d_2 = D_n - S_l = 558 - 4 = 554 \text{ мм.}$$

Середній радіус тороїдального переходу хвилі компенсатора розраховуємо за формулою:

$$r_s = 0,5(2r + S_l) = 0,5(2 \cdot 14 + 4) = 16 \text{ мм.}$$

Допоміжну величину впливу переходу розраховуємо за формулою:

$$\rho_n = 2 - 100 \cdot \frac{r_s}{d_1 + d_2} = 2 - 100 \cdot \frac{16}{404 + 554} = 1,37 \text{ мм.}$$

Розрахункову ширину пластинчастої зони хвилі компенсатора визначаємо

за формулою:

$$b_n = 0,5(d_2 - d_1 + \rho_n \cdot r_s) = 0,5 \cdot (554 - 404 + 1,37 \cdot 16) = 64,04 \text{ мм.}$$

Радіус закруглення пластинчастої зони хвилі компенсатора розраховуємо за формулою:

$$R_o = 0,25(d_2 + d_1 - 2b_n) = 0,25 \cdot (554 + 404 - 2 \cdot 64,04) = 207,5 \text{ мм.}$$

Середній діаметр хвилі компенсатора визначаємо за формулою :

$$d_{cp} = 0,5(d_2 + d_1) = 0,5 \cdot (554 + 404) = 479 \text{ мм.}$$

Характеристики хвилі обчислюємо за формулами:

$$\xi = \frac{d_2}{d_1} - 1 = \frac{554}{404} - 1 = 0,371;$$

$$\eta = \frac{d_2}{2} \cdot \frac{d_1}{r_s} - 2 = \frac{554 - 404}{2 \cdot 16} - 2 = 2,688;$$

$$\alpha = S_n / d_1 = 4 / 404 = 0,0099;$$

$$\lambda = b_n / R_o = 64,04 / 207,5 = 0,31;$$

$$\gamma = 1 + 1,25 \cdot \frac{d_2}{d_1} - \frac{3,2 \cdot r_s}{d_2 - d_1} = 1 + 1,25 \cdot \frac{554}{404} - \frac{3,2 \cdot 16}{554 - 404} = 2,37.$$

### **Розрахунок компенсатора на міцність**

Розрахункову товщину  $S_3$ , мм, розраховуємо за формулою:

$$S_3 = 0,25(d_2 - d_1 - \gamma \cdot r_s) \cdot \sqrt{P / [\sigma_n]} = 0,25 \cdot (554 - 404 - 2,37 \cdot 16) \cdot \sqrt{1,52 / 188,5} = 2,52 \text{ мм.}$$

Розрахункову товщину стінки компенсатора  $S_4$ , мм, визначаємо за формулою:

$$S_4 = \frac{P \cdot d_{cp}}{2[\sigma]_n \cdot \varphi} \cdot \frac{L}{d_2 - d_1 + 2l_k + 2,3r_s} = \frac{1,52 \cdot 479}{2 \cdot 188,5 \cdot 1,0} \cdot \frac{74}{554 - 404 + 2 \cdot 5 + 2,3 \cdot 16} = 0,73 \text{ мм.}$$

Розрахункову товщину стінки компенсатора  $S_{np}$ , мм, визначаємо за формулою:

$$S_{np} = S_4 \cdot \sqrt{0,5 + \sqrt{0,25 + (S_3 / S_4)^4}} = 0,73 \cdot \sqrt{0,5 + \sqrt{0,25 + (2,52 / 0,73)^4}} = 2,57 \text{ мм.}$$



Суму добавок до розрахункової товщини стінки лінзового компенсатора при її товщині  $S_n = 4,0$  мм приймаємо рівною 0,8 мм.

Виконавчу товщину стінки лінзового компенсатора розраховуємо за формулою:

$$S_n \geq S_{np} + C_n = 2,57 + 0,8 = 3,37 \text{ мм.}$$

Остаточну приймаємо виконавчу товщину стінки компенсатора рівною 4 мм.

Допустимий тиск  $[P]_1$  визначаємо за формулою:

$$[P]_1 = 16 \left( \frac{S_n - C_n}{d_2 - d_1 - \gamma \cdot r_s} \right)^2 \cdot [\sigma]_n = 16 \cdot \left( \frac{4 - 0,8}{554 - 404 - 2,37 \cdot 16} \right)^2 \cdot 188,5 = 2,46 \text{ МПа.}$$

Допустимий тиск  $[P]_2$  визначаємо за формулою:

$$[P]_2 = \frac{2[\sigma]_n \cdot \varphi \cdot (S_n - C_n) \cdot d_2 - d_1 + 2l_k + 2,3 \cdot r_s}{d_{cp} \cdot L} = \frac{2 \cdot 188,5 \cdot 1,0 \cdot (4 - 0,8) \cdot 554 - 404 + 2,5 + 2,3 \cdot 16}{479 \cdot 74} = 6,7 \text{ МПа.}$$

Па.

Допустимий тиск визначаємо за формулою:

$$[P]_n = \frac{[P]_1}{\sqrt{1 + \left( \frac{[P]_1}{[P]_2} \right)^2}} = \frac{2,46}{\sqrt{1 + \left( \frac{2,46}{6,7} \right)^2}} = 2,31 \text{ МПа.}$$

### **Розрахунок компенсатора на малоциклову втомленість**

Допустимі величини амплітуди інтенсивності напружин від переміщення при числі циклів деформації  $N_\sigma$  і амплітуди інтенсивності напружин від тиску при числі циклів  $N_p$  визначаємо за формулою.

Так як точні дані про числа циклів  $N_\sigma$  і  $N_p$  відсутні, приймаємо

$$N_\sigma = N_p = 0,5 N = 500.$$

Допустиму амплітуду інтенсивності напружин від розмаху тисків розраховуємо за формулою:

$$[\sigma]_{ap} = \frac{2300-t}{2300} \cdot \frac{A}{\sqrt{n_N \cdot N}} + \frac{B}{n_\sigma} = \frac{2300-170}{2300} \cdot \frac{0,6 \cdot 10^5}{\sqrt{10 \cdot 500}} + \frac{270}{2} = 921 \text{ МПа.}$$

Напружини від деформації розраховуємо за формулою:

$$\sigma_\omega = \frac{E_\lambda \cdot S_\lambda}{n_\lambda \cdot b_\lambda^2} \cdot (2 + \lambda) \cdot \Delta \varpi = \frac{198 \cdot 10^3 \cdot 4}{1 \cdot 64,04^2} \cdot (2 + 0,31) \cdot 0,603 = 269 \text{ МПа.}$$

Із деяким збільшенням у бік запасу міцності приймаємо  $\Delta P = P$ .

Напружину від тиску визначаємо за формулою:

$$\sigma_p = 3[\sigma]_\lambda \cdot \frac{\Delta P}{[\Delta P]} = 3 \cdot 188,5 \cdot \frac{1,52}{2,31} = 372 \text{ МПа.}$$

Умова міцності:

$$\frac{\sigma_\omega}{2[\sigma]_{a\omega}} + \frac{\sigma_p}{2[\sigma]_{ap}} = \frac{269}{2 \cdot 921} + \frac{372}{2 \cdot 921} = 0,348 < 1,0.$$

виконується.

## 6. ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ТЕПЛООБМІННИКА

Технологія виготовлення кожухотрубчастих теплообмінників включає багато різноманітних стадій. Кожухотрубчатий теплообмінник складається з циліндричної обичайки, до якої приварені трубні решітки. Решітки можуть виготовлятися як за одне ціле з фланцями, так і окремо. Решітки, виготовлені окремо від фланців, установлюються після приварки самих фланців до кожуха, після чого вони вставляються усередину і приварюються до фланців. Після установки однієї з ґрат, роблять установку труб у відповідні отвори. Установка труб відбувається наступним чином: по осях у крайніх крапках заводять трубки, після чого усередину кожуха вставляють трубні перегородки і приварюють їх, потім встановлюють інші трубки другі трубні ґрати. Якщо трубки не попадають в отвори їх центрують за допомогою шомпола, що вставляється усередину трубки. Кожну з трубок приварюють до трубних ґрат по довжині окружності, після чого вальцюють. Після закінчення зварювальних робіт внутрішню порожнину кожуха тобто міжтрубний простір перевіряють на герметичність гідроіспитом. Якщо іспит міжтрубного простору пройшло успішно, то встановлюють розподільну камеру і кришку, що являє собою обичайку до якої з однієї сторони приварений фланець, а з іншого боку - стандартне еліптичне днище. Виробляється гідравлічний іспит трубного простору. Горизонтальний апарат установлюють на сідлові опори.

Технологія виготовлення окремих частин корпуса різноманітна і залежить тільки від габаритів теплообмінника, для якого ці частини виготовляють. Якщо теплообмінник невеликого діаметра то його корпус (кожух) можуть виготовляти з труби, що відповідає діаметра, якщо ж діаметр досить великий те обичайку корпуса вальцюють зі стандартного листа металу

Виготовлення циліндричних обичайок. Виробляється розмітка листових заготовок з метою позначення меж обробки і раціонального розкрою ли-

ста для найбільш повного використання металу. Розмітка проводиться на розмічальних столах або плитах. По маркуванню листа перевіряється відповідність марки металу, довжини, товщини і ширини листа вимогам креслення. Лист укладається на розмічальний стіл маркуванням вгору і на ньому розмічається базова ризику вздовж кромки з найменшою серповидною косінею. На аркуші розмічаються ризику під відрізок, ризику з непаралельністю не більше 1 мм під строжку і контрольні ризику. Різання листа здійснюють на гільйотинних ножицях. Після різання здійснюють обрелення крайок на крайкостругальні верстаті. Після цього лист подається до пресу для подгибки крайок. Після подгибки крайок лист подається до листозгинальна машина з трьома валками розташованими симетрично, де листу надається необхідна кривизна з урахуванням пружнення матеріалу обичайки. Збірку поздовжнього стику виробляють гідравлічно струбцинами. Після приварювання на ролик-опорах заводний і вихідний планок звареним трактором проводиться зварювання внутрішнього шва на флюсовій подушці, а після зачистки кореня шва зварюється зовнішній поздовжній шов. Після зварювання зовнішнього шва на стенді шов зачищають, знімають посилення і видаляють вхідну і вихідну планки. Далі обичайка подається до листозгинальна машина на правку, контролюються зварні шви ультразвуковою дефектоскопією. Отвори в обечайці під штуцери обробляють вирізкою газовим різакон з попередньою розміткою.

Виготовлення еліптичного днища виконують за технічними умовами на виготовлення і поставку днищ, які викладені в стандартах на днища, ОСТ 26-291-72. Днища можна виготовляти штампуванням на пресах, методом обкатки роликони, електрогідравлічною і електромагнітною штампуванням. Формування днища методом штампування на пресах проводять в наступному порядку. Заготівля за допомогою транспортера подається в нагрівальну піч для рівномірного нагріву до необхідної температури. Нагріта заготовки спеціальними захопленнями витягується з печі і подається на транспортер, за допомогою якого транспортується до штампу, що знаходиться під пресом. Потім за-

готовку встановлюють на протяжне кільце і штампують, як правило, за одну операцію. У процесі штампування нагріта заготовка швидко охолоджується і напресовується на пуансон. Для полегшення знімання відштампованих днища пуансон, призначений для штампування, виконується з двох частин: грибка і формує кільця. Заготівля знімається при ході пуансона вгору. Завершальні операції передбачають розмітку днищ для підрізування торця і розмітку отворів, підрізування торця і обробку отворів, термообробку, очищення, контроль і таврування.

#### Виготовлення фланців.

Заготовки для фланця отримують гнучкою прокату. Технологічний процес виготовлення заготовок за цим методом полягає в розрізанні смуги або профілю на мірні заготовки, згинанні в кільце і стиковому зварюванні. Далі заготовки піддають механічній обробці, обробляють поверхні ущільнювачів і внутрішній діаметр фланця. Потім висвердлюють отвори під болти. Фланці штуцерів штампують у відкритих штампах. За один хід преса прошивають отвори і обрізають задирки на кривошипних пресах в комбінованих штампах. Отримані заготовки також механічним але обробляють.

#### Складання і зварювання штуцерів з плоским фланцем.

Плоский фланець укладається ущільнювальної по-поверхнею на складальну плиту. По внутрішньому діаметру укладаються підкладки, по товщині рівні величині недовода торця патрубку до ущільнювальної поверхні фланця. Патрубок торцем встановлюється у фланець на підкладки. Витримуються перпендикулярність осі патрубку до ущільнювальної поверхні фланця, зазор між патрубком і фланцем. Патрубок прихоплюється зварюванням і потім приварюється до фланця.

Трубні ґрати виготовляють у такий спосіб: з листа металу вирізують диск, розмічають за допомогою координатно-розточувального верстата, а потім свердлильним верстатом роблять отвори. В отвори трубних ґрат установлюють трубки з подальшої їхньої обваркой і розвальцьовуванням. Труби, після установки, приварюють, а потім розвальцьовують.

## **7. Ремонт підігрівача**

### **Підготовка теплообмінника до ремонту і передача в ремонт**

Для відключення апарату від комунікацій і установки заглушок може притягуватися ремонтний персонал.

Виведення апарату в ремонт проводиться по письмовому розпорядженню начальника цеху або його заступника.

Теплообмінник в ремонт повинен здаватися механікові цеху, як особі відповідальній за ремонт, по акту, заповненому відповідальною особою за підготовку теплообмінника до ремонту (заповнюється спеціальна форма акту здачі устаткування в ремонт форма № 4-МИ).

До зупинки апарату і виведення його в ремонт необхідно виконати наступне:

- а) скласти відомість дефектів і об'єму робіт;
- б) підготувати необхідну технічну документацію;
- в) підготувати пристосування, інструмент, запасні частини, підйомно-транспортні засоби;
- г) виконати заходи щодо безпечного проведення ремонтних робіт і протипожежні заходи;
- д) вкомплектувати і проінструктувати ремонтну бригаду.

### **Дефектація**

В процесі розбирання устаткування проводиться тріступінчата дефектація, що завершується оформленням дефектної відомості, складанням схем і ескізів дефектних вузлів і деталей.

Попередня дефектація здійснюється перед зупинкою теплообмінника на ремонт (за два-три місяці). Вона передбачає виявлення найбільш вірогідних дефектів і несправностей. При цьому використовуються записи в процесі експлуатації, технічного обслуговування і попередніх ремонтів. Попередня дефектна відомість служить організуючим документом для підготовки до ремонту і доповнюється в процесі ремонту.

Поузлова і подетальна дефектація проводиться після розтину і очищення апарату. Перевіряється справність деталей і міцність їх кріплення усередині апарату. Особлива увага звертається на стан зварних швів і околшовної зони.

Зовнішній огляд і обміри за допомогою вимірювальних інструментів дозволяють виявити видимі дефекти деталей і вузлів. Дрібні тріщини виявляються методом кольорової дефектоскопії.

Вибірково проводиться вимір товщини стінки судини і завмер твердості металу обичайок і днищ.

Контроль якості зварних швів здійснюється візуальним оглядом, ультразвуковою дефектоскопією і гідровипробуванням.

### **Типові види ремонтів**

Планово-запобіжний ремонт ППР здійснюється відповідно до заздалегідь складеного і затвердженого плану на підставі річного і місячного графіків ремонту.

Система технічного обслуговування і ремонту устаткування передбачає два види ремонту:

- а) поточний;
- б) капітальний.

### **Поточний ремонт**

Поточний ремонт - це сукупність робіт, при яких проводиться ревізія, ремонт або заміна дефектних часток і деталей апаратів. Перелік основних видів робіт при поточному ремонті:

- а) усуваються пропуски у фланцевих з'єднаннях, в зварних швах і т.д.;
- б) ревізія і ремонт арматури, термокишень, манометричних штуцерів і кранів рівнемірів;
- в) зовнішній огляд комунікацій з підтяжкою кріпильних деталей;

г) перевірка справності робочих майданчиків, сходів, обгороджувачів, а також заміна дефектного кріплення;

д) випробування апарату на герметичність.

### **Капітальний ремонт**

При капітальному ремонті апарат повністю відновлюється, а його експлуатаційні характеристики доводяться до відповідності технічним умовам на нове або відремонтоване устаткування.

До складу капітального ремонту входять:

а) всі роботи поточного ремонту;

б) чищення і промивання внутрішньої порожнини судини;

в) перевірка стану зварних швів і зон термічної дії;

г) модернізація (при необхідності);

д) заміна ущільнень на всіх фланцевих з'єднаннях;

е) ремонт кріплення;

ж) забарвлення деталей з вуглецевої сталі;

з) випробування пробним тиском;

и) установка термоізоляції.

Після розбирання апарату провести ретельну перевірку всіх вузлів і деталей з метою виявлення дефектів, що можуть з'явитися (що утворилися) в процесі експлуатації.

При проведенні капітальних ремонтів, пов'язаних з реконструкцією, із застосуванням зварювальних робіт, а також при заміні або відновленні базових деталей потрібне виконання необхідних розрахунків, розробки технічної документації при дотриманні вимог проекту.

### **Технологія ремонту теплообмінника**

#### **Розбирання**

Від'єднати трубопроводи і зняти теплоізоляцію. Демонтувати нижнє днище теплообмінника, Провести строповку апарату, розібрати верхнє фланцеве з'єднання і демонтувати апарат. Укласти теплообмінник на спеціально



виготовлені підставки. Отглушити штуцера, залити міжтрубний простір водою і провести гідровипробування. Скласти карту виявлених дефектів. Демонтувати арматуру.

### **Ремонт корпусу і нижнього днища**

Знос корпусу апарату і днища виражається в наступному:

- зменшення товщини стінки корпусу, днища, трубних грат;
- випучини і вм'ятини на корпусі і днищі, тріщини;
- тріщини, свищі в лінзовому компенсаторі.
- пошкодження привалочних поверхонь фланців корпусу і днища.

Перед ремонтом провести зовнішній огляд корпусу теплообмінника, зварних швів, а також зовнішній і внутрішній огляд нижнього днища. Результати огляду відобразити в карті виявлених дефектів. За відсутності видимих дефектів проводиться контроль неруйнованими методами (кольоровою дефектоскопією, ультразвук). Зменшення товщини стінки відбувається унаслідок корозії. При виявленні корозійного зносу дані місця зашлифують до непошкодженого металу з головним переходом кромки. Провести вимір товщини стінки (мінімальний).

Подальша робота апарату повинна підтверджуватися розрахунком на міцність. При отриманні негативного результату провести вирізку даної ділянки з подальшою вваркою вставки. Вставка вварюється встик, матеріал вставки повинен повністю відповідати матеріалу корпусу або днища.

При виявленні тріщин необхідно визначити їх кордони. Кінці їх зашліфують свердлом 3-4 мм для запобігання подальшому розповсюдженню. Некрізні тріщини завглибшки не більше 3,2 мм обробляють під заварку однобічною вирубкою на максимальну глибину тріщини із зняттям кромки під кутом 50-60°. Крізні тріщини і некрізні завглибшки більше 3,2 мм обробляють на всю тріщину. Після чого роблять заварку. При прояві гніздоподібних тріщин пошкоджені місця вирізуються, і на їх місце вваривають вставки. Площа вставки не повинна перевищувати 1/3 площі листа обичайки.

Корпус, що має випучини, і вм'ятини, виправляється ударами кувалди по мідній підкладці. Якщо неможливо усунути вказані вище дефекти ударами, то пошкоджені ділянки вирізуються, і на їх місце вваривають вставки.

На поверхнях ущільнювачів фланців не повинно бути дефектів. Виявлені вм'ятини, забоїни, риски та інші дефекти завглибшки 0,5 мм усувають шліфовкою. Глибші дефекти усувають проточкою. При виявленні неусувних дефектів, фланці замінюють. В процесі експлуатації компенсатора можлива поява наступних дефектів:

- руйнування компенсатора;
- поява втомних тріщин; дефекти в зварних швах.

Дефекти в зварних швах компенсатора, усуваються підваркою і попереднім видаленням дефектів. Зруйнований компенсатор, а також компенсатор з втомними тріщинами, розшаруванням металу і значними механічними пошкодженнями підлягають заміні. Вирізка дефектних ділянок корпусу проводиться тільки механічним шляхом.

### **Трубний пучок**

Можливі наступні дефекти трубного пучка:

- розрив трубок;
- дефекти в зварних швах приварювання трубок і трубним дошкам;
- відкладення на поверхнях трубок; деформація трубок.

Дефектні трубки (розривши, крізна корозія і ін.) замінюють або заглушають. Допускається отглушка 15% трубок. Отглушка трубок проводиться пробками, що виготовленими з неіржавіючої сталі і мають невелику конусність (3-5°). Заміна дефектних трубок проводиться таким чином: кільцеві шви разом з торцем труби зрізаються спеціальною фрезою приводом від гнучкого валу. Звільнена таким чином трубка виймається з трубного пучка. Перед установкою нової трубки отвір в ґратах зачищають від грязі і задирок. Трубки, що вставляються, відрізують по довжині пучка з надбавкою 8-10 мм довжини, вставляють в трубні ґрати і обварюють. Виявлені дефекти в

зварних швах приварювання трубок вишлифовують. Методом кольорової дефектоскопії перевіряють якість вишлифовки, потім підварюють. Вм'ятини в трубках усувають за допомогою спеціального пристосування, що складається з облямовування штанги з шайбою і гайкою. Штанга з облямовуванням протягується через трубу до упору облямовування у вм'ятину. Потім на штангу надягає шайба і гайка. При загвинчуванні гайки облямовування виправляє вм'ятину. Очищення трубок здійснюється промиванням і пропарюванням.

### **Штуцера, фланцеві з'єднання і кріплення**

При необхідності заміни штуцера він відрізується на відстані, близько 10 мм від зміцнюючого кільця або корпусу. Потім механічним способом віддаляється залишок штуцера, і зварні шви приварювання його до корпусу. Після оброблення кромки проводять вварку нового штуцера. Вварка штуцера проводиться з обов'язковою установкою зміцнюючого кільця. Дефекти на поверхнях ущільнювачів фланців усуваються шліфовкою (до 0,5 мм) або проточкою (до 1,5 мм). Кріплення з витягнутим або зім'ятим різьбленням замінити новим. Болти і гайки із зношеними або зім'ятими гранями також необхідно замінити.

### **Ремонт арматури (вентилів)**

Ремонт арматури може виконуватися безпосередньо на місці Установки або в майстерні. При знятті арматури необхідно зробити позначки на її корпусі і фланцях трубопроводу, щоб знати, з якого місця вона знята. Найбільш поширеними причинами виходу з ладу арматури є порушення герметичності унаслідок корозії, вм'ятин на ущільнюючих поверхнях. При ремонті арматури проводяться наступні операції:

- відновлення зношених або зруйнованих поверхонь ущільнювачів затвора;
- відновлення шпинделя і деталей, що сполучаються з ним;
- заміна сальникового ущільнення;

- відновлення поверхонь ущільнювачів фланців;
- відновлення корпусу;
- гідровипробування.

Розбирання вентилів проводиться в наступній послідовності:

- знімається маховик;
- знімається кришка спільно з деталями затвора;
- розбираються деталі затвора.

Після розбирання всі деталі промивають в керосині і досуха витирають, після чого проводять їх огляд. Виявлені дефекти в корпусі (раковини, тріщини) усувають підваркою. Некрізні дефекти обробляють на всю глибину його до чистого металу. Крізні на всю товщину корпуси. Тріщини перед обробленням засвердлюють по кінцях для виключення їх розповсюдження. Після оброблення проводять протравлення 10% розчином азотної кислоти. Зварку проводити матеріалами і за технологією, затвердженою лабораторією зварки. Міцність корпусу перевіряють гідравлічним випробуванням. На поверхнях ущільнювачів затвора дефекти не допускаються. Виявлені дефекти завглибшки до 0,5 мм усувають шліфовкою з подальшим притиранням, дефекти завглибшки більше 0,5 мм усувають попереднім обробленням дефекту і наплавленням на нього металу з подальшою обробкою і притиранням. Поверхня ущільнювача шпинделя має бути дзеркально гладкою.

Вм'ятини і задираки завглибшки 0,08-0,15 мм усувають притиранням. Кривизна шпинделя не повинна перевищувати 0,05 мм на всю довжину. Внутрішні поверхні деталей, що сполучаються з шпинделем, перевіряють на чистоту і відсутність овальності. Дефекти на фланцях завглибшки до 0,5 мм усувають вишліфовкою. Глибші (до 1,5 мм) – проточкою.

Після закінчення ремонту і збірки арматура піддається гідравлічному випробуванню на міцність і щільність. Випробування є остаточною перевіркою якості ремонту.

### **Збирання теплообмінника**

Після закінчення ремонтних робіт провести збірку теплообмінника в наступній послідовності:

- застропить його, підняти і завести верхню частину в колону поз. С-303;
- зібрати фланцеве з'єднання колони і теплообмінника;
- змонтувати нижнє днище;
- під'єднати трубопроводи;
- провести ізолювальні роботи.

### **Прийом апарату з ремонту**

Прийом апарату з ремонту проводиться після виконання всіх робіт, передбачених відомістю дефектів і проведення випробувань. Робітники майданчиком мають бути прибрані від матеріалів і сміття. При цьому необхідно керуватися інструкцією. Відремонтований апарат після випробувань приймається в експлуатацію з підписанням акту форма 4А-МІ. Без оформлення акту і 2-х сторонньому підпису його експлуатація апарату забороняється. Після підписання акту механік цеху зобов'язаний зробити запис про проведений ремонт в ремонтній книзі.

## **8. ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ**

### **8.1. Заходи запобігання небезпечним і шкідливим виробничим чинникам**

#### **8.1.1. Заходи боротьби з шумом і вібрацією**

Чинниками шуму та вібрації є насоси, компресори, та гази, які переміщуються по трубопроводах.

Для зменшення вібрації машин і устаткування, а також для усунення шуму прийняти наступні заходи:

- амортизація і віброізоляція устаткування за допомогою ресор і пружних матеріалів;
- балансування і центрівка деталей і механізмів;
- застосування динамічних віброгасителів;
- заповнення резонуючих порожнин віброізолюючим матеріалом.

Для зменшення дії шуму на організм людини, при роботі застосовуються навушники і беруши по ГОСТ 12.1.029-80.

#### **8.1.2. Заходи для захисту від статичної електрики**

8.1.2.1 Іскри зарядів статичної електрики часто є джерелом пожеж і вибухів.

Статичною електрикою називаються електричні розряди, що утворюються в результаті тертя діелектрика об провідник чи об діелектрик.

8.1.2.2 У цеху статична електрика виникає головним чином при русі по трубопроводах рідин, що електризуються, і газів (вуглекислого газу, азоту, повітря).

8.1.2.3 Для захисту устаткування від утворення статичної електрики не допускається наповнення ємкостей, цистерн, контейнерів вільно падаючим струменем рідких органічних продуктів. Заповнення цистерн, ємкостей та ін. повинно вестися по патрубку, що доходить до дна, щоб уникнути вільного падіння струменя.

8.1.2.4 Для уникнення накопичення статичної електрики на верстатах ємкостей, збірок, цистерн, автоконтейнерів та ін. апаратів вони повинні заземлятися при сливі і наливанні. Справність заземлюючого дроту необхідно перевіряти постійно при проведенні зливно-наливних операцій.

8.1.2.5 Всі шлангові вузли на зсипно-насипних естакадах і точках застипу цистерн, контейнерів та ін. повинні мати справні перемички з дроту. Дріт необхідно надійно закріплювати на проушинах, приварених до патрубків.

### **8.1.3. Заходи електробезпеки**

При роботі з електроінструментом класу 1 застосування засобів індивідуального захисту (діелектричних рукавичок, галош, килимів і тому подібне) обов'язкове.

Забезпечення недоступності струмопровідних частин, які знаходяться під напругою; усунення небезпеки поразки струмом при появі напруги на корпусах, кожухах електроустаткування, що досягається використанням малої напруги, застосуванням подвійної ізоляції, вирівнюванням потенціалів, захисним заземленням, зануленням, відключенням; застосування спеціальних засобів електричних вимірювань; організація безпечної експлуатації електроустановок.

### **8.1.4 ПОЖЕЖНА БЕЗПЕКА**

Пожежа і вибух може відбутися: при недотриманні правил охорони праці, технологічних регламентів і інструкцій; при неправильному веденні вогняних робіт, від несправності електричної проводки, від короткого замикання, від перевантаження електродвигунів, від несправності електронагрівальних приладів, від розряду статичної електрики, від грозового розряду, від самозаймання промасленого обтирального матеріалу, від самозаймання полімерів, активованого вугілля, від іскри при ударі, при пропуску горючих газів або рідин через пошкодження або нещільність в системі апаратів і комунікацій, при недотриманні правил зберігання горючих речовин та ін.

Пожежна безпека повинна забезпечуватися:

- системою запобігання пожежі;
- системою пожежного захисту.

Безпека людей повинна бути забезпечена при виникненні пожежі в будь-якому місці цеху.

Небезпечними чинниками пожежі, що впливають на людей є:

- відкритий вогонь і іскри;
- підвищена температура повітря, предметів і т.п.;
- токсичні продукти горіння;
- дим;
- обвалення і пошкодження будівель, споруд, установок;
- вибух;

Запобігання пожежі повинне досягатися:

- запобіганням утворенню горючого середовища;
- запобіганням утворенню в горючому середовищі (або внесення до неї)

джерел запалення;

- підтримкою температури горючого середовища нижче максимально допустимої по горючості;

- підтримкою тиску в горючому середовищі нижче максимально допустимого по горючості.

Пожежний захист повинен забезпечуватися:

- максимально можливим застосуванням негорючих і важкогорючих речовин і матеріалів замість пожежонебезпечних;

- обмеженням кількості горючих речовин і їх розміщенням;
- ізоляцією гарячого середовища;
- запобіганням розповсюдженню пожежі за межі вогнища;
- застосуванням засобів пожежогасінні;
- евакуацією людей;
- застосуванням засобів сповіщення про пожежу;
- застосуванням засобів колективного і індивідуального захисту людей.



## **Засоби пожежогасіння, призначення і правила їх застосування.**

Основними вогнегасними засобами є: вода, піна, інертні гази, водяна пара, галлоїдированні вогнегасні склади, сухі вогнегасні речовини. Їх основним призначенням є створення умов, при яких припиняється горіння.

Поширеним засобом вогнегасіння є вода. Потрапляючи в зону вогню, вода нагрівається і випаровується, віднімаючи велику кількість тепла, знижуючи температуру полум'я. Якщо температура стане нижча за температуру займання речовини, що горить, то горіння припиниться, водяну пару, що утворилася, зупиняючи доступ повітря до місця горіння, якщо при цьому концентрація кисню в зоні горіння буде знижена до 11-12% - горіння припиниться.

Крім того, сильний струмінь води може збити полум'я з речовини, що горить, що полегшує гасіння пожежі.

Не можна застосовувати воду для гасіння пожежі в місцях, де розташовано електроустаткування, що знаходиться під струмом, оскільки вода - хороший провідник електрики. Неприпустимо застосування води для гасіння речовин, займистих при зіткненні з водою.

Іншим ефективним засобом гасіння пожежі є водяна пара. Вона ефективний в приміщеннях об'ємом не більше 50 м<sup>3</sup>, в місцях, закритих від протоки повітря, в димарях, лотках, де розташовані трубопроводи. Вогнегасна дія водяної пари заснована на розбавленні ним повітря у сфері вогню. При змісті пари в повітрі в кількості 35% про. горіння припиняється.

Водяна пара застосовується як застережливий засіб займання при пропуску горючого нагрітого продукту через нещільність арматури і трубопроводів; струмінь пари, що подається до місця пропуску, ізолює продукт, що витісняється, від повітря.

Для гасіння ЛСР в хімічній промисловості широко застосовується вогнегасна піна. Піна є масою бульбашок газу, ув'язненими в рідині. Піна ізолює полум'я, унаслідок чого практично припиняється надходження пари в

зону горіння і одночасно охолоджується поверхня рідини. Піна нешкідлива для людей, майже не електропровідна, може бути легко і досить швидко отримана під час пожежі.

У хімічній промисловості як вогнегасні засоби застосовуються інертні гази і деякі рідкі і тверді речовини.

З інертних газів для гасіння пожеж застосовується діоксид вуглецю і азот. Їх вогнегасна дія визначається тим, що вони розбавляють середовище, що горить, і віднімають у нього тепло, чому знижується температура полум'я і відбувається гальмування процесу горіння.

Діоксид вуглецю, вживаний для гасіння пожеж, викидається з балонів, де знаходиться в рідкому стані під великим тиском. Миттєво випаровуючись, він утворює білі пластівці "вуглекислотного снігу"

Потрапляючи у вогнище, пластівці випаровуються, знижують температуру речовини, що горить, і розбавляють навколишнє повітря. При вмісті діоксиду вуглецю в повітрі в межах 35-38% горіння припиняється.

Діоксид вуглецю є незамінним засобом для швидкого гасіння невеликих вогнищ пожежі, на ліквідацію вогню потрібно 10 секунд.

Унаслідок своєї не електропровідності діоксид вуглецю застосовується також для гасіння електродвигунів, що зажеврили, і ін. електричних установок.

Для гасіння за допомогою діоксиду вуглецю застосовується автоматичні стаціонарні установки, пересувні, переносні вогнегасники.

Примітка: Одяг, що горить, на людині гасити вогнегасниками пінними або вуглекислотними забороняється.

Пісок - застосовується для гасіння невеликих вогнищ. Зберігається в спеціальних ящиках, повинен бути сухим, чистим і дрібним. Ящики з піском і совками повинні бути забарвлені в червоний колір і опломбовані.

Кошма (азбестове полотно) - застосовується для гасіння вогню на засувках, фланцях та ін. арматурі, трубопроводах при витіканні з них продукту, що горить, або газу.

Її накидають на місце виходу продуктів, притискують її до цього місця, щоб припинити доступ повітря до вогнища горіння.

Якщо на людині спалахнув одяг, то його щільно закутують кошмою. Для цієї мети застосовують також суконні ковдри.

Не можна допускати, щоб людина, на якій зажеврив одяг біг, тому що полум'я роздувається і поверхня вогнища збільшується.

## **8.2. Заходи для запобігання шкідливим і небезпечним чинникам при експлуатації і ремонті технологічного устаткування.**

### **8.2.1 Допуск для проведення робіт**

Для виконання ремонтно-монтажних робіт існує система допуску, дозволів і нарядів на проведення особливо небезпечних робіт.

Допуск - це спеціальний документ, в якому містяться наступні дані: місце, час, склад бригади і відповідальна особа за проведення ремонтних робіт. Тут же вказані засоби безпеки для проведення робіт і зафіксований факт перевірки цих засобів, закріплений підписами цих осіб, які провели перевірку. Допуск затверджений головним інженером підприємства і узгоджений з пожежною охороною, з газорятівною службою.

Перед проведенням ремонтних робіт необхідно скласти план організації робіт (ПОР); всі учасники робіт повинні бути ознайомлені з ППР і пройти інструктаж по техніці безпеки.

Всі роботи по монтажу колони необхідно виконувати у відповідності з ПОР.

### **8.2.2 Організація робочого місця.**

При ремонтно-монтажних роботах кожне робоче місце повинне відповідати вимогам ТБ:

- вільні проходи (шляху доставки деталей, інструментів);

- огорожа зон робіт (оберігаючі і застережливі пристрої);
- у нічний час спеціальне освітлення.

При виконанні ремонтних робіт підрядчик не повинен допускати заха- рашування матеріалами та будівельними відходами проїздів до пожежних гідран- тів, місць, а також території навколо та в середині цехів до різного устаткування. Щодня після закінчення робіт безпосередній керівник зобов'язаний забезпечити прибирання місць. У місцях, що представляють небезпеку при проведенні ремонт- них робіт, підрядчиком повинен бути вивішений застережливий плакат, та захище- ні отвори для передачі устаткування і матеріалів в ремонтну зону. Ліси, підмостки та інші пристосування для виконання будівельних та монтажних робіт на висоті повинні бути інвентарними, виготовлятися за типовими проектами та відповідати вимогам ГОСТ 12.2.012-75. Для лісів повинні застосовуватися тільки металеві кріпильні елементи (болти, хомути скоби), стійки, рами, опорні сходи та інші вер- тикальні елементи лісів повинні бути встановлені по схилу і розкріплюватися від- повідно до проекту. Нижні частини стійки, розміщені біля проїздів повинні бути за- хищені від ударів проїжджаючого транспорту.

Забороняється встановлювати ліси на нерівній поверхні, а також вирівнюва- ти під ними підкладку за допомогою цегли, каменів, обрізків дощок, та інших предметів. Забороняється кріпити ліси до парапетів балками та іншими виступаю- чими частинами будівель і споруд.

При висоті лісів (стоячих та підвісних) більше 6 м повинно бути не менше 2х настилів: робочій (верхній) та захисний (ніжній). Роботи на декількох ярусах по одній вертикалі без проміжних захисних настилів між ними не допускається.

Підйом і спуск людей на ліси допускається тільки по сходах, розташованих на відстані не більше 40 м один від одного, закріпленим верхнім кінцем до попе- речини лісів, ухил сходів не повинен перевищувати 60 градусів до горизон- талі.

Зміцнення гачків, хомутів і пальців підвісних монтажних лісів на вмон- тованих елементах конструкції повинно проводитися до їх підйому.

### **8.2.3 Порядок підготовки устаткування до проведення ремонтних робіт.**

При підготовці до ремонту устаткування і комунікації повинні бути:

- зупинені згідно вимогам технологічного регламенту;
- звільнені від продуктів, що залишилися в них;
- продуті азотом, повітрям;
- очищені від забруднень;
- відключені від устаткування, що діє, і комунікацій за допомогою заглушок;
- здані в ремонт по відповідній інструкції.

Розтин апарату необхідно проводити тільки у присутності начальника зміни або відповідального за проведення робіт.

### **8.2.4 Техніка безпеки при роботі на висоті.**

Роботи, що виконуються на висоті 1,5 м від поверхні ґрунту або перекриття, над якими проводяться роботи з монтажних пристосувань або безпосередньо з елементів конструкцій, устаткування, машин і механізмів при їх установці, експлуатації, монтажі і ремонті, називаються роботами на висоті.

Ці роботи повинні виконуватися із застосуванням приставних сходів, драбин, підмостків, лісів, що мають огорожі або при обов'язковому застосуванні перевірених і випробуваних запобіжних поясів, якщо робота проводиться з необгороджених поверхонь.

При роботі на висоті необхідно враховувати вимоги до лісів, до підмостків, до кріплень сходів, до підвісних і підйомних пристроїв.

Роботи на висоті ведуться з використанням телескопічних веж, підвісних люльок з лебідками, а також приставних сходів - драбин і пристосувань перевірених на міцність і таких, що забезпечують безпеку ведення робіт.

До засобів індивідуального захисту монтажників відносяться:

- запобіжний пояс;
- спецодяг;

- каска;
- взуття;
- сумка для інструменту.

Для огорожі робочих місць допускається застосовувати металеву сітку заввишки не менше 1 м з поручнем.

Огорожі і поручні повинні витримувати зосереджене навантаження 70 кгс.

При неможливості і недоцільності пристрою огорож робочі повинні бути забезпечені запобіжними поясами.

Підйом та спуск людей на ліси допускається тільки по сходах, із закріпленим верхнім кінцем до поперечини лісів, ухил сходів не повинен перевищувати 60° до горизонтальної поверхні.

Люди, які працюють на висоті повинні бути забезпечені індивідуальними сумками або інструментальним ящиком, забезпечені захисними касками.

При установці подмостей висотою більше 2,5 м вони повинні кріпитися до стіни.

Лінії електропередачі, розташовані ближче 5 м від металевих лісів необхідно (на час установки або розбирання лісів) зняти, знеструмити або укласти в дерев'яні коробки.

Підйом людей на підмостки допускається тільки по приставних сходах або трапах.

Прогин при максимальному розрахунковому навантаженні не повинен бути більше 20 мм.

При довжині трапів і мостків більше 3 м під ними повинні встановлюватися проміжні опори. Ширина трапів і мостків не повинна бути менше 0,6 м. Трапи і мостки повинні мати огорожі. По всій довжині трапа через кожних 30-40 см повинні бути планки для упору ніг перетином 20x40 мм.

Переносні сходи і драбини повинні мати пристрої, що запобігають при роботі можливості зрушення і перекидання.

Нижні кінці переносних сходів і драбин повинні мати окування з гострими наконечниками, а при користуванні ними на асфальтових, бетонних і подібних підлогах повинні мати черевики з гуми або іншого нековзного матеріалу. При необхідності верхні кінці сходів повинні мати спеціальні крюки для закріплення до конструкцій.

Переносні дерев'яні сходи і розсувні сходи-драбини завдовжки більше 3 м повинні мати не менш 2-х металевих стяжних болтів, встановлених під ступенями. Розсувні сходи-драбини повинні бути обладнані пристроями, що виключають можливість їх мимовільного зрушення.

Загальна довжина сходів не повинна перевищувати 5 м.

Вертикальні сходи, сходи з кутом нахилу до горизонту більш  $75^\circ$  при висоті більше 5 м повинні мати, починаючи з висоти 3 м, огорожі у вигляді дуг.

Загальна довжина (висота) приставних сходів повинна забезпечувати робочому можливість проводити роботу в положенні стоячи на ступені, що знаходиться на відстані не менше 1 м від верхнього кінця сходів.

При роботі з приставних сходів на висоті більше 1,3 м слід застосовувати запобіжний пояс, прикріплених до конструкції споруди або до сходів за умови кріплення її до конструкції.

Дерев'яні сходи випробовуються два рази у рік, металеві - один раз в рік.

Перевірка справності приставних сходів проводиться щомісячно відповідальною особою.

Місця установки приставних сходів на ділянках руху транспорту або людей належить захищати або охороняти.

Забороняється працювати з механізованим інструментом з приставних сходів.

## **8.2.5. Організація безпечного проведення вогняних робіт**

9.5.5.1 До вогняних робіт відносяться виробничі операції, зв'язані із застосуванням відкритого вогню, іскроутворюванням і нагріванням до температур, здатних викликати займання матеріалів і конструкцій (електрозварювання, електрорізка, бензорізка, паяльні роботи, обробка металу з виділенням іскр і тому подібне).

8.2.5.2 До виконання вогняних робіт допускаються особи не молодше 18 років, що пройшли медичний огляд, навчені безпечним методам і прийомам роботи, що пройшли перевірку знань і посвідчення, що отримали, талон-попередження по пожежній безпеці.

8.2.5.3 Місця проведення вогняних робіт можуть бути постійними і тимчасовими.

Вогняні роботи на тимчасових місцях проводяться безпосередньо в приміщеннях або на території підприємства в цілях ремонту устаткування або монтажу комунікацій і будівельних конструкцій по спеціальному дозволу.

Постійні місця організуються в спеціально обладнаних відповідно до протипожежних норм майстерень або на відкритих майданчиках.

Вогняні роботи на цих місцях проводяться без письмового дозволу.

8.2.5.4 На проведення вогняних робіт оформляється дозвіл, що передбачає розробку і подальше здійснення комплексу заходів щодо підготовки до безпечного проведення робіт.

8.2.5.9. Устаткування і комунікації, на яких проводитимуться вогняні роботи повинні бути зупинені, підготовлені до проведення вогняних робіт і здані по акту згідно інструкціям, що діють на підприємстві.

8.2.5.10 Місце проведення вогняної роботи повинне бути позначено (захищено), а при необхідності виставлені пости з метою недопущення перебування сторонніх осіб в небезпечній зоні.



8.2.5.11 Перед початком і періодично в процесі проведення вогняних робіт необхідно проводити аналізи стану повітряного середовища на місці робіт. Результати аналізів записуються в дозволі. У разі проведення аналізів більш 1-го разу в зміну результати записуються в цеховому журналі аналізів повітряного середовища, який повинен знаходитися у начальника зміни.

### **8.2.6. Проведення земляних робіт**

8.2.6.1 Для отримання документації на виробництво земляних робіт необхідно подати письмову заявку начальникові бюро Генплану ПКО підприємства.

8.2.6.2 Начальник бюро Генплану ПКО підприємства згідно заявці переносить в натуру, складає схему розбиття ділянки місцевості з нанесенням підземних комунікацій.

8.2.6.3 У разі, коли по умові робіт необхідно проводити перетин проїжджих доріг і тротуарів, потрібно отримати дозвіл начальника господарського цеху, узгоджений з головним архітектором, пожежною охороною і начальником виробництва, на території кожного проводяться земляні роботи.

8.2.6.4 У разі, коли по умові робіт необхідно проводити перетин залізничних шляхів, потрібно отримати дозвіл начальника ОХЖДТ і головного архітектора.

8.2.6.5 Організація, ведуча роботи, призначає свого відповідального керівника з числа ІТР.

8.2.6.7 Всі видані начальником бюро Генплану ПКО підприємства схеми розбиття і дозволу реєструються, і їм привласнюється порядковий номер в спеціальному журналі.

8.2.6.8 Схема розбиття і дозвіл повинні знаходитися на місці виробництва робіт у відповідального керівника.

8.2.6.9 Всі вимоги представників підприємства про припинення робіт повинні негайно виконуватися виконавцем робіт.

8.2.6.10 Особа, відповідальна за виробництво робіт, не має права змінювати трасу або місце виробництва робіт. Якщо у виданій схемі розбиття є неточності або не вказані окремі споруди, відповідальний за виробництво робіт зобов'язаний звернутися до начальника відповідного цеху або до начальника бюро Генплану.

8.2.6.11 Якщо в процесі роботи з'явилися не вказані в дозволі підземні комунікації, то роботи негайно припиняються і викликається представник відповідної служби і начальник бюро Генплану.

8.2.6.12 При перетині кабелів, трубопроводів і інших споруд організація, що проводила земляні роботи, приймає заходи по їх закріпленню і викликає представника відповідного цеху (служби) для огляду.

8.2.6.13 При перетині траншей з підземними комунікаціями, що діють, розробка ґрунту механізованим способом вирішується на відстані не менше 2,0 м від бічної стінки і не менше 1,0 м над верхом труби, кабелю і ін.

8.2.6.14 Перед засипкою пересічних кабелів, трубопроводів або інших споруд викликається представник відповідного цеху, який дає письмовий дозвіл і, у разі потреби, присутній на місці.

8.2.6.15 Котловани і траншеї, що розробляються на вулицях, проїздах, а також в місцях, де відбувається рух людей або транспорту, повинні бути захищені. На огорожі необхідно встановлювати попереджувальні написи і знаки, а в нічний час сигнальне освітлення.

У місцях проходу людей траншеї повинні бути обладнані перехідними містками, що освітлюються в нічний час.

8.2.6.16 Термін дії дозволу на виробництво земляних робіт встановлюється в 10 календарних діб.

8.2.6.17 Після прокладки кабелів або трубопроводу викликається на місце проведення робіт представник бюро Генплану для зйомки і занесення їх на виконавчі планшети в план підземних комунікації.

Без візи начальника бюро Генплану і здачі виконавчої документації засипка трас не вирішується, а при самовільній засипці, на вимогу начальника бюро Генплану, траса повинна бути розкрита у вказаних місцях.

8.2.6.18 Після закінчення земляних робіт проводиться планування відновлюються бетонні і асфальтові покриття організацією, про що переводила земляні роботи.

8.2.6.19 Відповідальність за безпечне ведення земляних робіт, а також за точне виконання даної інструкції, несе особу, відповідальну за виробництво земляних робіт.

### **8.2.7 Організація безпечного проведення газонебезпечних робіт**

8.2.7.1 До газонебезпечних робіт відносяться роботи, пов'язані з оглядом, чищенням, ремонтом, розгерметизацією технологічного устаткування, комунікацій, зокрема роботи усередині ємкостей, при проведенні яких є або не виключена можливість виділення в робочу зону взривопожеженобезпечним або шкідливої пари, газів і інших речовин, здатних викликати вибух, загоряння, надати шкідливу дію на організм людини, а також роботи при недостатньому змісті кисню (об'ємна частка нижче 20 %).

8.2.7.2 У цеху складений перелік газонебезпечних робіт. У переліку роздільно вказані газонебезпечні роботи:

I - що проводяться з оформленням наряду-допуску;

II - роботи, що проводяться з оформленням наряду-допуску без засобів захисту;

III - що проводяться без оформлення наряду-допуску, але з обов'язковою реєстрацією таких робіт перед їх початком в журналі;

IV - викликані необхідністю ліквідації або локалізації можливих аварійних ситуацій і аварій.

8.2.7.3 На проведення газонебезпечних робіт оформляється наряд-допуск, що передбачає розробку і подальше здійснення комплексу заходів щодо підготовки і безпечного проведення робіт.

8.2.7.4 Газонебезпечні роботи, що періодично повторюються, є невід'ємною частиною технологічного процесу, характеризуються аналогічними умовами їх проведення, постійністю місця і характеру робіт, певним складом виконавців (установка і зняття заглушок на насосах, заміна всмоктуючих і нагнітальних клапанів на компресорах природного газу) можуть проводитися без оформлення наряду-допуску. Всі ці роботи включаються в перелік газонебезпечних робіт.

Реєструються ці роботи в цеху в журналі обліку газонебезпечних робіт, що проводяться без оформлення нарядів-допусків. Журнал повинен бути пронумерований, прошнурований і скріплює мастичним або сургучним друком. Термін зберігання журналу - три місяці з дня його закінчення.

8.2.7.5. Порядок оформлення документації на проведення газонебезпечних робіт.

8.2.7.5.1 Наряд-допуск на проведення газонебезпечних робіт з діагональною жовтою смугою складається і підписується спільно заст. начальника цеху і механіком цеху, підписується начальником цеху або особою що його заміщає, узгоджується з командиром ВГСО, інженером по охороні праці виробництва, при необхідності з суміжними цехами, і затверджується начальником виробництва.

8.2.7.5.2 Головним інженером підприємства або його заступником по виробництву наряд-допуск затверджується у випадках, коли газонебезпечні роботи проводяться усередині ємкостей без засобів захисту органів дихання, при необхідності роботи в киснево-ізолюючих протигазах і коли начальник виробництва не може ухвалити рішення по безпечному проведенню газонебезпечних робіт.

8.2.7.5.3 При затвердженні наряду-допуску головним інженером або його заступником по виробництву, додатково узгоджується з начальником виробництва і заступником генерального директора по охороні праці або начальником відділу охорони праці.

8.2.7.5.4 Наряд-допуск оформляється в двох екземплярах, і після твердження обидва екземпляри передаються в цех для остаточного оформлення.

8.2.7.5.5 Після виконання підготовчих робіт особа, відповідальна за підготовку до проведення газонебезпечних робіт, здає об'єкт особі, відповідальній за проведення газонебезпечних робіт, що підтверджується підписами в наряді-допуску.

8.2.7.5.6 Під час проведення газонебезпечної роботи один екземпляр наряду-допуску знаходиться у начальника зміни, другої, - у відповідального за проведення цієї роботи.

8.2.7.5.7 Після закінчення газонебезпечної роботи обидва екземпляри наряду-допуску передаються механікові цеху. Один екземпляр зберігається в справах механіка цеху не менше трьох місяців, другий екземпляр механік цеху не пізніше за п'ять днів після закінчення газонебезпечної роботи передає у ВГСО.

8.2.7.5.8 Якщо по оформленому наряді-допуску робота не проводилася протягом одного місяця, то в п.18 робиться відмітка "Робота не проводилася" і один екземпляр передається у ВГСО.

8.2.7.5.9 Наряд-допуск оформляється на одну одиницю устаткування і може діяти підряд протягом п'яти календарних днів.

8.2.7.5.10 У всіх випадках проведення робіт в ємкостях, а також робіт пов'язаних з розгерметизацією устаткування і трубопроводів (зняття і установка заглушок і ін.), до наряду-допуску повинні бути прикладені схеми розташування запорної арматури, видалення продукту, промивки, пропарювання апарату і установки заглушок, підписана начальником цеху або його заступником.

## **8.2.8 Проведення випробувань устаткування.**

Агрегати і газові колектори, що працюють з пальними, вибухонебезпечними і токсичними середовищами, перед включенням їх в роботу після про-

ведення ремонтів і оглядів з розтином або розбиранням, повинні піддаватися випробуванню на герметичність.

Знов змонтовані або такі, що пройшли ремонти із застосуванням зварки судини та трубопроводи, до пневматичного випробування на герметичність повинні бути випробувані на міцність.

При випробуванні на герметичність агрегати повинні бути заздалегідь від'єднані від решти апаратів та трубопроводів, що не вимагають перевірки, а також тих, що вимагають перевірки на герметичність, але при іншому випробувальному тиску. Відключення проводиться шляхом закриття запорної арматури і установки заглушок.

Гідравлічні випробування проводяться з періодичністю, яку разом з величиною пробного тиску і порядком його підйому вказано в паспорті на ємкість. Треба навести вимоги техніки безпеки до гідравлічних випробувань стосовно даного проекту.

До таких вимог відносять:

- попередню підготовку апарату;
- попередній його огляд;
- температурні межі випробувань;
- заборону використання повітря для підйому тиску;
- поступовий підйом тиску, згідно рекомендаціям паспорту;
- для контролю тиску використання двох манометрів.

Пневматичні випробування повинні проводитися відповідно до інструкції про порядок проведення випробування на герметичність судин, що працюють під тиском.

При проведенні випробувань необхідно дотримання наступних засобів безпеки:

- попередній зовнішній і внутрішній огляд зварних швів;
- апарат, повинен бути очищений, промитий і продутий;
- межі зон повинні бути захищені (вивішені попереджувальні пра-

порці);

- у зоні огорож ніхто не повинен знаходитися;
- підйом тиску повинен проводитися плавно і припиняється під час

проміжного огляду;

- манометри повинні знаходитися поза зоною, що охороняється;

Агрегати, призначені для роботи із пожеженобезпечними середовищами, допускається випробовувати повітрям лише в тому випадку, якщо вони не були в роботі, або перед випробуванням були повністю очищені і лабораторним аналізом встановлена безпека середовища в судинах і трубопроводах.

## **ВИСНОВКИ**

Конструкція підігрівача, його основних складових одиниць і розрахунки виконані відповідно до діючої в хімічному машинобудуванні нормативно – технічної документації.

Розрахунки підігрівача на міцність виконані в повному обсязі і підтверджують працездатність розробленої конструкції апарата.

У ході виконання даної дипломної роботи були розраховані матеріальний і тепловий баланси. Виконано конструктивний розрахунок основних апаратів, в ході якого визначено основні розміри проектованої колони та підігрівача.

Накреслена графічна частина : загальний вигляд підігрівача, технологічна схема ректифікаційної установки, збірні одиниці апаратів.



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРИ

1. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. – Л.: Химия, 1987. – 576с.
2. Справочник химика, т. 5. – М.: Химия, 1968. – 975 с.
3. Отраслевой стандарт (Ост 26-01-1488-83).
4. 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.
5. Расчеты основных процессов и аппаратов нефтепереработки. Справочник/Под редакцией Судакова Е.Н., 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Химия, 1979. – 568 с.
6. 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.
7. Коган В.Б., Фридман В.М., Кафаров В.В. Равновесие между жидкостью и паром. Справочное пособие, книга 1-я и 2-я. – М.-Л.: Наука, 1966. – 640 с. + 786 с.
8. Плановский А.Н., Рамм В.М., Каган С.З. Процессы и аппараты химической технологии, 4-е изд. – М.: Химия, 1967. – 848 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. Плановский А.Н., Николаев П.И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии, 3-е изд. – М.: Химия, 1987. – 496 с.
13. Машины и аппараты химических производств: Учебник для вузов по специальности “Машины и аппараты химических производств и предприятий строительных материалов” /И.И. Поникаров, О.А. Перелыгин, В.Н. Доронин, М.Г. Гайнуллин.– М.: Машиностроение, 1989. – 368 с.
14. Справочник по теплообменникам: В 2-х т. Т.1 / Пер. с англ. Под ред. Б.С. Петухова, В.К. Шикова.–М.: Энергоатомиздат, 1987.–560 с.
15. Справочник по теплообменникам: В 2-х т. Т.2 / Пер. с англ. Под ред. О.Г. Мартыненко и др.–М.: Энергоатомиздат, 1987.– 352 с.
16. Ткаченко Г.П., Бриф В.М. Изготовление и ремонт кожухотрубчатой теплообменной аппаратуры.– М.: Машиностроение, 1980. – 160 с.
17. Кожухотрубчатые теплообменные аппараты общего и специального назначения. Каталог.–М.: АООТ “ЦИНТИхимнефтемаш”, 1991.– 106 с.
18. Аппараты теплообменные кожухотрубчатые общего назначения. Аппараты теплообменные кожухотрубчатые с неподвижными трубными решетками и кожухотрубчатые с температурным компенсатором на кожухе. Каталог.–М.: ОАО “ВНИИнефтемаш”, 2003.– 70 с.
19. Аппараты теплообменные кожухотрубчатые общего назначения. Аппараты теплообменные кожухотрубчатые с плавающей головкой, кожухотрубчатые с U-образными трубами и трубные пучки к ним. Каталог.–М.: ОАО “ВНИИнефтемаш”, 2001.– 89 с.
20. ТУ 26-02-11-02-89. Аппараты теплообменные кожухотрубчатые повышенной тепловой эффективности с расширителем на кожухе. Технические условия. М.: ОАО “ВНИИнефтемаш”, 1989.– 48 с.
21. ТУ 3612-024-00220303-02. Аппараты теплообменные кожухотрубчатые с неподвижными трубными решетками и кожухотрубчатые с

температурным компенсатором на кожухе. Технические условия. М.: ОАО “ВНИИнефтемаш”, 2002.– 112 с.

22. Методические указания к выполнению курсовой работы на тему "Расчет ректификационной установки непрерывного действия" для студентов дневной и заочной форм обучения специальностей 7.091601; 7.091602; 7.091604; 7.091612; 7.090220/ Составители: Ильиных А.А., Носач В.А., Резанцев И.Р. – Северодонецк: СТИ ВНУ им. Владимира Даля, 2005. – 90с.

23. В.В. Иванченко, О.І Барвін, Ю.М Штонда Конструювання та розрахунок кожухотрубчастих теплообмінних апаратів: – Луганськ: Вид-во СНУ ім. В. Даля. – 2006. – 208 с.