

РЕФЕРАТ

Бакалаврська робота на тему

Стадія відпарювання процесного конденсату в виробництві аміаку
продуктивністю 1900 т на добу з розробкою колони.

Листів – 85, ілюстрацій – 6, таблиць – 3, додатків –
 , посилань – 20.

Об'єкт розробки та дослідження є основне обладнання стадії
відпарювання процесного конденсату у виробництві аміаку

Мета роботи – розробка колони відпарювання процесного конденсату.

В роботі визначені основні розміри колонного апарату на стадії
відпарювання процесного конденсату, виконані розрахунки на міцність
елементів конструкції колонного апарату, розглянуті питання технології його
виготовлення та ремонту і монтажу. Розроблена колона дозволяє забезпечити
багаторазове використання водяної пари та конденсату для технологічних
цілей.

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

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД	7
2. ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ТА КОНСТРУКЦІЇ ОБЛАНАННЯ, ЩО РОЗРОБЛЯЄТЬСЯ	12
3. КОНСТРУКЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ОБЛАДНАННЯ,ЩО РОЗРОБЛЯЄТЬСЯ	15
4. ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ РОЗМІРІВ КОЛОНИ	16
5.РОЗРАХУНКИ НА МІЦНІСТЬ ЕЛЕМЕНТІВ КОЛОНИ	28
6. ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ КОЛОНИ	55
7. РЕМОНТ І МОНТАЖ КОЛОНИ	63
ВИСНОВКИ	83
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	84

ВСТУП

Українська хімічна промисловість залишилась Україні у спадщину від самодостатнього хімічного комплексу Радянського Союзу. Специфіка галузі колишнього СРСР полягала в тому, що часто хімічні підприємства розміщувалися регіонально, як правило, наближаючись до сировинної бази. Лише підприємства-виробники добрив були наближені до споживачів, – розміщені в аграрних регіонах.

Найбільш розвинуті технологічно, а також такі, що мають глибоку переробку хімічних продуктів, широкий спектр готової продукції, – підприємства-виробники добрив (ВАТ «Азот», ВАТ «Дніпроазот», ВАТ «Одеський припортовий завод», ВАТ «Рівнеазот», ВАТ «Концерн «Стирол», ВАТ «Сумихімпром», ЗАТ «Сєверодонецький Азот», ЗАТ «Титан»). Завдяки тому, що заводи виробляли не тільки добрива, але й інші хімічні продукти, використовуючи при цьому відносно дешеву сировину українського і російського походження, теоретично жодне підприємство не могло бути збитковим, однак перед ними повстають проблеми підвищення енергоефективності.

Для сучасних агрегатів виробництва аміаку актуальна система впровадження заходів щодо зменшення витрати теплоносіїв для виробництва до мінімуму. Для вище зазначених цілей служить багаторазове використання теплоносіїв, наприклад, водяної пари та конденсату для технологічних цілей.

Прикладом такого використання може служити впровадження у виробництво заходів, пропонованих у даній роботі: розробки колони відпарки процесного конденсату для крупнотонажного виробництва аміаку.

Річ у тому, що процеси риформінгу й конверсії СО в виробництві аміаку, проходять з надлишковим співвідношенням пар:газ проти стехіометричного, у результаті чого при охолодженні конвертованого газу виділяється процесний конденсат. З метою запобігання утворення скиданих,

що мають місце в традиційних схемах відпарки процесного конденсату без тиску при скиданні відпарного газу в атмосферу або при його спалюванні, процес відпарки процесного конденсату, в даній роботі, передбачається під тиском процесу конверсії, що дозволяє передати десорбірованні домішки разом з парою на конверсію й одночасово одержати гарну якість очищеного конденсату для використання надалі в виробництві аміаку.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД [1]

Відпарна колона - тепломасообмінний апарат для виділення з рідких сумішей легколетких домішок, наприклад, розчинених газів. Отпарні колони широко застосовують: в нафтопереробці на установках АВТ і каталітичного крекінгу для відпарки легких вуглеводнів з гасу, дизельних фракцій, в процесах очищення стічних вод від органічних сполук, для вилучення газів, поглинених в процесі абсорбції. для видалення сірководню і аміаку з газопродуктових сумішей реакторів гідроочищення.

Принцип роботи відпарної колони можна розглянути на прикладі відпарної колони блоку гідроочищення. В якості сировини виступає нестабільний гідрогенізат після РБ гідроочищення, що пройшов сепаратор для видалення ВСГ з газопродуктової суміші.

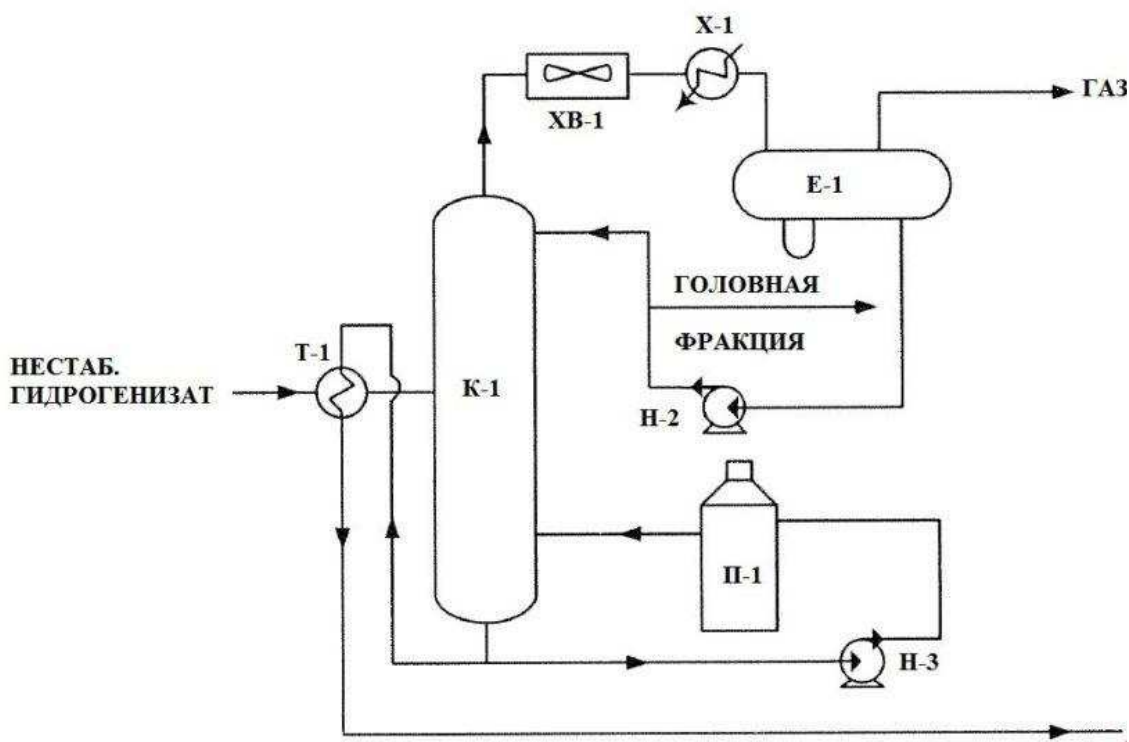


Рисунок 1.1 – Технологічна схема

Нестабільний гідрогенізат проходить через міжтрубний простір теплообмінника Т-1, нагріваючись за рахунок тепла, що виводиться кубового продукту. Нагріта сировина надходить в якості живлення в колонну К-1. У колоні використовуються тарілки клапанного типу. Для підведення

необхідної кількості тепла в колону використовується піч П-1. Частина продукту з куба колони паралельними потоками подається в піч, де нагрівається за рахунок спалювання рідкого або газоподібного палива. На виході з печі потоки об'єднуються і надходять в колону. Кубовим продуктом колони К-1 є стабільний гідрогенізат, який під тиском виводиться з колони і надходить на подальшу переробку в залежності від типу установки. Балансова кількість стабільного гідрогенізату з куба колони надходить в трубний простір теплообмінника Т-1, де віддає своє тепло нестабільному гідрогенізату - сировині відпарної колони. З верху відпарної колони К-1 виводиться верхній продукт - пари вуглеводнів, води, аміаку, водню і сірководню. Після охолодження і конденсації в повітряному холодильнику-конденсаторі ХВ-1 і водяному холодильнику Х-1 верхній продукт надходить в ємність зрошення Е-1.

У ємності зрошення відпарної колони відбувається відділення вуглеводневого газу від рідкої фази, поділ рідкої фази на вуглеводневу фазу ЗВГ (зріджений вуглеводневий газ або головна фракція) і кислу воду. Частина скрапленого газу з ємності Е-1 насосом Н-2 подається в якості зрошення в колону К-1. Балансова кількість ЗВГ з нагнітання насоса Н-2 виводиться з установки і направляється на установку газофракціонування. Газ з ємності Е-1 виводиться на установку сіркоочищення.

Отпарні колони в залежності від області їх застосування, можуть відрізнятися як технологічним оформленням, так і контактними пристроями. У промисловості потоки рідини і пара в відпарній колоні можуть мати потоки: паралельні; проти точні.

За типом контактних пристроїв колони можна розділити на наступні: тарілчасті; насадкові; розпилювальні.

Відпарювання найчастіше здійснюється в тарілчастих і насадкових колонах і рідше в колонах з розпилювачами, бульбашкових колонах і відцентрових екстракторах.

Тарілчаста колона являє собою вертикальний апарат, в якому рідка фаза стікає зверху вниз по колоні і виводиться знизу. Парова фаза входить в нижню частину колоні і виходить з її верхній частині. Усередині колоні знаходяться тарілки. Рідка фаза рухається горизонтально по тарілці і стікає вниз, в той час як пара піднімається вгору через отвори в тарілках. Призначення тарілок - збільшити площу контакту між рідкої і парової фазами. Насадкові колоні схожі з тарілчастими колоні в тому, що потоки рідини і пара входять в колоні і виходять з неї таким же чином. Різниця полягає в тому, що насадкові колоні не мають тарілок. Замість них в корпусі колоні розташована насадка – тверді тіла різноманітної форми. Насадка використовується для збільшення площі контакту парової і рідкої фази. Існує багато різних типів насадок, і у кожного є свої переваги і недоліки.

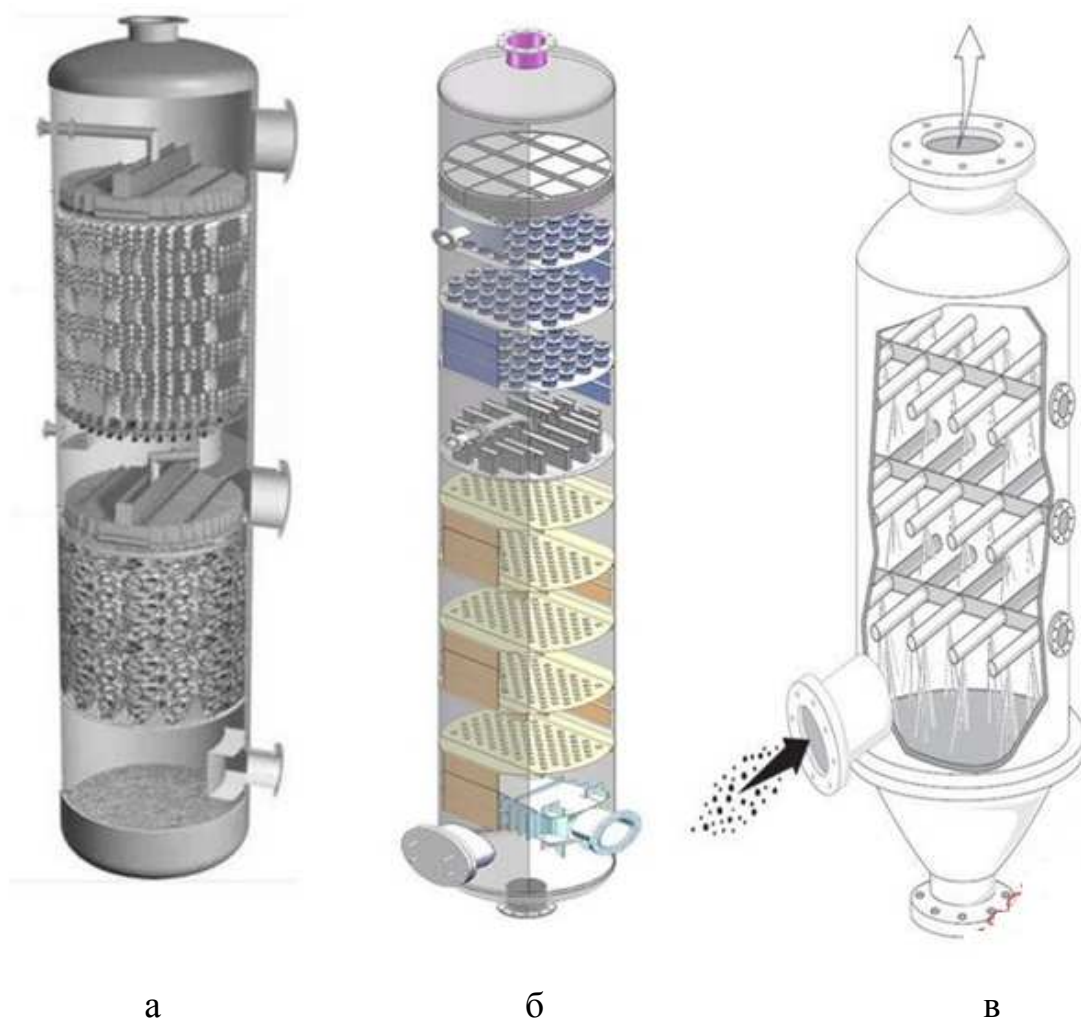


Рисунок 1.2 - Колонні апарати: а) насадкова колона; б) тарілчаста колона; в) розпилювальна колона.

Гідродинамічні режими роботи тарілок. 1) Бульбашковий (барботажный) режим виникає при невеликих швидкостях пари, коли у вигляді окремих пухирців пара рухається через шар рідини на тарілці. Поверхня контакту фаз у цьому режимі невелика. 2) Пінний режим виникає при збільшенні швидкості пари, коли його пухирці, що виходять із прорізів і отворів, зливаються в струмені, які внаслідок опору барботажного шару руйнуються з утвором ще більшого числа дрібних пухирців. При цьому на тарілці утворюється газорідинна система – піна. Основною поверхнею контакту фаз у такій системі є поверхня пухирців, а також струменів пари й крапля рідини над парожидкостною системою, які утворюються при руйнуванні пухирців пари в момент їх виходу з барботажного шару. Поверхня контакту фаз при пінному режимі найбільша, тому пінний режим звичайно є найбільш раціональним режимом роботи тарілчастих колон. 3) Струминний (інжекційний) режим виникає при подальшому збільшенні швидкості пари, коли збільшується довжина парових струменів і настає такий режим, при якому вони виходять із газорідинного шару не руйнуючись, але утворюючи велику кількість бризів. У цьому режимі поверхня контакту фаз суттєво менше, чим у пінному.

По способу зливу рідини з тарілки на тарілку тарілчасті колони підрозділяються на колони з тарілками зі зливальними обладнаннями й з тарілками без зливальних обладнань.

Тарілчасті колони зі зливальними обладнаннями. До апаратів цього типу ставляться колони з ковпачковими, ситчатими, клапанними й іншими тарілками. Ці тарілки мають спеціальні обладнання для перетікання рідини з однієї тарілки на іншу – зливальні трубки, кишені і т.д. Нижні кінці зливальних обладнань занурені в рідину на нижчерозташованих тарілках для створення гідрозатвора, що запобігає проходженню газу через зливальне обладнання.

Ситчасті тарілки колонних масообмінних апаратів широко застосовуються в процесах зі стабільними навантаженнями по газу та рідині при будь-яких тисках в хімічній та суміжних з нею галузях промисловості. Ці тарілки мають велику кількість отворів діаметром 2-8 мм, через які проходить пара в шар рідини на тарілці. До достоїнств ситчастих тарілок відносяться простота їх обладнання, легкість монтажу й ремонту, низький гідравлічний опір, досить висока ефективність. Діапазон стійкої роботи цих тарілок складає 2. Застосування ситчастих тарілок для робочих середовищ, які визивають їх інкрустацію та полімеризацію, не допускається.

Клапанні тарілки колонних масообмінних апаратів застосовуються в процесах, які протікають переважно при атмосферному та підвищеному тисках. Діапазон стійкої роботи цих тарілок складає 3,5.

Ковпачкові тарілки стійко працюють при значних змінах навантажень по парі й рідини й вони мало чутливі до забруднень і опадам. Але недоліки ковпачкових тарілок досить істотні – вони складні в обладнанні, для їхнього виготовлення потрібні більші витрати металу, вони відрізняються більшим гідравлічним опором і малою гранично припустимою швидкістю пари.

Висновок: враховуючи переваги ситчастих тарілок для відпарювання процесного конденсату пропонується колона з ситчастими тарілками.

2 ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ТА КОНСТРУКЦІЇ ОБЛАНАННЯ, ЩО РОЗРОБЛЯЄТЬСЯ [8]

Процеси риформінгу й конверсії СО в виробництві аміаку проходять з надлишковим співвідношенням пар:газ проти стехіометричного, у результаті чого при охолодженні конвертованого газу виділяється процесний конденсат.

Процесний конденсат являє собою паровий конденсат, що містить у своєму складі розчинені гази (H_2 , СО, CO_2 , CH_4), легколетючі компоненти, такі як аміак, а також органічної сполуки, такі як метанол, метиламін, диметиламін та ін.

Концентрації аміаку й метанолу в процесному конденсаті залежать від змінних параметрів процесу, як наприклад, співвідношення пар:газ, типу каталізаторів, їхнього стану й часу пробігу, температури, тиску й ін.

Зміст домішок у процесному конденсаті при співвідношенні пар:газ 3,3:1 і тиску процесу конверсії 3,7 МПа:

- аміаку - 900 ppm;
- органічних домішок у перерахуванні на метанол - до 1000 ppm;
- CO_2 - 1500 ppm.

З метою запобігання утворення скидань, що мають місце в традиційних схемах відпарки процесного конденсату без тиску при скиданні відпарного газу в атмосферу або при його спалюванні, процес відпарки процесного конденсату передбачається під тиском процесу конверсії, що дозволяє передати десорбірованні домішки разом з парою на конверсію й одночасово одержати гарну якість очищеного конденсату.

Відпарка процесного конденсату передбачена в відпарній колоні С-131 під тиском від 3,6 до 4,0 МПа з метою використання відпарного газу на технологічний процес конверсії природного газу в трубчастій печі 107 і поліпшення якості очищеного конденсату.

Спочатку процесний конденсат з температурою від 75 до 100°C і тиском 4,08 МПа подається в підігрівник процесного конденсату Е-131А,В,С,

у якому підігрівається від $75 \div 100^{\circ}\text{C}$ до $220 \div 240^{\circ}\text{C}$ за рахунок тепла очищеного конденсату, що надходить із нижньої частини колони С-131 у підігрівник. Потім з підігрівника Е-131А, В, С процесний конденсат надходить у верхню частину колони відпарки С-131.

Очищення процесного конденсату здійснюється в відпарній колоні С-131 тарільчастого типу за допомогою відпарки "гострою" парою середнього тиску 4,0 МПа. Подача "гострої" пари дозволяє досягти більш глибокого очищення процесного конденсату. На тарілках відбувається тепломасообмін між конденсатом, що йде зверху колони й паром, що надходить противотоком з нижньої частини колони. У результаті тепломасообміна домішки переходять у газову фазу. Відпарний газ збирається у верхній частині відпарної колони й виводиться в паровий економайзер Е-132, де за рахунок теплообміну з "гострою" паром відбувається перегрів відпарного газу до температури не менш 310°C .

Відпарний газ, що містить пари води, вуглекислоту, аміак і сліди органічних речовин, у кількості від 22 до 35 т/годину перед подачею на змішування із природним газом змішується з іншою частиною технологічної пари.

Очищений конденсат надходить у кубову частину відпарної колони й виводиться з її з температурою від 245 до 255°C у підігрівник процесного конденсату Е-131А,В,З, де проохолоджується до температури від 95 до 120°C із процесним конденсатом, що подається на очищення в колону.

Очищений процесний конденсат з температурою від 95 до 120°C подається на охолодження в холодильник процесного конденсату 124-1,2,3. Тепло процесного конденсату використовується на нагрівання живильної недеаэрированої води перед

деаерацією в секціях холодильника 124-1,2 до температури від $30 \div 45$ до $80 \div 90^{\circ}\text{C}$, при цьому процесний конденсат проохолоджується до температури не більше 80°C . Доохолодження процесного конденсату до температури не більше 50°C відбувається в секції холодильника 124-3 оборотною водою.

Охолоджений процесний конденсат у кількості від 45 до 75 м³/годину видається на подальше очищення у ХВП для готування демінералізованої води.

Колона відпарки процесного конденсату є вертикальною циліндричною посудиною. Колонний апарат складається із суцільнозварного корпусу та обладнаний внутрішніми пристроями. Як пристрої для ведення процесу використовуються двадцять сітчастих тарілок. Відстань між ними становить 500 мм. В апараті є штуцера, які призначені для підведення сировини, виводу продукту, виміру температури й тиску. В апараті є люки-лази для ремонту й обслуговування. В апараті є рівнемір для виміру рівня в кубі колони. Проектований апарат призначається для ведення тепломасообмінних процесів.

З КОНСТРУКЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ОБЛАДНАННЯ, ЩО РОЗРОБЛЯЄТЬСЯ [10]

Колона відпарки процесного конденсату працює під тиском 3,8 МПа за температурою плюс 248°C. Середовище - паровий конденсат з домішками NH_3 , CO_2 , N_2 та ін. Дане середовище не викликає міжкристалічну корозію.

При роботі у нижню частину колони подають водяну пару під тиском 4,75 МПа та за температурою 440°C

При умові роботи апарата, як у роботі так і при монтажу, ремонту, навантажень від ваги й повітряних навантажень, виберемо сталь 12X18H10T за ГОСТ 5632-72. Застосовується від мінус 253 до плюс 610°C, по тиску не обмежена.

Допускаєма напруга для сталі марки 12X18H10T за ГОСТ 14249-89 з товщиною стінки 32 мм при $t = 440^\circ \text{C}$ буде дорівнювати $[\sigma] = 133 \text{ МПа}$

Модуль поздовжньої пружності для сталі 12X18H10T буде дорівнювати $E = 1,75 \cdot 10^5 \text{ МПа}$.

Для сполучних болтів виберемо матеріал 20X13 за ГОСТ 5632-72.

4 ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ РОЗМІРІВ КОЛОНИ

4.1 Матеріальний баланс колони [9]

В колонну подається гостра пара, то складемо рівняння матеріального балансу з урахуванням пари.

$$G_F + G_V = G_D + G_W, \quad [3] \quad (4.1)$$

$$\frac{G_F}{G_D} \cdot x_F = x_D + \frac{G_W}{G_D} \cdot x_W, \quad (4.2)$$

Отримуємо:

$$G_F \cdot x_F = G_D \cdot x_D + G_W \cdot x_W \quad (4.3)$$

При

$$\frac{G_W}{G_D} = \frac{G_F}{G_D} + R \quad (4.4)$$

де R – робоче число флегми.

В нашій апараті відсутній штуцер подачі флегми й флегма не входить в апарат, тому флегмове число приймаємо $R=0$.

Рівняння (2.4) має вигляд:

$$G_W = G_F \quad (4.5)$$

і формула (2.3) має виглядає:

$$G_W = \frac{G_D \cdot x_D}{x_F - x_W} \quad (4.6)$$

G_F – мольна витрата суміші вихідної, кмоль/ч

G_V – мольна витрата пари гострої, кмоль/ч

G_D – мольна витрата газу відпарного, кмоль/ч

G_W – мольна витрата залишку газу кубового, кмоль/ч

З регламенту виробництва беремо значення для:

$G_F = 3579,3$ кмоль/ годину або масова витрата $G_{F1} = 64571,4$ кг/ч

$G_V = 1665,3$ кмоль/ годину або масова витрата $G_{V1} = 30000$ кг/ч

$G_D = 1667,8$ кмоль/ годину або масова витрата $G_{D1} = 30136,9$ кг/ч

$G_W = 3576,7$ кмоль/ годину або масова витрата $G_{W1} = 64434,8$ кг/ч

$x_F = 0,0649\%$ - концентрація молярна низкокиплячого компонента (аміаку) у вхідній суміші

$x_D = 0,137\%$ - концентрація молярна низкокиплящего компонента (аміаку) у дистиляті

$x_W = 0,001\%$ - концентрація молярна низкокиплящего компонента (аміаку) у кубовому залишку.

Ступінь збільшення виробництва для виробництва, що проектується

$$\kappa = \frac{N_{np}}{N_o} \quad (4.7)$$

де $N_{np} = 1900$ т/добу - продуктивність виробництва, що проектується

$N_o = 1700$ т/добу - продуктивність виробництва, що діє

$$\kappa = 1900/1700 = 1,1$$

Для проектованого виробництва з урахуванням збільшення виробництва

$$G_D = 1817,9 \text{ кмоль/годину}$$

$$G_W = \frac{G_D \cdot x_D}{x_F - x_W}$$

$$G_W = \frac{1817,9 \cdot 0,00137}{0,000649 - 0,00001} = 3897,53 \text{ кмоль/ч}$$

Так як $G_W = G_F$, то $G_F = 3897,53$ кмоль/ч

По рівнянню матеріального балансу визначаємо кількість гострої пари.

$$G_V = G_D + G_W - G_F \quad (4.8)$$

$$G_V = 1817,9 + 3897,53 - 3897,53$$

$$G_V = 1817,9 \text{ кмоль/ч}$$

Зробимо рівняння матеріального балансу в перерахуванні на воду, враховуючи те, що вміст проценту води в процесному конденсаті буде становити 99,76% , а в очищеному процесному конденсаті й парі буде дорівнювати 100 %.

$$G_V \cdot Y_V + G_F \cdot Y_F = G_D \cdot X_D + G_W \cdot X_W \quad (4.9)$$

$$X_D = (G_V \cdot Y_V + G_F \cdot Y_F - G_W \cdot X_W) / G_D$$

$$X_D = (1817,9 \cdot 100 + 3897,53 \cdot 99,76 - 3897,53 \cdot 100) / 1817,9$$

$X_D = 99,5 \%$ - зміст води в відпарному газі, що відповідає вимогам, по регламенту, для газу, який використаний як теплоносії для конверсії природного газу в пічі риформінгу. [4]

Рівняння ліній робочих:

- верхньої частини колони

$$y = \frac{R}{R+1} \cdot x + \frac{x_D}{R+1} \quad [3] \quad (4.10)$$

- нижньої частини колони

$$y = \frac{R+F}{R+1} \cdot x - \frac{R+F}{R+1} \cdot x_W \quad [3] \quad (4.11)$$

Враховуючи, что $R=0$

Рівняння робочих ліній :

- У верхній частині колони

$$y = x_D \quad (4.12)$$

- У нижній частині колони

$$y = \frac{G_F}{G_D} \cdot x - \frac{G_F}{G_D} \cdot x_W \quad (4.13)$$

$$y = 2,144 \cdot x - 0,00002146$$

По експериментальним даним [5] визначаємо лінії температур кипіння суміші t- ху і фазову діаграму у- х для суміші вода- аміак при атмосферному тиску. Рівноважні склади рідини й пари суміші вода- аміак наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 - Рівноважні склади рідини й пари суміші вода-аміак

x, %(мол.)	y, %(мол.)	t, °C
0	0	99,1
5	49	82,5
10	72	69,8
20	89,3	48
30	97,6	29,2
40	99,2	11,8
50	100	-4
60	100	-16,5
70	100	-24,5
80	100	-29,5
90	100	-32
100	100	-33,7

Далі визначаємо режим температури процесу ректифікації.

Таблиця 4.2 - Температурний режим ректифікації.

Концентрація, мол.частки	Температура, °C
$x_W = 0,00001$	$t_{x_W} = 98,7$
$x_F = 0,000649$	$t_{x_F} = 78,4$
$x_D = x_P = 0,00137$	$t_{x_D} = t_{x_P} = 61,3$
$y_W = 0,00001$	$t_{y_W} = 99,1$
$y_F^* = 0,005818$	$t_{y_F} = 78,4$
$y_D = y_P = 0,00137$	$t_{y_D} = t_{y_P} = 94,9$

де y_F^* - мольна частка аміаку в парі, яка врівноважена з рідиною, мол. частки.

t_{x_W} - температура залишку кубового, °C

t_{x_F} - температура суміші вихідної, °C

t_{x_P} - температура дистилляту, °C

t_{y_W} - температура пари, із куба колони, °C

t_{y_F} - температура пари, що виходить із тарілки живлення, °C

t_{y_P} - температура пари, із колони, °C

y_F^* визначимо по фазовій діаграмі у-х відповідно до малюнка 2 [30].

Рівняння робочої лінії верхньої частини колони виражається рівнянням (4.12), у верхній частині колони тарілок не буде. Всі тарілки будуть розташовані у вичерпній частині колони.

Будовою визначимо кількість теоретичних тарілок. Воно буде дорівнювати 13.

4.2 Визначення середніх значень фізико-хімічних параметрів по колоні

Рідка фаза

- середня мольна концентрація, у нижній частині колони X_{cp}^n , мол. частки,

$$X_{cp}^n = \frac{X_W + X_F}{2} \quad (4.14)$$

де $X_W=0,00001$ - низькокиплячий компонент (аміак) у кубовий залишок, мольна частка

$X_F=0,000649$ - низькокиплячий компонент (аміак) у вихідну суміш, мольна частка

$$X_{cp}^n = \frac{0,00001 + 0,000649}{2} = 0,00033 \text{ мол. частки}$$

- середній показник мольної концентрації, у верхній частині колони

X_{cp}^e , мол.частки,

$$X_{cp}^e = \frac{X_P + X_F}{2} \quad (4.15)$$

де $X_P = 0,00137$ - низкокиплячий компонент (аміак) у дистилаті,
мольна частка

$X_F = 0,000649$ – низкокиплячий компонент (аміак) у вихідна суміш мольна частка

$$X_{cp}^e = \frac{0,00137 + 0,000649}{2} = 0,001 \text{ мол.частки}$$

- середня мольна концентрація по колоні X_{cp} , мол.частки

$$X_{cp} = \frac{X_{cp}^n + X_{cp}^e}{2} \quad (4.16)$$

$$X_{cp} = \frac{0,00033 + 0,001}{2} = 0,00067 \text{ мол.частки}$$

- масова концентрація по колоні a_{cp} , мол.частки, середня

$$a_{cp} = \frac{x_{cp} \cdot M_{нкк}}{x_{cp} \cdot M_{нкк} + (1 - x_{cp}) \cdot M_{вкк}} \quad (4.17)$$

де $M_{нкк} = 17$ кг/ моль – молекулярна маса аміаку [3];

$M_{вкк} = 18$ кг/ моль – молекулярна маса води [3]

$$a_{cp} = \frac{0,00067 \cdot 17}{0,00067 \cdot 17 + (1 - 0,00067) \cdot 18} = 0,000633 \text{ мол.частки}$$

- температура у нижній частині колони, середня $t_{x_{cp}}^n$, °C

$$t_{x_{cp}}^n = \frac{t_{x_W} + t_{x_F}}{2} \quad (4.18)$$

де $t_{x_W} = 98,7$ °C - температура залишку кубового,

$t_{x_F} = 78,4$ °C - температура суміші вихідної,

$$t_{x_{cp}}^n = \frac{98,7 + 78,4}{2} = 88,6 \quad (4.19)$$

- температура у верхній частині колони середня $t_{x_{cp}}^6, ^\circ\text{C}$

$$t_{x_{cp}}^6 = \frac{t_{x_P} + t_{x_F}}{2} \quad (4.20)$$

де $t_{x_W} = 61,3 ^\circ\text{C}$ - температура залишку кубового, $^\circ\text{C}$

$t_{x_P} = 78,4 ^\circ\text{C}$ - температура дистиляту, $^\circ\text{C}$

$$t_{x_{cp}}^6 = \frac{61,3 + 78,4}{2} = 69,9 \quad (4.21)$$

- температура по колоні середня і $t_{x_{cp}}, ^\circ\text{C}$

$$t_{x_{cp}} = \frac{t_{x_{cp}}^H + t_{x_{cp}}^6}{2} \quad (4.22)$$

$$t_{x_{cp}} = \frac{88,6 + 69,9}{2} = 79,3 \quad (4.23)$$

Значення $t_{x_W}, t_{x_F}, t_{x_P}$ узяті з таблиці 4.2.

молекулярна маса $M_{x_{cp}}, \text{кг/моль}$ середня

$$M_{x_{cp}} = M_{\text{ннк}} \cdot x_{cp} + M_{\text{вкк}} \cdot (1 - x_{cp})$$

$$M_{x_{cp}} = 17 \cdot 0,00067 + 18 \cdot (1 - 0,00067) = 18,0 \text{ кг/моль}$$

густота рідини середня $\rho_{x_{cp}}, \text{кг/м}^3$

$$\rho_{x_{cp}} = \frac{\rho_{\text{ннк}} \cdot \rho_{\text{вкк}}}{\rho_{\text{вкк}} \cdot a_{cp} + (1 - a_{cp}) \cdot \rho_{\text{ннк}}} \quad (4.24)$$

де $\rho_{\text{ннк}}$ - густота аміаку при $t_{x_{cp}} = 79,3 ^\circ\text{C}$ [5]

$$\rho_{\text{ннк}} = 511,2 \text{ кг/м}^3$$

$\rho_{\text{вкк}}$ - густота води при $t_{x_{cp}} = 79,3 ^\circ\text{C}$ [5]

$$\rho_{\text{вкк}} = 972,4 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho_{x_{cp}} = \frac{511,2 \cdot 972,4}{972,4 \cdot 0,000633 + (1 - 0,000633) \cdot 511,2} = 971,8 \text{ кг/м}^3$$

в'язкість середня $\mu_{x_{cp}}$, Па·с визначається по рівнянню

$$\lg \mu_{x_{cp}} = \lg \mu_{н\kappa\kappa} \cdot x_{cp} + \lg \mu_{в\kappa\kappa} \cdot (1 - x_{cp}) \quad (4.25)$$

где $\mu_{н\kappa\kappa}$ - в'язкість аміаку при $t_{x_{cp}} = 79,3^\circ \text{C}$ [5]

$$\mu_{н\kappa\kappa} = 0,00665 \cdot 10^{-3} \text{ Па·с}$$

$\mu_{в\kappa\kappa}$ - в'язкість води при $t_{x_{cp}} = 79,3^\circ \text{C}$ [5]

$$\mu_{в\kappa\kappa} = 0,3609 \cdot 10^{-3} \text{ Па·с}$$

$$\lg \mu_{x_{cp}} = \lg 0,00665 \cdot 10^{-3} \cdot 0,00067 + \lg 0,3609 \cdot 10^{-3} \cdot (1 - 0,00067) = -3,4437$$

$$\mu_{x_{cp}} = 0,00036 = 0,36 \cdot 10^{-3} \text{ Па·с}$$

Середній поверхневий натяг σ_{cp} , Н/м

$$\sigma_{x_{cp}} = \sigma_{н\kappa\kappa} \cdot x_{cp} + \sigma_{в\kappa\kappa} \cdot (1 - x_{cp}) \quad (4.26)$$

де $\sigma_{н\kappa\kappa}$ - натяг аміаку поверхневий при $t_{x_{cp}} = 79,3^\circ \text{C}$ [5]

$$\sigma_{н\kappa\kappa} = 0,448 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$$

$\sigma_{в\kappa\kappa}$ - натяг води поверхневий при $t_{x_{cp}} = 79,3^\circ \text{C}$ [5]

$$\sigma_{в\kappa\kappa} = 62,73 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$$

$$\sigma_{x_{cp}} = 0,448 \cdot 10^{-3} \cdot 0,00067 + 62,73 \cdot 10^{-3} \cdot (1 - 0,00067) = 62,69 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$$

Парова фаза:

- мольна концентрація середня, у нижня частина колони y_{cp}^H ,
мол.частки,

$$y_{cp}^H = \frac{y_W + y_F}{2} \quad (4.27)$$

де $y_W = 0,00001$ - концентрація пари в залишку кубовому,

y_F' - концентрація пари на тарілці живлення,

$$y_F' = \frac{R}{R+1} \cdot x_F + \frac{x_D}{R+1}$$

Так як $R=0$, то $y_F' = x_P$

$$y_F' = 0,00137 \text{ мол.частки}$$

$$y_{cp}'' = \frac{0,00001 + 0,00137}{2} = 0,00069 \text{ мол.частки}$$

- мольна концентрація середня у верхній частині колони y_{cp}^6 ,
мол.частки,

$$y_{cp}^6 = \frac{y_P + y_F'}{2} \quad (4.28)$$

где $y_P = 0,00137$ - концентрація пари в дистилляті,

y_F' - концентрація пари на тарілці живлення,

$$y_F' = 0,00137 \text{ мол. частки}$$

$$y_{cp}^6 = \frac{0,00137 + 0,00137}{2} = 0,00137 \text{ мол.частки}$$

- я мольна концентрація середня по колоні y_{cp} , мол.частки

$$y_{cp} = \frac{y_{cp}'' + y_{cp}^6}{2}$$

$$y_{cp} = \frac{0,00069 + 0,00137}{2} = 0,00103 \text{ мол.частки} \quad (4.29)$$

- температура в нижній частині колони середня и с $t_{y_{cp}}''$, °C

$$t_{y_{cp}}'' = \frac{t_{y_w} + t_{y_F}'}{2} \quad (4.30)$$

где $t_{y_w} = 99,1$ - температура залишку кубового по паровій фазі, °C

$t_{y_F}' = 78,4$ °C - температура пари на тарілці живлення

$$t_{y_{cp}}'' = \frac{99,1 + 78,4}{2} = 88,8 \text{ °C} \quad (4.31)$$

- температура у верхній частині колони середня $t_{y_{cp}}^6$, °C

$$t_{y_{cp}}^6 = \frac{t_{y_P} + t_{y_F}'}{2} \quad (4.32)$$

где $t_{y_F}' = 78,4$ - температура пари на тарілці живлення, °C

$t_{y_P} = 94,9$ - температура пари дистилляту, °C

$$t_{y_{cp}}^6 = \frac{94,9 + 78,4}{2} = 86,7 \text{ °C} \quad (4.33)$$

- температура по колон середня і $t_{y_{cp}}$, °C

$$t_{y_{cp}} = \frac{t_{y_{cp}}^H + t_{y_{cp}}^6}{2} \quad (4.34)$$

$$t_{y_{cp}} = \frac{88,8 + 86,7}{2} = 87,8 \text{ °C}$$

мольна маса середня $M_{y_{cp}}$, кг/моль

$$M_{y_{cp}} = M_{HKK} \cdot y_{cp} + M_{BKK} \cdot (1 - y_{cp}) \quad (4.35)$$

$$M_{y_{cp}} = 17 \cdot 0,00103 + 18 \cdot (1 - 0,00103) = 18 \text{ кг/моль}$$

где $M_{HKK} = 17$ кг/ моль – маса аміаку молекулярна [3]

$M_{BKK} = 18$ кг/ моль – маса води молекулярна [3]

Середня в'язкість $\mu_{y_{cp}}$, Па·с

$$\mu_{y_{cp}} = \frac{M_{y_{cp}} \cdot \mu_{y_{HKK}} \cdot \mu_{y_{BKK}}}{\mu_{y_{BKK}} \cdot y_{cp} \cdot M_{HKK} + (1 - y_{cp}) \cdot \mu_{y_{HKK}} \cdot M_{BKK}} \quad (4.36)$$

где $\mu_{y_{HKK}}$ - в'язкість аміаку при $t_{y_{cp}} = 87,8$ °C [5]

$$\mu_{y_{HKK}} = 0,0123 \cdot 10^{-3} \text{ Па·с}$$

$\mu_{y_{BKK}}$ - в'язкість пари води при $t_{y_{cp}} = 87,8$ °C [5]

$$\mu_{y_{\text{вкк}}} = 0,0118 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$$

$$\mu_{y_{cp}} = \frac{18 \cdot 0,0123 \cdot 10^{-3} \cdot 0,0118 \cdot 10^{-3}}{0,0118 \cdot 10^{-3} \cdot 0,00103 \cdot 17 + (1 - 0,00103) \cdot 0,0123 \cdot 10^{-3} \cdot 18} = 0,0118 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$$

густота середня $\rho_{y_{cp}}$, кг/м³

$$\rho_{y_{cp}} = \frac{M_{y_{cp}}}{22,4} \cdot \frac{P}{P_0} \cdot \frac{T_0}{T} \quad (4.37)$$

де T – температура пари при умовах роботи, °K

$T_0 = 273^\circ\text{K}$ – температура пари при нормальних умовах,

$P = 4,12 \text{ МПа}$ - тиск пари при робочих умовах, МПа

$P_0 = 0,101 \text{ МПа}$ - тиск пари при нормальних умовах, МПа

$$T = T_0 + t_{y_{cp}} \quad (4.38)$$

$$T = 273 + 87,8 = 360,8^\circ\text{K}$$

$$\rho_{y_{cp}} = \frac{18}{22,4} \cdot \frac{4,12}{0,101} \cdot \frac{273}{360,8} = 24,8 \text{ кг/м}^3$$

Коефіцієнт відносної летючості поділюваних компонентів

$$\alpha = \frac{P'_a}{P'_e} \quad (4.39)$$

где P'_a - тиск пари насиченої для аміаку при $t_{y_{cp}} = 87,8^\circ\text{C}$,

мм.рт.ст.

$$P'_a = 400 \text{ мм.рт.ст.}$$

P'_e - тиск пари насиченої для води при $t_{y_{cp}} = 87,8^\circ\text{C}$, мм.рт.ст.

$$P'_e = 488,38 \text{ мм.рт.ст.}$$

$$\alpha = \frac{400}{488,38} = 0,819$$

Визначемо значення $\alpha \cdot \mu_{cp}$.

$$\alpha \cdot \mu_{cp} = 0,819 \cdot 0,36 = 0,295$$

По графіку залежності $\eta = f(\alpha \cdot \mu)$ визначемо величину к.п.д.

тарілки [3]

$$\eta = 0,65$$

Дійсне число тарілок у колоні визначемо за формулою

Для частини колоні зміцнювальної

$$n_o^s = \frac{n_m^s}{\eta} \quad (4.40)$$

$$n_o^s = 0 \text{ штук}$$

Для вичерпної частини колоні

$$n_o^H = \frac{n_m^H}{\eta} \quad (4.41)$$

$$n_o^H = \frac{13}{0,65} = 20$$

Прийmemo $n_o^H = 20$ штук

кількість тарілок у колоні загальна $n_o = 0 + 20 = 20$

Прийmemo дійсне число тарілок 20.

5 РОЗРАХУНКИ НА МІЦНІСТЬ ЕЛЕМЕНТІВ КОЛОНИ [14-21]

Апарат встановлюється в 3 вітровому районі, фундамент на ґрунтах середньої щільності. Мінімальна температура мінус 22 °С. Район не являється сейсмічним.

Апарат працює під тиском. Надлишковий тиск в апараті становить 3,8 МПа, діаметр апарату 1600 мм, температура при роботі 248°С. Середовищепроцесний конденсат з розчиненими газами (CO, CO₂, CH₄, H₂, N₂), відпарний газ. Умови роботи - вибухонебезпечна середовище та внутрішній тиск. По умовам роботи апарат відноситься до І групи, тому контроль зварних швів приймається рівним 100 % за ГСТУ 3-17-191-2000.

5.1 Розрахункові параметри

5.1.1 Розрахункова і робоча температура

Розрахункова температура T_p – це температура, яка визначає фізико-механічні характеристики конструкційного матеріалу й напруг, які допускаються. Їде визначення по тепловому розрахунку або за результатам випробувань. Якщо при експлуатації температура елемента апарату підвищується до температури дотичного з ним середовища, температура приймається рівної робочої, не менш 20°С. Проектований апарат постачаний ізоляцією, який перешкоджає охолодженню або нагріванню елементів апаратів ззовні.

Робоча температура апарата $T = 248$ °С.

Розрахункова температура $T_p = 440$ °С.

5.1.2 Розрахунковий робочий і умовний тиск

Робочий тиск P - надлишковий тиск середовища в апараті при нормальному протіканні процесу без обліку короточасного підвищення, що допускається, тиску під час дії запобіжного клапана.

Розрахунковий тиск P_R – максимальний тиск, який допускається, на який виконується розрахунок на стійкість і міцність елементів апарата при

максимальній їх температурі. Як правило, розрахунковий тиск може рівнятися робочому тиску.

Такий тиск може бути вище робочого в наступних положеннях: під час дії запобіжних клапанів тиск в апараті може підвищитися більш ніж на 10% від робочого, то розрахунковий тиск повинен дорівнювати 90% тиску в апараті при повному відкритті клапана; якщо на елемент діє гідростатичний тиск від стовпа рідини в апараті, який понад 5% розрахункового, то розрахунковий тиск для цього елемента підвищується на значення гідростатичного тиску.

Апарат постачений запобіжним клапаном і робочий тиск буде $P > 0,07$ МПа ,

то тиск спрацьовування запобіжного клапана

$$P_K = 1,15 \cdot P, \quad (5.1)$$

де P - робочий тиск, $P = 3,8$ МПа;

$$P_K = 1,15 \cdot 3,8 = 4,37 \text{ МПа.}$$

Розрахунковий тиск без рахунку гідростатичного

$$P_p = 0,9 \cdot P_K \quad (5.2)$$

$$P_p = 0,9 \cdot 4,37 = 3,933 \text{ МПа}$$

Гідротиск середовища:

$$P_\Gamma = \rho_c \cdot g \cdot H_c \cdot 10^{-6}, \text{ МПа} \quad (5.3)$$

де $\rho_c = 800$ кг/м³ – густина середовища;

g – прискорення падіння;

H_c – висота середовища в апараті;

$$H_c = 5,76 \text{ м}$$

$$P_\Gamma = \rho_c \cdot g \cdot H_c \cdot 10^{-6} = 800 \cdot 9,81 \cdot 5,76 \cdot 10^{-6} = 0,045 \text{ МПа}$$

Перевіряємо умову $P_\Gamma > 5\% P_{\text{раб}}$, $P_\Gamma = 0,045 < P_{\text{раб}} = 0,05 \cdot 3,8 = 0,19$ МПа

Оскільки P_Γ складає менше 5% от $P_{\text{раб}}$, то в подальших розрахунках воно не враховується.

Приймаємо розрахунковий тиск $P = P_{R1} = 4,75$ МПа

Гідростатичний тиск води в умовах випробування.

Пробний тиск для випробування апарата визначимо за формулою

$$P_{\text{пр}} = 1,25 \cdot P_{\text{РІ}} \cdot \frac{[\sigma]^{20}}{[\sigma]^{tR}}, \quad (5.4)$$

де $[\sigma]^{20}$ – допустиме напруження, при 20 °С, $[\sigma]^{20}=184$ МПа;

$[\sigma]^t$ – допустиме напруження, при розрахунковій температурі $t = 440$ °С,

$$[\sigma]^{440}=133 \text{ МПа.}$$

Тиск пробний :

$$P_{\text{пр}} = 1,25 \cdot 4,75 \cdot \frac{184}{133} = 8,21 \text{ МПа.}$$

Гідротиск води :

Розрахункова висота води $H_B = 17,62 \text{ м}$

$$P_B = \rho_B \cdot g \cdot H_B = 1000 \cdot 9,81 \cdot 17,62 \cdot 10^{-6} = 0,172 \text{ МПа.}$$

Перевіримо умову $P_B > 0,05P_{\text{пр}}$. $P_B = 0,172 > P_{\text{пр}} = 0,05 \cdot 4,75 = 0,24 \text{ МПа}$

P_B склада менше 5% від $0,05P_{\text{пр}}$, то його не враховується в подальших розрахунках.

Тиск розрахунковий в умовах випробування:

$$P_{\text{И}} = P_{\text{пр}} = 8,21 \text{ МПа.}$$

Перевіримо умови

$$P_{\text{И}} < 1,35 \cdot P \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} \quad (5.5)$$

$$8,21 < 1,35 \cdot 4,75 \cdot (184/133) = 8,87 \text{ МПа}$$

Умова виконана, проводити розрахунок на міцність при випробуванні не треба.

Умовний тиск щоб вибрати вузли і фланцеві з'єднання визначимо за формулою

$$P_{\text{усл}} \geq P_{\text{РІ}} \cdot \frac{[\sigma]^{20}}{[\sigma]^{tR}}, \quad (5.6)$$

$$P_{\text{усл}} \geq 4,75 \cdot \frac{184}{133} = 6,57 \text{ МПа.}$$

5.1.3 Допустимі напружини

Допустиму напружину для сталі 12Х18Н10Т при $T_p = 440^\circ\text{C}$.
за ГОСТ 14249-89 $[\sigma] = 133 \text{ МПа}$.

5.2.7 Модуль поздовжньої пружності

Вибирано розрахункове значення модуля поздовжньої пружності
 $E = 1,52 \cdot 10^5 \text{ МПа}$.

5.2.8 Збільшення по товщинам конструктивних елементів

Додатком до товщини для компенсації корозії металу прийmemo
 $C_1 = 2 \text{ мм}$.

Збільшення до мінусового значення при товщині листа 32 мм
прийmemo 5% і подалі не враховуємо

$C_2 = 0 \text{ мм}$.

5.3 Коефіцієнти міцності швів зварних

Корпус кільцеві та повздовжні зварні шви. Зробимо автоматичне
зварювання під шаром флюсу та із суцільним проваром. Для корпуса апарата
виберемо стикові шви.

Коефіцієнта міцності зварених швів прийmemo
 $\phi = 1$.

Приварка штуцерів виконується вручну з підваркою кореня шва та
значенням коефіцієнта міцності зварних швів $\phi_1 = 1$.

5.2 Розрахунок на стійкість і міцність корпуса апарата від
розрахункового тиску

5.2.1 Розрахунок обичайки, навантаженої внутрішнім надлишковим
тиском

Ціль розрахунку: розрахунок на міцність, та визначення товщини
стінки апарата по умовам міцності.

Вихідні дані для розрахунку:

- розрахунковий тиск $P_R = 4,75$ МПа;
- діаметр колони $D=1600$ мм;
- допустима напружина, при $T=440$ °С, $[\sigma]=133$ МПа;
- коефіцієнт міцності шва $\varphi=1$;
- додаток до розрахункової товщини металу $C=2$ мм.

Товщина стінки апарата визначається за формулами

$$s_R = \frac{P_{R1} \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_R - P_{R1}}; \quad (5.7)$$

$$s \geq s_R + c, \quad (5.8)$$

s - виконавча товщина стінки, мм;

D - внутрішній діаметр апарата, мм.

$$s_R = \frac{4,75 \cdot 1600}{2 \cdot 133 \cdot 1 - 4,75} = 29 \text{ мм.}$$

$$s \geq 29 + 2 = 31 \text{ мм.}$$

Приймемо виконавою товщиною стінки посудини $s = 32$ мм.

Внутрішній тиск надлишковий, який допускається, для оболонки, МПа

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p \cdot (s - c)}{D + (s - c)}, \quad (5.9)$$

$$[P] = \frac{2 \cdot 133 \cdot 1 \cdot (32 - 2)}{1600 + (32 - 2)} = 4,9 \text{ МПа.}$$

Умови застосування формул

$$\frac{s - C}{D} \leq 0,1, \quad (5.10)$$

$$\text{тоді} \quad \frac{32,0 - 2,00}{1600} \leq 0,1,$$

$$0,01875 < 0,1.$$

Умова за формулою (5.7) виконується.

5.2.2 Розрахунок днищ

Ціль розрахунку: розрахунок на міцність, та визначити товщину еліптичного днища, яке задовольняє умові міцності.

Схема еліптичного днища наведена на рисунку 5.2.

Вихідні дані для розрахунку:

- розрахунковий тиск $P_R = 4,75$ МПа;
- діаметр колони $D=1600$ мм;
- напруга, що допускається, при $T=440^\circ\text{C}$, $[\sigma]=133$ МПа;
- коефіцієнт міцності зварного шва $\phi=1$;
- загальне збільшення до товщини металу $C=2$ мм.

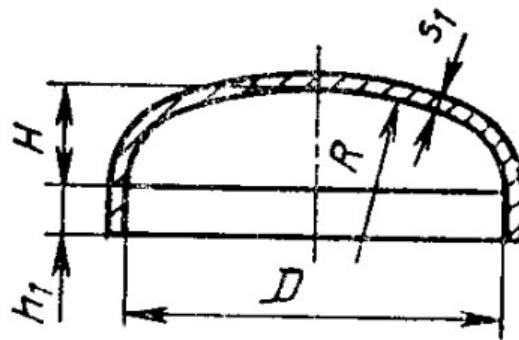


Рисунок 5.2 - Днище еліптичне

Для цієї обичайки обираються еліптичні відбортовані днища.

Товщину стінки днища визначаємо за формулами

$$s_R = \frac{P_{R1} \cdot R}{2 \cdot \phi_p \cdot [\sigma] - 0,5 \cdot P_R}, \quad (5.11)$$

$$s_d \geq s + c \quad (5.12)$$

де R - радіус кривизни у вершині днища, м;

$R = D$ - для еліптичних днищ із $H=0,25 \cdot D$.

$H=0,25 \cdot 1600=400$ мм,

$R=1,6$ м,

$$s_{IR} = \frac{4,75 \cdot 1600}{2 \cdot 1 \cdot 133 - 0,5 \cdot 4,75} = 28,83 \text{ мм},$$

$$s_d = 28,83 + 2 = 30,83 \text{ мм}.$$

Прийmemo товщину днищ стандартним значенням $s_d = 32 \text{ мм}$.

Внутрішній надлишковий тиск, допустимий, для оболонки, МПа, визначемо за формулою

$$[P] = \frac{2 \cdot \phi_p \cdot [\sigma] \cdot (s_1 - c)}{R + 0,5 \cdot (s_1 - c)}. \quad (5.13)$$

$$[p] = \frac{2 \cdot 1 \cdot 133 \cdot (32 - 2)}{1600 + 0,5 \cdot (32 - 2)} = 4,94 \text{ МПа}.$$

Умови, при яких застосовуються розрахункові формули для еліптичних днищ

$$0,002 \leq \frac{s_1 - c}{D} \leq 0,100, \quad (5.14)$$

$$0,002 \leq \frac{32 - 2}{1600} \leq 0,100,$$

$$0,002 \leq 0,01875 \leq 0,100.$$

Умова виконується.

5.3 Розрахунки вагових характеристик апарата

5.3.1 Розрахунки ваги апарата

Вага апарата при роботі розраховуємо по формулі

$$G_A = G_K + G_{H.B} + G_{B.B} + G_{Ж}, \quad (5.15)$$

де G_K – вага корпусу, кН;

$G_{H.B}$ – вага пристроїв ззовні, кН;

$G_{B.B}$ – пристроїв внутрішньо, кН;

$G_{Ж}$ – рідинна вага, кН.

$$G_K = \sum G_{Ц} + \sum G_{д}, \quad (5.16)$$

де $G_{Ц}$ – вага циліндру корпусу, кН;

$G_{д}$ – вага днища, кН.

$$G_{Ц} = \pi \cdot (D_B + s) \cdot s \cdot H_{Ц} \cdot \rho_m \cdot g, \quad (5.17)$$

де $H_{\text{Ц}}=16,7\text{ м}$ — висота циліндру корпусу, м;

$\rho_{\text{м}}$ — щільність металу, кг/м^3 , $\rho_{\text{м}} = 7850 \text{ кг/м}^3$.

$$G_{\text{Д}} = S_{\text{Д}} \cdot s \cdot \rho_{\text{м}} \cdot g, \quad (5.18)$$

де $S_{\text{Д}}$ — площа днища, м^2 ;

$s_{\text{Д}}$ — товща днища, м.

$$G_{\text{Ц}} = 3,14 \cdot (1,6 + 0,032) \cdot 0,032 \cdot 16,7 \cdot 7850 \cdot 9,81 = 210,89 \text{ кН},$$

$$G_{\text{Д}} = 3,08 \cdot 0,032 \cdot 7850 \cdot 9,81 = 7,59 \text{ кН}.$$

По формулі (5.44)

$$G_{\text{К}} = 210,89 + 2 \cdot 7,59 = 226,07 \text{ кН}$$

Вагу внутрішніх пристроїв визначимо по формулі

$$G_{\text{ВН}} = n_{\text{Т}} \cdot M_{\text{Т}} \cdot g, \quad (5.19)$$

де $n_{\text{Т}}$ — кількість тарілок, $n_{\text{Т}} = 20$ шт.;

$M_{\text{Т}}$ — маса тарілки, $M_{\text{Т}} = 89 \text{ кг}$ по ОСТ 26-805-73;

$$G_{\text{ВН}} = 20 \cdot 89 \cdot 9,81 = 17,462 \text{ кН}.$$

Вагу рідини в робочих умовах визначимо по формулі

$$G_{\text{Ж}} = (\pi \cdot D_{\text{В}}^2 / 4) \cdot H_{\text{Ж}} \cdot \rho_{\text{ж}} \cdot g + V_{\text{г}} \cdot \rho_{\text{ж}} \cdot g, \quad (5.20)$$

де $H_{\text{Ж}}$ — висота шару рідини, $H_{\text{Ж}} = 1,95 \text{ м}$;

$\rho_{\text{ж}}$ — щільність рідини, $\rho_{\text{ж}} = 900 \text{ кг/м}^3$;

$V_{\text{д}}$ — об'єм днища, $V_{\text{д}} = 0,65 \text{ м}^3$.

$$G_{\text{Ж}} = (3,14 \cdot 1,6^2 / 4) \cdot 1,95 \cdot 900 \cdot 9,81 + 0,65 \cdot 900 \cdot 9,81 = 40,337 \text{ кН}.$$

вагу зовнішніх пристроїв визначимо по формулі

$$G_{\text{Н.У.}} = 0,1 \cdot G_{\text{К}}, \quad (5.21)$$

$$G_{\text{Н.У.}} = 0,1 \cdot 226,07 = 22,607 \text{ кН}.$$

$$G_{\text{А}} = 226,07 + 22,607 + 17,462 + 40,337 = 306,476 \text{ кН}.$$

Вага апарата при монтажу

$$G_{\text{А.М.}} = G_{\text{К}} + G_{\text{Н.В.}} + G_{\text{В.В.}}, \quad (5.22)$$

$$G_{\text{А.М.}} = 226,07 + 22,607 + 17,462 = 266,139 \text{ кН}$$

Максимальну вагу апарата розрахуємо по формулі

$$G_{\text{Аmax}} = G_{\text{К}} + G_{\text{НУ}} + G_{\text{ВУ}} + G_{\text{В}}, \quad (5.23)$$

де $G_{\text{В}}$ — вага води.

$$G_{\text{В}} = ((\pi \cdot D_{\text{В}}^2) / 4 \cdot H_{\text{Ц}} + 2 \cdot V_{\text{д}}) \cdot \rho_{\text{води}}^{20} \cdot g, \quad (5.24)$$

$$G_{\text{В}} = ((14 \cdot 1,62 / 4) \cdot 16,7 + 2 \cdot 0,65) \cdot 1000 \cdot 9,81 = 341,98 \text{ кН},$$

$$G_{\text{max}} = 226,07 + 22,607 + 17,462 + 341,98 = 608,119 \text{ кН}.$$

5.3.2 Вибір опори

При максимальній вазі апарата $G_{\text{А}} = 608,119 \text{ кН}$ за ГСТУ 3-17-193-2000 виберемо опору 4 типу з кільцевим опорним поясом з наступними основними розмірами:

висота опори $H_1 = 2000 \text{ мм}$;

зовнішній діаметр кільця $D_3 = 1880 \text{ мм}$;

діаметр $D_1 = 1500 \text{ мм}$;

діаметр $D_2 = 1700 \text{ мм}$;

товщина стінки опори $s_1 = 8 \text{ мм}$;

товщина стінки опори $s_2 = 20 \text{ мм}$;

товщина стінки опори $s_3 = 25 \text{ мм}$;

число болтів $z_6 = 6 \text{ шт.}$;

діаметр отвору під болт $d_2 = 60 \text{ мм}$;

діаметр болтів $d_6 = \text{М36}$.

5.4 Розрахунки на вітрове навантаження

Ціль розрахунку: визначити розрахункові зусилля для колони від навантажень вітру.

Вихідні дані для розрахунку:

- висота колони $H = 19,7 \text{ м}$;

– коефіцієнт нерівномірності стиску ґрунту $C_F = 2 \cdot 10^8 \text{ Н/м}^3$;

– швидкісний напір вітру $0,0005 \text{ МН/м}^2$;

– модуль поздовжньої пружності $E = 1,75 \cdot 10^5 \text{ МПа}$;

5.4.1 Визначення періоду власних коливань колони

Колону розділяємо по висоті на три ділянки. Розрахункова схема показана на рисунку 5.5. Вагу ділянки апарата приймемо зосередженою у серединній частині. Навантаження від ваги апарата роблять вертикально, вітрову горизонтально

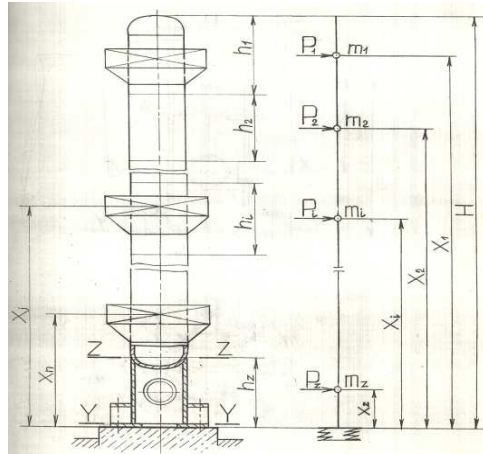


Рисунок 5.2 – Розрахункова схема колони

Періоди основних тонів коливань апарата змінного перетину визначаємо по формулі

$$T = 2 \cdot H \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^k G_i \cdot \alpha_i^2}{g \cdot \left(\gamma \cdot \frac{H}{2 \cdot E \cdot J_0} + \frac{1}{C_F \cdot J_F} \right)}} \quad (5.25)$$

де α_i – переміщення центру ваги ділянок визначимо за формулою

$$\alpha_i = \gamma \cdot \frac{H \cdot \beta_i}{2 \cdot E \cdot J_0} + \frac{x_i}{H \cdot C_F \cdot J_F}, \quad (5.26)$$

де β_i – коеф., який обчислюється за формулою:

$$\beta_i = \frac{1}{2} \cdot \left[3 \cdot \left(\frac{x_i}{H} \right)^2 - \left(\frac{x_i}{H} \right)^3 \right], \quad (5.27)$$

Коеф, γ , який обчислюється за формулою:

$$\gamma = \frac{2}{H^3} \cdot \left[H_0^3 \cdot (\Delta + \lambda) + H_1^3 \cdot \mu + 2 \cdot \frac{J_0}{J_2} \cdot H_0 \cdot H_1 \cdot H_2 \right], \quad (5.28)$$

Δ, λ, μ – визначають за формулами:

$$\Delta = \frac{1}{3} + \frac{J_0 \cdot H_1}{J_1 \cdot H_0} \cdot \left[\frac{1}{3} \cdot \left(\frac{H_1}{H_0} \right)^2 + \frac{H_1}{H_0} + 1 \right], \quad (5.29)$$

$$\lambda = \frac{J_0 \cdot H_2}{J_2 \cdot H_0} \cdot \left[\frac{1}{3} \cdot \left(\frac{H_2}{H_0} \right)^2 + \frac{H_2}{H_0} + 1 \right], \quad (5.30)$$

$$\mu = \frac{J_0 \cdot H_2}{J_1 \cdot H_1} \cdot \left(\frac{H_2}{H_1} + 1 \right), \quad (5.31)$$

Момент інерції перетину апарата знайдемо за формулою

$$J_i = \frac{\pi}{8} \cdot (D + S - c)^3 \cdot (S - c), \quad (5.32)$$

$$J_0 = \frac{3,14}{8} \cdot (1,6 + 0,032 - 0,002)^3 \cdot (0,032 - 0,002) = 0,051 \text{ м}^4;$$

$$J_1 = \frac{3,14}{8} \cdot (1,6 + 0,032 - 0,002)^3 \cdot (0,032 - 0,002) = 0,051 \text{ м}^4;$$

$$J_2 = \frac{3,14}{8} \cdot (1,5 + 0,008 - 0,001)^3 \cdot (0,008 - 0,001) = 0,0094 \text{ м}^4.$$

Момент перетину підшви фундаменту

$$J_F = 0,065 \cdot D_{KH}, \quad (5.33)$$

$$J_F = 0,065 \cdot 1,880 = 0,1222 \text{ м}^4.$$

$$\Delta = \frac{1}{3} + \frac{0,051 \cdot 8,95}{0,051 \cdot 8,95} \cdot \left[\frac{1}{3} \cdot \left(\frac{8,95}{8,95} \right)^2 + \frac{8,95}{8,95} + 1 \right] = 2,66,$$

$$\lambda = \frac{0,051 \cdot 1,8}{0,0094 \cdot 8,95} \cdot \left[\frac{1}{3} \cdot \left(\frac{1,8}{8,95} \right)^2 + \frac{1,8}{8,95} + 1 \right] = 1,325,$$

$$\mu = \frac{0,051 \cdot 1,8}{0,051 \cdot 8,95} \cdot \left(\frac{1,8}{8,95} + 1 \right) = 0,24,$$

$$\beta_0 = \frac{1}{2} \cdot \left[3 \cdot \left(\frac{15,225}{19,7} \right)^2 - \left(\frac{15,225}{19,7} \right)^3 \right] = 0,67.$$

$$\beta_1 = \frac{1}{2} \cdot \left[3 \cdot \left(\frac{5,575}{19,7} \right)^2 - \left(\frac{5,575}{19,7} \right)^3 \right] = 0,10,$$

$$\beta_2 = \frac{1}{2} \cdot \left[3 \cdot \left(\frac{0,9}{19,7} \right)^2 - \left(\frac{0,9}{19,7} \right)^3 \right] = 0,003,$$

$$\gamma = \frac{2}{19,7^3} \cdot \left[15,225^3 \cdot (2,66 + 1,325) + 5,575^3 \cdot 0,38 + 2 \cdot \frac{0,051}{0,0094} \cdot 15,225 \cdot 5,575 \cdot 0,9 \right] = 3,9$$

$$\alpha_0 = 3,9 \cdot \frac{19,7 \cdot 0,68}{2,175 \cdot 10^{11} \cdot 0,051} + \frac{15,225}{19,7 \cdot 2 \cdot 10^8 \cdot 0,1222} = 3,5 \cdot 10^{-8},$$

$$\alpha_1 = 3,9 \cdot \frac{19,7 \cdot 0,10}{2,175 \cdot 10^{11} \cdot 0,051} + \frac{5,575}{19,7 \cdot 2 \cdot 10^8 \cdot 0,1222} = 1,2 \cdot 10^{-8},$$

$$T = 2 \cdot H \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^k G_i \cdot \alpha_i^2}{g \cdot \left(\gamma \cdot \frac{H}{2 \cdot E \cdot J_0} + \frac{1}{C_F \cdot J_F} \right)}},$$

$$T = 2 \cdot 19,7 \cdot \sqrt{\frac{297465 \cdot (3,5 \cdot 10^{-8})^2 + 297465 \cdot (1,2 \cdot 10^{-8})^2 + 13190 \cdot (0,188 \cdot 10^{-8})^2}{9,8 \cdot \left(3,9 \cdot \frac{19,7}{2 \cdot 1,75 \cdot 10^{11} \cdot 0,051} + \frac{1}{2 \cdot 10^8 \cdot 0,1222} \right)}} =$$

$$= 1,2 \text{ c}$$

5.4.2 Визначення згинального моменту від навантаження вітру

При розрахунку навантаження вітру, розподілене по висоті апарата, замінюється горизонтальними силами P_i , які прикладені в середині ділянок, як показано на рисунку 5.2.

Згинальний момент у перетині на висоті X^I треба визначити по формулі

$$M_v = \sum_{i=0}^k P_i \cdot (x_i - X^I) + \sum_{j=1}^m M_{vj}, \quad (5.34)$$

де M_v – момент вітру від дії вітру на майданчики обслуговування, Н·м.
навантаження вітру на i -й ділянці

$$P_i = P_{ist} + P_{idyn}, \quad (5.35)$$

Статична складова навантаження вітру на i -й ділянці

$$P_{ist} = q_{ist} \cdot D_{li} \cdot h_i, \quad (5.36)$$

Динамічна складова навантаження вітру на i -й ділянці

$$P_{i\,dyn} = v \cdot G_i \cdot \xi \cdot \eta_i \quad (5.37)$$

значення статичної складової вітрового навантаження вітру в середині i -ї ділянки апарата

$$q_{ist} = q_0 \cdot \theta \cdot K, \quad (5.38)$$

де q_0 – визначається за ГОСТ Р 24756-81, $q_0 = 230 \text{ Н/м}^2$;

$$\theta = \left(\frac{x_i}{10} \right)^{0,31}, \quad (5.39)$$

для апаратів круглого перетину $K = 0,7$.

Коефіцієнт динамічності ξ є залежним від параметра

$$\varepsilon = \frac{T \cdot \sqrt{q_0}}{790}. \quad (5.40)$$

Коефіцієнт динамічності ξ визначається за формулою

$$\xi = 1,1 + \sqrt{15,5 \cdot \varepsilon}. \quad (5.41)$$

Коефіцієнт кореляції пульсації вітру v (визначимо за формулою

$$v = 0,968 - 0,025 \cdot \sqrt{H}. \quad (5.42)$$

відносно прискорення центра ваги i -ї ділянки

$$\eta_i = \alpha_i \cdot \frac{\sum_{n=0}^k \alpha_n \cdot m_n \cdot P_{nst}}{\sum_{n=0}^k \alpha_n^2 \cdot G_n}, \quad (5.43)$$

де α_i , α_n – відносне переміщення i -го й n -го ділянки при основному коливанні

Якщо $X > 10$, то

$$m_n = 0,76 \left(\frac{x_n}{10} \right)^{-0,15}, \quad (5.44)$$

Якщо $X \leq 10$, то $m_n = 0,6$.

момент згину у перетині на висоті X^I від дії навантаження вітру на обслуговуючий майданчик визначаємо за формулою

$$M_{vj} = 0,85 \cdot q_0 \cdot \theta_j \cdot (x_j - X^I) \cdot (1 + 0,75 \cdot \xi \cdot \chi_j \cdot m_j) \cdot A_j, \quad (5.45)$$

де A_j – площа, включена в контур майданчику, m^2 .

Коефіцієнт χ_j по формулі

$$\chi_j = 1,56 \cdot \left(\frac{x_j}{H} \right)^{1,6} \quad (5.46)$$

Проведемо розрахунок

$$\theta_0 = \left(\frac{15,225}{10} \right)^{0,31} = 1,14,$$

$$\theta_1 = \left(\frac{5,575}{10} \right)^{0,31} = 0,83,$$

$$\theta_2 = \left(\frac{0,9}{10} \right)^{0,31} = 0,48,$$

$$q_{0st} = 230 \cdot 1,14 \cdot 0,7 = 183,5,$$

$$q_{1st} = 230 \cdot 0,83 \cdot 0,7 = 133,6,$$

$$q_{2st} = 230 \cdot 0,48 \cdot 0,7 = 77,3,$$

$$\varepsilon = \frac{1,2 \cdot \sqrt{230}}{790} = 0,023,$$

$$\xi = 1,1 + \sqrt{15,5 \cdot 0,023} = 1,7,$$

$$v = 0,968 - 0,025 \cdot \sqrt{19,7} = 0,86$$

$$P_{0st} = 183,5 \cdot 1,3 \cdot 8,95 = 2135,$$

$$P_{1st} = 133,6 \cdot 1,3 \cdot 8,95 = 1554,4 ,$$

$$P_{2st} = 77,3 \cdot 1,22 \cdot 1,8 = 169,8 ,$$

$$m_0 = 0,76 \cdot \left(\frac{15,225}{10} \right)^{-0,15} = 0,71$$

$$m_1 = 0,76 \cdot \left(\frac{5,575}{10} \right)^{-0,15} = 0,83$$

$$m_2 = 1,1$$

$$\eta_0 = 3,5 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{3,5 \cdot 10^{-8} \cdot 0,71 \cdot 2135 + 1,2 \cdot 10^{-8} \cdot 0,83 \cdot 1554,4 + 0,188 \cdot 10^{-8} \cdot 1,1 \cdot 169,8}{297465 \cdot (3,5 \cdot 10^{-8})^2 + 297465 \cdot (1,2 \cdot 10^{-8})^2 + 13190 \cdot (0,188 \cdot 10^{-8})^2} =$$

$$= 0,006,$$

$$\eta_1 = 1,6 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{3,5 \cdot 10^{-8} \cdot 0,71 \cdot 2135 + 1,2 \cdot 10^{-8} \cdot 0,83 \cdot 1554,4 + 0,188 \cdot 10^{-8} \cdot 1,1 \cdot 169,8}{297465 \cdot (3,5 \cdot 10^{-8})^2 + 297465 \cdot (1,2 \cdot 10^{-8})^2 + 13190 \cdot (0,188 \cdot 10^{-8})^2} =$$

$$= 0,003,$$

$$\eta_2 = 2,14 \cdot 10^{-9} \cdot \frac{3,5 \cdot 10^{-8} \cdot 0,71 \cdot 2135 + 1,2 \cdot 10^{-8} \cdot 0,83 \cdot 1554,4 + 0,188 \cdot 10^{-8} \cdot 1,1 \cdot 169,8}{297465 \cdot (3,5 \cdot 10^{-8})^2 + 297465 \cdot (1,2 \cdot 10^{-8})^2 + 13190 \cdot (0,188 \cdot 10^{-8})^2} =$$

$$= 0,004,$$

$$P_{0dyn} = 0,86 \cdot 297465 \cdot 1,7 \cdot 0,006 = 2609,4 ,$$

$$P_{1dyn} = 0,86 \cdot 297465 \cdot 1,7 \cdot 0,003 = 2609,4 ,$$

$$P_{2dyn} = 0,86 \cdot 13190 \cdot 1,7 \cdot 0,004 = 57,85 ,$$

$$P_0 = 2135 + 2609,4 = 4744,4 ,$$

$$P_1 = 1554,4 + 2609,4 = 4163,8 ,$$

$$P_2 = 169,8 + 57,85 = 227,65 ,$$

$$\chi_0 = 1,56 \cdot \left(\frac{18,0}{19,7} \right)^{1,6} = 1,35 ,$$

$$\chi_1 = 1,56 \cdot \left(\frac{11,3}{19,7} \right)^{1,6} = 0,64 ,$$

$$\chi_2 = 1,56 \cdot \left(\frac{5,7}{19,7} \right)^{1,6} = 0,215 ,$$

$$\chi_3 = 1,56 \cdot \left(\frac{2,5}{19,7} \right)^{1,6} = 0,057 ,$$

$$A_{0,1} = (1,3 + 2) \cdot 1,6 = 5,28 \text{ м}^2 ,$$

$$M_{vj} = 0,85 \cdot q_0 \cdot \theta_j \cdot (x_j - X^I) \cdot (1 + 0,75 \cdot \xi \cdot \chi_j \cdot m_j) \cdot A_j$$

$$M_{v0} = 0,85 \cdot 230 \cdot 1,3 \cdot (19,7 - 18,0) \cdot (1 + 0,75 \cdot 1,7 \cdot 0,64 \cdot 0,71) \cdot 5,28 = 3603 ,$$

$$M_{v1} = 0,85 \cdot 230 \cdot 1,3 \cdot (15,225 - 11,3) \cdot (1 + 0,75 \cdot 1,7 \cdot 0,64 \cdot 0,83) \cdot 5,28 = 8834 ,$$

$$M_{v2} = 0,85 \cdot 230 \cdot 1,3 \cdot (15,225 - 5,7) \cdot (1 + 0,75 \cdot 1,7 \cdot 0,215 \cdot 0,6) \cdot 5,28 = 14884 ,$$

$$M_{v3} = 0,85 \cdot 230 \cdot 1,3 \cdot (5,7 - 2,5) \cdot (1 + 0,75 \cdot 1,7 \cdot 0,057 \cdot 0,6) \cdot 5,28 = 4481 ,$$

$$M_v = 4744,4 \cdot (15,225 - 11,3) + 4744,4 \cdot (15,225 - 5,7) + 4163,8 \cdot (5,225 - 2,5) + 3603 + 8834 + 14884 + 4481 = 128677,8 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

5.5 Розрахунок корпусу апарата від спільної дії всіх навантажень

Ціль розрахунку: Перевірити апарата на стійкість і міцність у результаті дії всіх навантажень

Вихідні дані:

p – розрахунковий тиск, $P_R = 4,75$ МПа;

D - внутрішній діаметр апарата, $D = 1600$ мм;

s - товщина стінки апарата, $S = 32$ мм;

c – збільшення до товщини стінки, $C = 2$ мм;

F - осьове стискальне зусилля в перетині Y-Y , $F = 0,81$ МН ;

M - згинальний момент у перетині Y-Y , $M = 0,129$ МН·м ;

ϕ_t – коефіцієнт міцності кільцевого зварного шва , $\phi_t = 1$;

ϕ_p – коефіцієнт міцності поздовжнього зварного шва , $\phi_p = 1$.

5.5.1 Перевірка корпусу апарата на міцність [3]

5.5.1.1 Розрахунок для умов роботи

Розрахуємо поздовжні напруги на стороні вітру за формулою

$$\sigma_{x1} = \frac{p \cdot (D + s)}{4 \cdot (s - c)} - \frac{F}{\pi \cdot D \cdot (s - c)} + \frac{4 \cdot M}{\pi \cdot D^2 \cdot (s - c)}, \quad (5.47)$$

де F - осьове зусилля при робочих умовах, $F=0,537$ МН;

$$\begin{aligned} \sigma_{x1} &= \frac{4,75 \cdot (1,6 + 0,032)}{4 \cdot (0,032 - 0,002)} - \frac{0,537}{3,14 \cdot 1,6 \cdot (0,032 - 0,002)} + \frac{4 \cdot 0,129}{3,14 \cdot 1,6^2 \cdot (0,032 - 0,002)} = \\ &= 63,18 \text{ МПа.} \end{aligned}$$

Розрахунок поздовжні напруги на підвітряній стороні вітру по формулі

$$\sigma_{x2} = \frac{p \cdot (D + s)}{4 \cdot (s - c)} - \frac{F}{\pi \cdot D \cdot (s - c)} - \frac{4 \cdot M}{\pi \cdot D^2 \cdot (s - c)}, \quad (5.48)$$

$$\begin{aligned} \sigma_{x2} &= \frac{4,75 \cdot (1,6 + 0,032)}{4 \cdot (0,032 - 0,002)} - \frac{0,537}{3,14 \cdot 1,6 \cdot (0,032 - 0,002)} - \frac{4 \cdot 0,129}{3,14 \cdot 1,6^2 \cdot (0,032 - 0,002)} = \\ &= 58,9 \text{ МПа.} \end{aligned}$$

Кільцеві напруги по формулі

$$\sigma_y = \frac{p \cdot D}{2 \cdot (s - c)}, \quad (5.49)$$

$$\sigma_y = \frac{4,75 \cdot 1,6}{2 \cdot (0,032 - 0,002)} = 127 \text{ МПа}$$

Розрахунок еквівалентні напруги на стороні вітру по формулоі

$$\sigma_{E1} = \sqrt{\sigma_{x1}^2 + \sigma_y^2 - \sigma_{x1} \cdot \sigma_y}, \quad (5.50)$$

$$\sigma_{E1} = \sqrt{63,18^2 + 127^2 - 63,18 \cdot 127} = 110 \text{ МПа}$$

Розрахунок еквівалентні напруги на стороні вітру по формулі

$$\sigma_{E2} = \sqrt{\sigma_{x2}^2 + \sigma_y^2 - \sigma_{x2} \cdot \sigma_y}, \quad (5.51)$$

$$\sigma_{E2} = \sqrt{58,9^2 + 127^2} - 58,9 \cdot 127 = 110 \text{ МПа.}$$

умову міцності

- на навітряній стороні

$$\max\{\sigma_{x1}; \sigma_{E1}\} \leq [\sigma]_K \cdot \phi_T, \quad (5.52)$$

$$110 \text{ МПа} < 133 \cdot 1 \text{ МПа.}$$

- на підвітряній стороні

$$\max\{\sigma_{x2}; \sigma_{E2}\} \leq [\sigma]_K \cdot \phi_T, \quad (5.53)$$

$$110 \text{ МПа} < 133 \text{ МПа.}$$

Умова міцності виконана.

5.5.1.2 Розрахунок на умовах монтажу

Розрахунок поздовжні напруги на стороні вітру по формулі

$$\sigma_{x1} = \frac{p \cdot (D + s)}{4 \cdot (s - c)} - \frac{F}{\pi \cdot D \cdot (s - c)} + \frac{4 \cdot M}{\pi \cdot D^2 \cdot (s - c)}, \quad (5.54)$$

де F - осьове зусилля при монтажу, F=0,266 МН;

При умовах монтажу стискаюче зусилля p=0 МПа.

$$\sigma_{x1} = \frac{0 \cdot 1,6}{4 \cdot (0,032 - 0,002)} - \frac{0,266}{3,14 \cdot 1,6 \cdot (0,032 - 0,002)} + \frac{4 \cdot 0,129}{3,14 \cdot 1,6^2 \cdot (0,032 - 0,002)} =$$

$$= 0,375 \text{ МПа.}$$

Розрахунок поздовжні напруги на стороні вітру по формулі

$$\sigma_{x2} = \frac{p \cdot (D + s)}{4 \cdot (s - c)} - \frac{F}{\pi \cdot D \cdot (s - c)} - \frac{4 \cdot M}{\pi \cdot D^2 \cdot (s - c)}, \quad (5.55)$$

$$\sigma_{x2} = \frac{0 \cdot (1,6 + 0,032)}{4 \cdot (0,032 - 0,002)} - \frac{0,266}{3,14 \cdot 1,6 \cdot (0,032 - 0,002)} - \frac{4 \cdot 0,129}{3,14 \cdot 1,6^2 \cdot (0,032 - 0,002)} =$$

$$= -3,9 \text{ МПа.}$$

Кільцеві напруги розраховує за формулою

$$\sigma_y = \frac{p \cdot D}{2 \cdot (s - c)}, \quad (5.56)$$

$$\sigma_y = \frac{0 \cdot 1,2}{2 \cdot (0,05 - 0,002)} = 0 \text{ МПа.}$$

Розрахунки еквівалентної напруги на стороні вітру по формулі

$$\sigma_{E1} = \sqrt{\sigma_{x1}^2 + \sigma_y^2 - \sigma_{x1} \cdot \sigma_y}, \quad (5.57)$$

$$\sigma_{E1} = \sqrt{0,375^2 + 0^2 - 0,375 \cdot 0} = 0,375 \text{ МПа.}$$

Розрахунки еквівалентної напруги на стороні вітру по формулі

$$\sigma_{E2} = \sqrt{\sigma_{x2}^2 + \sigma_y^2 - \sigma_{x2} \cdot \sigma_y}, \quad (5.58)$$

$$\sigma_{E2} = \sqrt{3,9^2 + 0^2 - 3,9 \cdot 0} = 3,9 \text{ МПа.}$$

Перевірка умов міцності по умовах

- на навітряній стороні

$$\max\{\sigma_{x1}; \sigma_{E1}\} \leq [\sigma]_K \cdot \phi_T, \quad (5.59)$$

$$0,3 \text{ МПа} < 133 \cdot 1 \text{ МПа.}$$

- на подвітрений стороні

$$\max\{\sigma_{x2}; \sigma_{E2}\} \leq [\sigma]_K \cdot \phi_T, \quad (5.60)$$

$$3,9 \text{ МПа} < 133 \text{ МПа.}$$

Умови міцності виконана.

5.5.2 Перевірка корпусу апарата на стійкість [2]

Перевіримо стійкість для робочих умов й за умов випробування.

Допускаємо стискаючу силу, з умови міцності перетину Y-Y корпусу апарата визначимо по формулі

$$[F]_n = [\sigma] \cdot \pi \cdot D \cdot (s - c) \quad (5.61)$$

$$[F]_n = 133 \cdot 3,14 \cdot 1,6 \cdot (0,032 - 0,002) = 20 \text{ МН.}$$

Допустиме осьове навантаження, з умови місцевої стійкості форми визначимо по формулі

$$[F]_{E1} = \frac{310 \cdot E \cdot 10^{-6}}{n_y} \cdot D^2 \cdot \left[\frac{100 \cdot (s - c)}{D} \right]^{2,5}, \quad (5.62)$$

$$[F]_{E1PAБ.} = \frac{310 \cdot 1,75 \cdot 10^5 \cdot 10^{-6}}{2,6} \cdot 1,6^2 \cdot \left[\frac{100 \cdot (0,032 - 0,002)}{1,6} \right]^{2,5} = 257,14 \text{ МН},$$

$$[F]_{E1ИСП.} = \frac{310 \cdot 1,75 \cdot 10^5 \cdot 10^{-6}}{1,8} \cdot 1,6^2 \cdot \left[\frac{100 \cdot (0,032 - 0,002)}{1,6} \right]^{2,5} = 371,4 \text{ МН}.$$

Допустиму осьову стискаючу силу, з умови стійкості форми визначимо по формулі

$$[F]_{E2} = \frac{\pi \cdot D \cdot (s - c) \cdot E}{n_y} \cdot \left(\frac{\pi}{\lambda} \right)^2, \quad (5.63)$$

де λ - гнучкість апарата;

$$\lambda = \frac{2,832 \cdot H}{D} + (s - c),$$

$$\lambda = \frac{2,832 \cdot 19,7}{1,6} + (0,032 - 0,002) = 34,9,$$

$$[F]_{E2PAБ.} = \frac{3,14 \cdot 1,6 \cdot (0,032 - 0,002) \cdot 1,75 \cdot 10^5}{2,6} \cdot \left(\frac{3,14}{34,9} \right)^2 = 82,12 \text{ МН},$$

$$[F]_{E2ИСП.} = \frac{3,14 \cdot 1,6 \cdot (0,032 - 0,002) \cdot 1,75 \cdot 10^5}{1,8} \cdot \left(\frac{3,14}{34,9} \right)^2 = 118,6 \text{ МН}$$

Еквівалентне стискаюче осьове зусилля по формулі

$$[F]_E = \frac{[G]}{\sqrt{1 + \left(\frac{[G]}{[G]_E} \right)^2}}, \quad (5.64)$$

$$[F]_{Epaб.} = \frac{306,476}{\sqrt{1 + \left(\frac{306,476}{266,139} \right)^2}} = 0,2 \text{ МН}$$

$$[F]_{Eисп.} = \frac{306,476}{\sqrt{1 + \left(\frac{306,476}{608,119} \right)^2}} = 0,27 \text{ МН}$$

Допустимий згинаючий момент, з умови міцності

$$[M]_n = [\sigma] \cdot \frac{\pi \cdot D^2 \cdot (S - C)}{4}, \quad (5.65)$$

$$[M]_n = 133 \cdot \frac{3,14 \cdot 1,6^2 \cdot (0,032 - 0,002)}{4} = 8 \text{ МН} \cdot \text{м}.$$

Допустимий згинаючий момент, з умови стійкості

$$[M]_E = \frac{89 \cdot 10^{-6} \cdot E}{n_y} \cdot D^3 \cdot \left(\frac{100 \cdot (S - C)}{D} \right)^{2,5}, \quad (5.66)$$

$$[M]_{E_{раб.}} = \frac{89 \cdot 10^{-6} \cdot 1,75 \cdot 10^5}{2,6} \cdot 1,6^3 \cdot \left(\frac{100 \cdot (0,032 - 0,002)}{1,6} \right)^{2,5} = 118 \text{ МН} \cdot \text{м}.$$

$$[M]_{E_{учн.}} = \frac{89 \cdot 10^{-6} \cdot 1,75 \cdot 10^5}{1,8} \cdot 1,6^3 \cdot \left(\frac{100 \cdot (0,032 - 0,002)}{1,6} \right)^{2,5} = 170 \text{ МН} \cdot \text{м}.$$

допустимий згинаючий момент, за формулою

$$[M] = \frac{[M]_n}{\sqrt{1 + \left(\frac{[M]_n}{[M]_E} \right)^2}}, \quad (5.67)$$

$$[M]_{раб} = \frac{7,8}{\sqrt{1 + \left(\frac{7,8}{118} \right)^2}} = 7,78 \text{ МН} \cdot \text{м}.$$

$$[M]_{учн} = \frac{7,8}{\sqrt{1 + \left(\frac{7,8}{170} \right)^2}} = 7,79 \text{ МН} \cdot \text{м}.$$

Перевірка апарат на стійкість від спільної дії навантажень при умовах

$$\frac{F}{[F]} + \frac{P}{[P]} + \frac{M}{[M]} \leq 1,0, \quad (5.68)$$

При умовах випробування

$$\frac{0,81}{118,6} + \frac{3}{4,75} + \frac{0,206}{7,79} \leq 1,0,$$

$$0,67 \leq 1,0$$

Умова виконана.

При умовах роботи

$$\frac{0,81}{82,12} + \frac{3}{4,75} + \frac{0,206}{7,79} \leq 1,0$$

$$0,7 \leq 1,0$$

Умова стійкості виконана, тому апарат зберігає міцність і стійкість під дією спільно діючих навантажень.

5.6 Розрахунки опори

Ціль розрахунку: перевірити опори апарата на стійкість і міцність.

При максимальній ваги апарата $G_A=608,119$ кН за ГСТУ 3-17-193-2000 виберемо опору 4 типу з кільцевим опорним поясом з основними розмірами:

висота опори $H_1=2000$ мм;

зовнішній діаметр кільця $D_3=1880$ мм;

діаметр $D_1=1500$ мм;

діаметр $D_2=1700$ мм;

товщина стінки опори $s_1=8$ мм;

товщина стінки опори $s_2=20$ мм;

товщина стінки опори $s_3=25$ мм;

число болтів $z_6=6$ шт.;

діаметр отвору під болт $d_2=60$ мм;

діаметр болтів $d_6 = M36$.

Вихідні дані:

p – розрахований тиск, $P_R=0,11$ МПа;

D - внутрішній діаметр опори, $D=1600$ мм;

s - товщина стінки обичайки опори, $S=8$ мм;

c - сума збільшень до товщини стінки, $C=2$ мм;

F - розраховане осьове стискальне зусилля в перетинах, $F = 0,6$ МН ;

M - розрахований згинальний момент у перетинах, $M=0,206$ МН·м ; ϕ_T – коефіцієнт міцності кільцевого зварного шва, $\phi_T=1$;

ϕ_P – коефіцієнт міцності зварного шва повздовжнього , $\phi_P=1$.

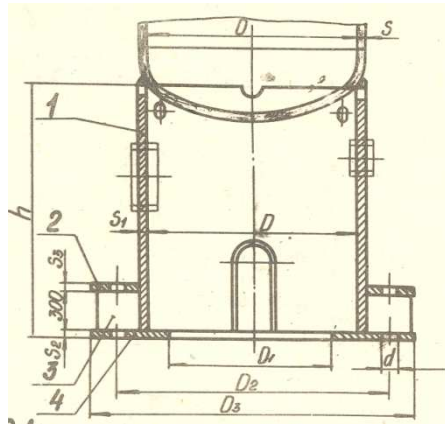


Рисунок 5.3 – Розрахункова схема циліндричної опори

5.6.1 Перевірка обичайки опори на міцність

5.6.1.1 Розрахунки обичайки для умов роботи

Розрахунок поздовжні напруги на стороні вітру по формулі

$$\sigma_{x1} = \frac{p \cdot (D + s)}{4 \cdot (s - c)} - \frac{F}{\pi \cdot D \cdot (s - c)} + \frac{4 \cdot M}{\pi \cdot D^2 \cdot (s - c)}, \quad (5.69)$$

де F – осьове зусилля стискання при умовах роботи, $F=0,537$ МН;

$$\begin{aligned} \sigma_{x1} &= \frac{4,75 \cdot (1,6 + 0,008)}{4 \cdot (0,008 - 0,002)} - \frac{0,6}{3,14 \cdot 1,6 \cdot (0,008 - 0,002)} + \frac{4 \cdot 0,206}{3,14 \cdot 1,6^2 \cdot (0,008 - 0,002)} = \\ &= 4,55 \text{ МПа.} \end{aligned}$$

Розрахунок поздовжні напруги на стороні вітру по формулі

$$\sigma_{x2} = \frac{p \cdot (D + s)}{4 \cdot (s - c)} - \frac{F}{\pi \cdot D \cdot (s - c)} - \frac{4 \cdot M}{\pi \cdot D^2 \cdot (s - c)}, \quad (5.70)$$

$$\begin{aligned} \sigma_{x2} &= \frac{4,75 \cdot (1,6 + 0,008)}{4 \cdot (0,008 - 0,002)} - \frac{0,537}{3,14 \cdot 1,6 \cdot (0,008 - 0,002)} - \frac{4 \cdot 0,206}{3,14 \cdot 1,6^2 \cdot (0,008 - 0,002)} = \\ &= 48,61 \text{ МПа.} \end{aligned}$$

Кільцеві напруги розрахуємо за формулою

$$\sigma_y = \frac{p \cdot D}{2 \cdot (s - c)}, \quad (5.71)$$

$$\sigma_y = \frac{0,475 \cdot 1,6}{2 \cdot (0,008 - 0,002)} = 63,3 \text{ МПа.}$$

Розрахунки еквівалентних напруг на стороні вітру по формулі

$$\sigma_{E1} = \sqrt{\sigma_{x1}^2 + \sigma_y^2 - \sigma_{x1} \cdot \sigma_y}, \quad (5.72)$$

$$\sigma_{E1} = \sqrt{4,55^2 + 63,3^2 - 4,55 \cdot 63,3} = 61,15 \text{ МПа.}$$

Розрахунки еквівалентних напруг на стороні вітру по формулі

$$\sigma_{E2} = \sqrt{\sigma_{x2}^2 + \sigma_y^2 - \sigma_{x2} \cdot \sigma_y}, \quad (5.73)$$

$$\sigma_{E2} = \sqrt{48,61^2 + 63,3^2 - 48,61 \cdot 63,3} = 97,2 \text{ МПа.}$$

Перевірка умов міцності по умовах

- на навітряній стороні

$$\max\{\sigma_{x1}; \sigma_{E1}\} \leq [\sigma]_o \cdot \phi_T, \quad (5.103)$$

$$61,15 \text{ МПа} < 133 \text{ МПа.}$$

- на підвітряній стороні

$$\max\{\sigma_{x2}; \sigma_{E2}\} \leq [\sigma]_K \cdot \phi_T, \quad (5.74)$$

$$97,2 \text{ МПа} < 133 \text{ МПа.}$$

Умова міцності виконана.

5.6.1.2 Розрахунок обичайки за умови монтажу

Розрахунок поздовжні напруги на стороні вітру по формулі

$$\sigma_{x1} = \frac{p \cdot (D + s)}{4 \cdot (s - c)} - \frac{F}{\pi \cdot D \cdot (s - c)} + \frac{4 \cdot M}{\pi \cdot D^2 \cdot (s - c)}, \quad (5.75)$$

де F – осьовий стиск при монтажі, F=0,514 МН;

При умовах монтажу p=0 МПа.

$$\begin{aligned} \sigma_{x1} &= \frac{0 \cdot (1,6 + 0,008)}{4 \cdot (0,008 - 0,002)} - \frac{0,514}{3,14 \cdot 1,6 \cdot (0,008 - 0,002)} + \frac{4 \cdot 0,129}{3,14 \cdot 1,6^2 \cdot (0,008 - 0,002)} = \\ &= -6,35 \text{ МПа.} \end{aligned}$$

Розрахунок поздовжні напруги на стороні вітру за формулою

$$\sigma_{x2} = \frac{p \cdot (D + s)}{4 \cdot (s - c)} - \frac{F}{\pi \cdot D \cdot (s - c)} - \frac{4 \cdot M}{\pi \cdot D^2 \cdot (s - c)}, \quad (5.76)$$

$$\begin{aligned} \sigma_{x2} &= \frac{0 \cdot (1,6 + 0,008)}{4 \cdot (0,008 - 0,002)} - \frac{0,514}{3,14 \cdot 1,6 \cdot (0,008 - 0,002)} - \frac{4 \cdot 0,129}{3,14 \cdot 1,6^2 \cdot (0,008 - 0,002)} = \\ &= -27,8 \text{ МПа.} \end{aligned}$$

Розрахунок кільцевих напруг розрахуємо за формулою

$$\sigma_y = \frac{p \cdot D}{2 \cdot (s - c)}, \quad (5.77)$$

$$\sigma_y = \frac{0 \cdot 1,6}{2 \cdot (0,008 - 0,002)} = 0 \text{ МПа}$$

Розрахунок еквівалентних напруг на стороні вітру за формулою

$$\sigma_{E1} = \sqrt{\sigma_{x1}^2 + \sigma_y^2 - \sigma_{x1} \cdot \sigma_y}, \quad (5.78)$$

$$\sigma_{E1} = \sqrt{(-6,35)^2 + 0^2 - (-6,35) \cdot 0} = 6,35 \text{ МПа.}$$

Розраховуємо еквівалентні напруги на підвітряній стороні за формулою

$$\sigma_{E2} = \sqrt{\sigma_{x2}^2 + \sigma_y^2 - \sigma_{x2} \cdot \sigma_y}, \quad (5.79)$$

$$\sigma_{E2} = \sqrt{27,8^2 + 0^2 - 27,8 \cdot 0} = 27,8 \text{ МПа.}$$

Перевірка умов міцності по наступних умовах

- на навітряній стороні

$$\max\{|\sigma_{x1}|; \sigma_{E1}\} \leq [\sigma]_K \cdot \phi_T, \quad (5.80)$$

$$6,35 \text{ МПа} < 133 \text{ МПа.}$$

- на підвітряній стороні

$$\max\{|\sigma_{x2}|; \sigma_{E2}\} \leq [\sigma]_K \cdot \phi_T, \quad (5.81)$$

$$27,8 \text{ МПа} < 133 \text{ МПа.}$$

Умови міцності виконана.

5.6.1.3 Перевірка міцності зварного шва, що з'єднує корпус апарата з обичайною опорою.

Перевірку міцності зробимо за формулою

$$\frac{1}{\pi \cdot D_0 \cdot a} \cdot \left(\frac{4 \cdot M}{D_0} + F \right) \leq 0,8 \cdot \min\{[\sigma]_0, [\sigma]_k\}, \quad (5.82)$$

де a - катет зварного шва, $a=2$ мм;

$[\sigma]_0$ – допустима напруга, для матеріалу опори, $[\sigma]_0=133$ МПа.

$$\frac{1}{3,14 \cdot 1,6 \cdot 0,02} \cdot \left(\frac{4 \cdot 0,129}{1,6} + 0,81 \right) \leq 0,8 \cdot 133,$$

$$11,27 \leq 106,4.$$

Умова виконана.

5.6.1.4 Перевірка стійкості опорної обичайки

Перевірку стійкості в перетин Z-Z проведемо за формулою

$$\frac{F}{\varphi_1 \cdot [F]} + \frac{M + F \cdot \varphi_3}{\varphi_2 \cdot [M]} \leq 1,0, \quad (5.83)$$

де $[F]$ - зусилля осі, що допускається, визначаємо за ГОСТ 14249-89

$$[F]=3,109 \text{ МПа};$$

$[M]$ - допустимий згинаючий момент, визначаємо за ГОСТ 14249-89

$$[M]=0,867 \text{ МН}\cdot\text{м};$$

$\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ – коефіцієнти, $\varphi_1=0,99, \varphi_2=0,96, \varphi_3=0$.

$$\frac{0,81}{0,99 \cdot 3,109} + \frac{0,129 + 0,81 \cdot 0}{0,96 \cdot 0,867} \leq 1,0,42 < 1 \text{ Умова виконана}$$

5.6.2 Розрахунки елементів опорного вузла

Розрахунок товщину нижнього опорного кільця s розрахуємо за формулою

$$s_1 \geq \max \left\{ \chi_1 \cdot b_2 \cdot \sqrt{\frac{\frac{4 \cdot M}{D_6} + F}{D_6 \cdot b_1 \cdot [\sigma]_A}} + c; 1,5 \cdot s_0 \right\}, \quad (5.84)$$

де χ_1 – коефіцієнт, за графіком [4], $\chi_1=0,85$;

b_2 – відстань від обичайки до зовнішнього краю нижнього кільця,
 $b_2=132 \text{ мм}$;

$[\sigma]_A$ –напружина, що допускається, для матеріалу опори, $[\sigma]_A=142 \text{ МПа}$;

b_1 – ширина нижнього опорного кільця, $b_1=190 \text{ мм}$;

D_6 – діаметр окружності анкерних болтів, $D_6=1700 \text{ мм}$;

s_0 – виконавча товщина обичайки опори, $s_0=8 \text{ мм}$.

$$s_1 \geq \max \left\{ 0,85 \cdot 132 \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot 0,206}{1700} + 0,81} + 2; 1,5 \cdot 8 \right\},$$

$$s_1 \geq \max\{2,01; 12\}.$$

Приймаємо $s_1 = 20$ мм.

6 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ КОЛОНИ

6.1 Виготовлення обичайки

Обичайки циліндричних елементів виготовляють безшовними з поковок або зварними з листів. Штампування і вальцювання обичайок допускається проводити на відповідних машинах або пресах. Виготовлення обичайок вручну, а також місцевий нагрів і правка молотом не допускається.

Обичайки діаметром більш 600мм допускається виготовляти з листів максимально можливої довжини. При цьому допускається вставка вширшки не менше 400мм.

Обичайки посудин, які працюють під тиском, можуть бути виготовлені вальцюванням карт, зварених в плоскому тому, що складається з кількох листів. Зварні шви в обичайках, які зварені з карт, повинні бути розташовані паралельно створюючої, ширина листів між швами - не менше 800мм, а ширина замикаючої вставки - не менше 400мм. Для апаратів і посудин і, що виготовляються з карт, допускаються зварні шви, що перехрещуються, за умови роботи цих посудин або апаратів під тиском до 1.6 МПа і при температурі до 4000 °С; при виконанні цих швів електрошлаковою або автоматичною зваркою; при контролі місць перетину швів шляхом просвічування або ультразвукової дефектоскопії.

Вальцювання обичайок з листа супроводжує пластична деформація. При вальцюванні в холодному поляганні пластична деформація приводить к залишкової напруги і наклепу. В цілях обмеження залишкової напруги в металі після холодної гнучки при відношенні товщина стінки обичайок до внутрішнього радіусу, рівному 5% або перевищуючому цю величину, слід піддати термічній обробці готові обичайки, або виготовити їх гарячим способом (нагрів листа до температури близько 1000⁰С; закінчення гнучкі не нижче 700⁰С). Мінімально допустимий внутрішній діаметр обичайки при виготовленні її без нагріву рівний сорокократній товщині листа. Це

співвідношення слід враховувати також при виправці вм'ятин під час ремонтів.

Гибку обичайок з листів проводять на тривалкових або чотиривалкових листогибочних вальцях, і на гибочних пресах. Листогибочні машини застосовуються для вальцювання обичайок з листа завдовжки до 50 мм. В цих машинах гнучка листа здійснюється вальцями, які обертаються. В трихвалкових машинах гибочним є середній вал, а в чотирьохвалкових - бічні вальці. Лист, який підлягає вальцюванню, вводять у вальці і згинають його переміщенням вниз середнього валу (трьохвалкова машина) або підйомом вгору бічних валів (чотирьохвалкова машина). Гибку проводять по декілька пропусків. Після кожного пропуску кривизну листа збільшують до отримання замкнутої циліндрової обичайки. Вальцювання напівобичайок (корит) проводиться до отримання розчину їх кромки, заданому радіусу, а кривизни - заданої.

Тривалкові машини не дозволяють зігнути кромки листа при вальцюванні. На довжині, меншої половини відстані між бічними вальцями, кромки залишаються плоскими. Для отримання правильної циліндрової форми обичайок кромки заздалегідь підгинають. Операцію подгибки кромки виконують на гидравличному пресі. Можливо підігнути кромки на трьохвалковій листогибочній машині вдавленням кінця листа в загинальну матрицю. При вальцюванні обичайок на чотирьохвалковій машині додаткове устаткування для подгибки кромки не потрібно.

Трьохвалкові та чотирьохвалкові листогибні машини дозволяють одержувати, окрім циліндрових і конічні деталі. Це досягається похилою установкою верхнього валу в трьохвалковій машині і бічних валів в чотиривалковій. Кут нахилу валів в обох машинах повинен бути не більше 10-12°.

Кільцеві і дугоподібні деталі із звичних сортових профілів (кути, швелери, смуги) одержують гнучку на роликових сортогибочних машинах,

які аналогічні за принципом дії і пристроєм листогибним машинам. Деформація металу в цих машинах проходить в горизонтальній площині.

До дефектів вальцювання відносяться: перекис кромки, вигини на радіусі, менші заданого, конусності, овальності, бочкоподібності. Для попередження перекосів кромки листа при вальцюванні треба стежити, щоб кромки строго паралелі подовжній осі вальцов. Вальцювання обичайок невеличкими ділянками по 10-12 мм в декілька заходів з послідовним опусканням верхнього валу (в трьохвалкових машинах) при зміні кривизни гнучкі шаблоном дозволить уникнути вигину на менший радіус і овальності. Горизонтальне положення верхнього валу (в трьохвалкових машинах) і бічних валів (в чотирьохвалкових машинах) дозволяє попередити конусність обичайок і забезпечити циліндричність.

Овальність обичайок не повинна перевищувати 1%, а для барабанів діаметром 2000 мм не повинна бути більш 20мм.

Незграбність визначається шаблоном завдовжки (по дузі) $1/6$ номінального діаметру обичайки. При овальності обичайок в процесі виготовлення від 1 до 3% допускається холодне калібрування за допомогою вальців або пресу, якому повинне передувати виправлення видимих дефектів швів, з подальшою високою відпусткою.

Перекис осей стикуємих обичайок не повинен перевищувати 2 мм на кожний метр обичайки.

Відхилення довжини обичайки (або циліндрової частини барабана) і прогинання (включаючи перекис осей стикуємих обичайок) від номінальних розмірів не повинні перевищувати значень, регламентованого ОСТУ 24.030.39-74.

Відхилення по довжині розгортки кола обичайок корпусів судин і апаратів не повинні бути більше 3 мм. Неперпендикулярність торця обичайки і її створюючої не повинна перевищувати 3мм при діаметрі понад 3 м.

Зібрані і зварені корпуси судин і апаратів відповідно до ОСТУ 26-291-71 повинні задовольняти вимогам:

- відхилення по довжині не повинне перевищувати 0.3% від номінальної довжини корпусу, але не більш 75мм;

- непрямолінійність не повинна виходити за межі 20мм при довжині виробу до 10м.

6.2 Виготовлення днища [6]

Днища при товщині до 30 мм виготовляються штампуванням заготовки, звареної з двох і більш листів. Зварні шви розташовуються по хорді на відстані від центру не більше 0.2 діаметрів днища. В окремих випадках застосовуються днища, виготовлені із відштампованих пелюсток і сферичного диска, з розташуванням зварних швів тільки по меридіональному і круговому перетинам. Кругові шви (за винятком випадку кульової форми) розташовуються на деякій відстані від центру, не більше 0.25 діаметрів днища. Мінімальну відстань між меридіональними швами приймають рівним п'ятикратній товщині днища або великим. У будь-якому випадку вказану відстань не приймають менше 100 мм. Днища з штампованих елементів зварюють швами стиковими з двостороннім проваром. Число пелюсток для днищ встановлюють кресленням.

Днище судин штампується в гарячому поляганні з одного нагріву. Температурний інтервал штампування становить 850-950 0С. Штампування здійснюється за допомогою протяжки. Штамп складається з циліндрового пуансона з еліпсоїдною або з сферичною поверхнею торця, яка виконана за формою днища. Матриця є протяжним кільцем, встановленим на столі преса на підставних стійках. При штампуванні пуансон, який рухається вниз, протягує нагріту заготовку через матрицю. Заготовка облягає пуансон і, остигаючи, затискає його. Відштамповане днище знімається з пуансона при зворотному ходу з допомоги зриваючі. Днище падає на підкладну плиту, яка встановлена на столі преса, і разом з нею витягується з робочого простору. При однаковому технологічному процесі є декілька способів виготовлення днищ штампуванням. Ці засоби в основному відрізняються вживаним устаткуванням і оснащенням.

Відхилення форми днища перевіряються шаблонами по внутрішній поверхні; воно не повинне перевищувати значень, встановленого ОСТУ 24.030.39-74.

Стоншування в днищах, які виготовлені штампуванням і фланжированням, і потовщення борту допускається в межах 15% від початкової товщини заготовки.

У кульових днищах відхилення діаметру визначається виходячи з умов зсуву кромки, що допускається, при збірці днища з корпусом. Овальність днища є допустимою до 1%, але не більш 20мм для днищ діаметром зверху 2000 мм. Сумісне відведення кромки (незграбність) допускається в межах від 0.1S до 3мм, але не більш 5мм (S - товщина стінки). Незграбність вимірюється шаблоном завдовжки по дузі, рівній $1/3$ радіусу днища. Форму готового днища контролюється шаблоном завдовжки не менше $1/3$ радіусу. Допустимий зазор, , а між шаблоном і сферичною поверхнею для днищ діаметром до 5000 мм - 5мм.

6.3 Виготовлення тарілок

Полотна ситчатих тарілок виготовляють з просічення-витяжних листів, що виготовляють по наступному технологічному процесу. Після правки на листоправильній машині з точністю 1.5мм на 1м довжини подають на просічення-витяжний прес, на якому проводять просічення отворів. Після просічення зсув осі осередку по довжині листа повинен бути більше 5 мм на довжині 2000мм і неплоскість листа - не більш 7мм на довжині 1000м.

Секції тарілок бувають двох типів: з прямокутними і криволінійними профілями. Просічення-витяжний лист обрізується в розмір з чотирьох сторін так, щоб лінія реза співпадала з лінією просічення листа. В пристосуванні до дискових ножиць заготовка обрізується по радіусу, після чого на неї йде накладка шаблонів і в штампі на пресі пробивається необхідна кількість отворів.

6.4 Технологія збирання колони [2]

Технологічний процес збірки і зварки колонної апаратури складається з наступних технологічних операцій:

збірка і зварка секцій корпусу;

збірка корпусу колони;

розмітка корпусу;

установка деталей і складальних одиниць тарілок і інших елементів внутрішньої начинки, приварюваних до корпусу;

збірка нижнього днища і корпусу вертикальної опори;

контроль положення приварюваних внутрішніх деталей колони і їх зварки з корпусом;

установка і приварювання штуцерів, люків і муфт до корпусу колони;

установка знімних деталей і складальних одиниць внутрішніх елементів колони.

Збірка і зварка частин корпусу колони, випробування, обробка і підготовка колони до відвантаження.

Збірка і зварка секцій корпусу колони. При розбитті корпусу колони на секції враховують: секції по довжині повинні бути транспортабельні по залізницях; вага секції колони без встановлених знімних деталей не повинна перевищувати вантажопідйомні можливості заводу - виготівника і підприємства - замовника.

Обичайки, які поступають на збірку, повинні бути виготовлені відповідно до технічних вимог і, мати механічно оброблені і оброблені під зварку, згідно кресленню, кромки.

Збірка секцій проводиться послідовним нарощуванням обичайок згідно карті розкрою корпусу на стенді збірки кільцевих стиків.

Після встановки секцій на стенд з усунення овальності проводиться калібруванням корпусу роз'ємними і нероз'ємними калібрувальними кільцями. Овальність в місці калібрування корпусу не повинна перевищувати 20мм.

Після операцій підготовки проводять збірка монтажних стиків секцій. Кромки секцій вирівнюють за допомогою струбцин або клинів, а збірка здійснюється на технологічних планках, які встановлюють через 400-500мм. Зібраний корпус колони повинен відповідати вимогам: зсув кромок в кільцевих стиках секцій - не більш 3мм; овальність корпусу не більш 20мм; непрямолінійність корпусу не більш 30мм.

Розмітка є основою технологічною операцією, що впливає на точність установки внутрішніх пристроїв апарату, його люків, штуцерів і інших деталей і складальних одиниць. Є способи розмітки корпусів: з допомогою лінійних вимірювальних інструментів і схилю; оптична розмітка із застосуванням лазерного візиря.

Розмітка корпусу під установку люків, штуцерів і інших складальних одиниць і деталей корпусу колони проводиться шляхом нанесення розмірів від головних осей корпусу відповідно до креслення і карти розкрою. Зовнішня розмітка корпусу повинна бути строго злагоджена з його внутрішньою розміткою.

Установка зовнішньої арматури. Після розмітки корпусу роблять вирізку отворів для встановки люків, штуцерів і інших елементів арматури колони. Вирізку отворів під люки і штуцери, які розташовані поблизу від стиків днищ з корпусом і від монтажних стиків, проводять після того, як прив'яють днища до корпусів і зварки монтажного стику. Після збірки арматури зварюються внутрішні шви з'єднанням арматури з корпусом колони.

Установка опорних елементів тарілок. Спочатку вмонтовують двотаврову балку з талью. Далі проводять операції: подають в корпус сегменти з косинцями і розміщують їх згідно розмітки; встановлюють косинки під сегменти по розмітці і прихоплюють їх зваркою до корпусу і сегменту; встановлюють по розмітці перегородки в зборі з косинцями. Далі корпус провертають на 1800 і операції повторюються.

Збірка корпусу з днищами і опорою.

Перед тим, як установлять днища в корпусі колони повинно встановити знімні деталі, включаючи полотна тарілок в зборі, не встановлюють деталі тарілок, які можуть заважати збірці і зварці днищ з корпусом і монтажних стиків. Верхнє і нижнє днища поступають на збірку зібрані, зварені та оброблені згідно кресленню. Обов'язково робити кернення рисок головних осей в місцях стиковки днищ.

Після установки і приварювання днищ з корпусу колони віддаляють калібрувальні і бандажні кільця. Подкладні обичайки зберігаються звичайно для забезпечення збірки і зварки стиків на монтажі і віддаляють тільки перед завершальними гидровипробуваннями.

7 РЕМОНТ І МОНТАЖ КОЛОНИ [10]

Колонний апарат - вертикально розташований апарат, у якого висота більше його поперечного розміру.

Колонний апарат встановлюють на відкритій площадці. Корпус, з формою циліндра, виготовляється зварним з вуглецевих та легірованих сталей.

До внутрішніх пристроїв відпарної колони належать відбійник, сітчасті тарілки й т.д. Якість роботи колонної апаратури залежить від точності монтажу як корпусу, так і внутрішніх пристроїв. Неправильний монтаж колони приводить до помітного порушення стійкості апарату, перевищенню в порівнянні з розрахунковими навантажень на фундаменти, фундаментні болти і корпус апарату.

Колонний апарат поставляється на монтажну площадку в максимально готовому вигляді. Якщо перевезення повністю зібраного апарату не можливо, він поставляється великими блоками або окремими деталями. У всіх випадках завод-виготовлювач до відправлення на монтажну ділянку повинен зробити контрольну зборку апарата, нанести складальні осі й контрольні ризики.

Залежно від вантажопідйомності наявних піднімальних пристосувань на монтажній площадці роблять зборку апарата з деталей і блоків або укрупнення блоків. Якщо апарат можна підняти на фундамент повністю в зібраному вигляді, то після зборки в горизонтальному положенні до нього приварюють всі обслуговуючі металоконструкції (площадки, сходи, іноді сходові клітки), встановлюють запорні арматури й трубопровідну обв'язку й наносять теплоізоляцію. Для виконання перерахованих робіт колону піднімають і укладають на опори (козла), виготовлені із профільної сталі або труб. Трубопровідна обв'язка й металоконструкції, які піднімають разом з апаратом, повинні бути з'єднані з ним. Якщо така міцність не забезпечена,

при монтажі передбачають тимчасові хомути, пояси, кронштейни, які після установки апарата в проектне положення знімаються.

Апарат піднімають на фундамент після того, як обпресують й спускають з нього обпресувальну рідину.

Окремі складові частини великогабаритного колонного апарата доставляють на складальну площадку, і розташують якнайближче до місця, де повинен бути встановлено зібраний апарат. Складальна площадка оснащується стендами, кантователями, зварювальними автоматами, підйомно-транспортними механізмами. Тут збирають апарат з готових блоків або зборку великих блоків з вузлів або деталей.[1]

Колонні апарати збирають у горизонтальному положенні. Для цього окремі блоки (частини циліндра) укладаються на складальні стенди з обертовими ковзанками або на шпали з обмежувальними куточками. Число опор під кожною частиною, вибирають залежно від ваги й перетину апарата. Частини апарата, що стикуються, підтягують одну до одної трубоукладачами або тракторами. Для збігу стиків по всьому периметру до крайок однієї з частин, що стикуються, приварюють вісім і більше напрямних планок, які після прихватки стику короткими зварними швами зрізають газокисневим різанням. Подібні напрямні планки використовують і при встановці одного блоку на іншій у вертикальному положенні (при монтажі блоками). Стикування роблять по заводських контрольних ризиках або кернам на корпусах, які сполучають, а також по маркуванню на деталях. Відхилення розмірів ділянок, стикуючих, повинні бути в межах припустимих норм, зсув крайок у кільцевих швах повинен бути не більше 10% від товщини листа апарату, а у випадку двошарової сталі воно не повинне перевищувати товщину шару, що плакує. Кривизна апарата на ділянці довжиною 1 метр повинна бути в межах 2 мм. Припасування стиків, наприклад місцевим підтягуванням, роздачею, надсадкою, роблять за допомогою інструментів і пристосувань, застосовуваних на машинобудівних заводах. Те ж саме ставиться до технології зварювання стиків і деталей, а

також до зборки великих блоків і обичайок з окремих звальцованих листів. Також контролюються зазори у стиках, що, зварюються, які незалежно від товщини аркушів обичайок повинні перебувати в межах 2-4 мм. Перед остаточним зварюванням зібрані на прихватних стиках апарати здаються по акту замовникові.

Вимоги до монтажу тарілок - забезпечення їхнього просторового положення й дотримання гідравлічних затворів між елементами в заданих межах.

Горизонтального положення тарілок у встановленому на фундаменті корпусі апарата; з достатньою точністю отримують за допомогою рівня або заливаючи на поверхню тарілки воду.

Зборку тарілок починають із приварки до внутрішньої стінки корпуса колони опорних (несучих) елементів і нероз'ємних деталей (кишень, зливів, дисків, глухих сегментів, напівжолобів). Зварювання роблять у належній відповідності з технічними умовами, з огляду на те, що при роботі колони важко визначити дефекти зварювання.

Розбірні деталі тарілок, які внесені усередину колони через люк або вільний торець корпуса (при зборці блоками), збирають у послідовності.. Увагу приділяють взаємному сполученню й сполученню з нерухомими деталями: потрібні витримані розміри, які координують взаємне розташування тарілок; між поверхнями сполучення розміщують прокладку з потрібного матеріалу (найчастіше азбестову); гайки затягують і вживають заходів проти їхнього самовідгвинчування.

Порядок монтажу тарілок - знизу нагору; це забезпечує великий простір працюючої усередині колони робітником, дозволяє скоротити кількість тимчасового риштування й робити перевірку тарілок на барботаж при послідовному кріпленні люків також на. При даній конструкції колони і її незмінних технологічних параметрах роботи ефективність массообмена на тарілці залежить від точності регулювання її елементів, що виробляється в процесі зборки. Потрібно знати вплив кожного конструктивного елемента

тарілки на її роботу, щоб відповідно до заданого технологічного режиму визначити настановні розміри цього елемента, наприклад висоту зливальної перегородки (зливальної труби) над тарілкою або висоту розташування ковпачків.

При регулюванні деталей тарілок враховується градієнт рівня рідини на тарілці, значення якого тим вище, чим більше кількість флегми поступає на тарілку, і чим більше шлях, який проходить флегма по тарілці. Для цього після барботажа висоту розташування ковпачків змінюють, зменшуючи її убік зливу.

Технологія барботажу тарілок полягає в наступному. Тарілку заливають водою, щоб надлишкова кількість води зливалася через зливальні пристрої. Злив по всьому периметру повиненно бути однаковим, тому потрібно його регулювання. Товщина шару води на всіх ділянках тарілки повинна бути також однаковою. Після заповнення гідрозатворів у зливальних кишнях під тарілку, що перевіряється, компресором нагнітається повітря. Домагаються однакового ступеня барботажу пухирців повітря через шар води по всій поверхні тарілки.

Ковпачки регулюють по висоті так, щоб верхній край їхніх прорізів залежно від режиму роботи був занурений у рідину на глибину 20-50 мм. Паралельно з установкою ковпачків, проводять відповідне регулювання по висоті зливальних пристроїв.

Жолоб виступає над рівнем рідини на тарілці на 10-25 мм. Щоб створити надійний гідравлічний затвор в зливальних пристроях зливальні перегородки або трубки занурюють у рідину в кишені лежачої нижче тарілки. на глибину не менш 30 мм.

Технологія підйому апарата є складовою частиною проекту проведення монтажних робіт. Передбачається схема підйому: де указуються місця встановки щогл або кранів, їхнього положення на різних етапах підйому, розташування розчалювань, лебідок, відвідних тросів, поліспастів і т.д.. У

цьому проєкті не надаються технічні характеристики всіх піднімальних засобів і докладна схема підйому.

Зусилля, елементами такелажного оснащення при підйомі апарату, змінюються в широкому діапазоні. Розрахунок елементів роблять на максимальне зусилля.

Ступінь складності установки колонних апаратів у проєктне положення визначається габаритними розмірами (висотою й діаметром), вагою, і висотою фундаменту (постаменту).

Підйом апаратів кранами або за допомогою щогл. Застосовують два основних способи підйому: ковзання й поворот навколо шарніра.

Підйом щоглами способом ковзання. Колонний апарат піднімають двома щоглами, що дозволяє легко встановлювати апарати на фундамент.

Перед підйомом апарат розташовують до фундаменту. Щогли встановлюють по обох сторони від фундаменту вертикально або злегка похило. Необхідність у нахилі щогл визначається довжиною апарата, що піднімає, його розташуванням стосовно фундаменту, розташуванням і висотою щогл, прийнятою схемою стропування.

До опорної частини апарата прикріплюють один або два відтяжних троси, вільні кінці яких намотуються на барабани лебідок. Регулюючи відтяжні троси, підтримують необхідну траєкторію руху колони при підйомі (або спуску), запобігаючи її розгойдуванню й обертання. Якщо схема стропування не забезпечує вертикального положення апарата, є, за допомогою відтяжних тросів апарату перед установкою на фундамент надають необхідне положення.

Для визначення ділянки стропування попередньо знаходять положення центра ваги апарата за формулою:

$$X = \frac{\sum x_l G_l}{\sum G_l},$$

де X - відстань від опорної площини до центра ваги, обмірювана по осі апарату, м;

x_i - відстань від опорної площини до центра ваги окремих елементів, обмірювана по осі апарата, м;

G_i - вага окремих елементів апарата, тс.[3]

Зусилля на елементи такелажних засобів визначають графічно. Будують графіки зміни зусиль при підйомі, визначаючи їхні максимальні значення, відповідно до яких підбирають такелажне оснащення. Значення зусиль знаходять й аналітично: виходячи з умов рівноваги, становлять рівняння, яке описує залежність шуканого зусилля від параметрів підйому. При розрахунках, які в даному проекті не виконуються, варто враховувати вплив сили тертя, що виникає при ковзанні опори об землю. Для зменшення сили тертя, а також для запобігання самої опори від деформацій, під неї звичайно підкладають полозки або листи.

Є підйом способом повороту навколо шарніра. У цьому випадку колонні апарати можна піднімати й установлювати у вертикальному положенні на фундамент по схемах. Знайшли застосування схеми:

- за допомогою однієї або двох нерухомих вертикальних щогл, які розташовувані по іншу від лежачого апарата сторону фундаменту; за допомогою щогл, встановлюваних між фундаментом і верхнім днищем лежачого апарата (апарат піднімають щоглами в таке положення, щоб його вертикальна вісь становила з лінією обрію кут, рівний від 40 до 70°), і додаткового тягового поліспада, що надає апарату вертикальне положення;
- за допомогою хитної щогли, що спочатку нахиляється убік лежачого апарата, а потім убік фундаменту.

Вибір схеми підйому має залежність від ваги й розмірів апарату, який треба підняти, характеристики піднімальних щогл а також можливості їхньої дислокації. Загальним є те, що опорна частина апарата встановлюється на поворотний шарнір, надійно прикріплений до фундаменту.

Розміри шарніра і його розташування на фундаменті й опорній частині апарата вибирають так, щоб після встановки апарату у вертикальне положення вся його опорна поверхня лежала на фундаменті, а осі отворів на опорному кільці збігалися з осями шахт для фундаментних болтів. Для часткового вирівнювання апарату використовують домкрати.

Підйом способом повороту навколо шарніра на заключній стадії повинен супроводжуватися гальмовим відтягненням, що забезпечує плавне опускання опорної частини апарату на фундамент у результаті повільного гальмування, здійснюваного за допомогою поліспасти й лебідки.

Максимальні зусилля в елементах такелажного оснащення виникають у початковий період підйому, тому при можливості доцільно верхню частину високих апаратів попередньо піднімати кранами або невисокими щоглами, як встановлени в місця тимчасового стропування. Після цього в роботу вводять основні вантажні поліспасти робочих щогл, а тимчасові стропи знімають.

Розрахункова схема підйому колонних апаратів аналогічна схемі підйому щогл способом повороту навколо шарніра. Визначення зусиль необхідно не тільки для розрахунку такелажних засобів, але й для перевірки міцності апарата, що піднімає, під дією стискаючих навантажень, а також для встановлення міцних розмірів поворотної опори.

7.2 Вивірка й кріплення апарата до фундаменту. [4]

Колонні апарати вивіряють на фундаменті ретельно, тому що навіть незначні їхні відхилення від строго вертикального положення можуть привести до втрати стійкості й порушенню нормальної роботи внутрішніх пристроїв (особливо ректифікаційних тарілок). Так, для тарілчастих ректифікаційних колон максимально припустиме відхилення утворюючої від вертикалі дорівнює 0,1% висоти апарата, але не більше 15 мм; для апаратів, що не мають внутрішніх пристроїв, і для насадочних колон воно становить 0,3%, але не більше 35 мм. Перевірку на вертикальність виробляють за допомогою теодолітів, які встановлюють у двох взаємно перпендикулярних

площинах, що проходять через вісь вивіряемого апарату. Щоб уникнути помилок, роблять перевірку, коли виключена можливість однобічного нагрівання стінок корпусу апарату сонячними променями.

Перевірка висоти розташування опорної площини апарата виробляється нівеліром від нанесеної на фундаменті нівелірної оцінки.

Апарату надають потрібне положення, підкладаючи під його опорну поверхню сталеві підкладки, після чого прикріплюють до фундаменту фундаментними болтами. Зазори між фундаментом і опорною поверхнею апарата заповнюють цементним розчином.

7.3 Ремонт корпусу апарата

Даний колонний апарат працює при високій температурі й під тиском. Колона піддається корозійному й ерозійному руйнуванню. Що підвищує вимоги до корпусів колонних апаратів як до досить відповідальних конструкцій.

При кожному ремонті вимірюють фактичну товщину стінки корпусу експлуатованого колонного апарату. [2]

Для товстостінних апаратів значення c визначають за формулою:

$$c = s_1 - R_{\text{в}} \left(\sqrt{\frac{\varphi [\sigma] + P}{\varphi [\sigma] - P}} - 1 \right),$$

де

s_1 - товщина стінки корпусу за результатами вимірів, см;

$R_{\text{в}}$ - внутрішній радіус циліндра, см;

P - внутрішній або зовнішній надлишковий тиск, кгс/см²;

$[\sigma]$ - допустиме напруження матеріалу корпусу при температурі експлуатації колони, кгс/см²;

φ - коефіцієнт міцності зварного шва;

c - виправлення на корозійний і ерозійний ізнос, см.

Надійність апарата оцінюють по залишившійся в порівнянні з розрахунковою величин

$$c = s_1 - \frac{PD_{\text{ср}}}{2 [\sigma] \varphi}$$

Величина c повинна бути такою, щоб до чергового ремонту корпусу дотримувалася умова: $c > 0$.

При розрахунках величину напружень установлюють не вище тих значень, які зазначені в розрахунках на міцність, прикладених у паспорті заводу-виготовлювача. Днища корпусу вважають придатними до експлуатації, якщо їхня товщина не менш величини, обумовленої за формулою:

$$s = \frac{PD_{\text{ср}} y_{\text{э}}}{2 [\sigma] \varphi}$$

де $D_{\text{ср}}$ - середній діаметр днища, см;

$y_{\text{э}} = 0,5-2$ - коефіцієнт перенапруги, що залежить від відношення висоти днища до ділянки відбортовки до його внутрішнього діаметра.

7.4 Характер зношування

[5]

Корпус колонного апарата і їхніх внутрішніх пристроїв можуть зношуватися в результаті корозійного, ерозійного й термічного впливів середовища. Швидкість зношування залежить від факторів і в першу чергу - від фізико-хімічних властивостей середовища, умов ведення процесу конструктивного виконання і якості металу корпусу, застосування відповідних інгібіторів корозії.

Вартість колони висока, демонтаж і монтаж їх кропіткий, трудомісткий і тривалий процес. Зміна колонного апарата виробляється в переважній більшості випадків внаслідок зношування корпусів. При експлуатації приймаються надійні міри для запобігання корпусу від передчасного зношування. Корозійна стійкість корпусів колони повинна бути не вище семи балів при оцінці по десятибальній шкалі, а у випадку колони великого

діаметра й висоти - не вище п'яти балів, тобто швидкість корозії не повинна перевищувати 0,1 мм/рік.

Колонні апарати піддаються різній корозії.. Вона охоплює всю поверхню корпусу або окремі її ділянки. Так, у ректифікаційних колонах нафтопереробних заводів хімічної корозії піддаються в основному ділянки, що працюють в умовах підвищених температур. Електрохімічної корозії піддаються ділянки колони, на яких можливі утворення гальванічних пар і виникнення корозійного електричного струму. Така корозія спостерігається у верхній частині колони.

Ерозійне зношування корпусу колони є наслідком впливу сильних струменів рідини й парових потоків, з вмістом абразивних включень. Ділянки корпусу, піддані ерозії, захищають протекторами й спеціальними пристроями, що зменшують кінетичну енергію струменів рідини й пара (улити, маточники й т.д.).

Зношування колонного апарата небезпечний не тільки через порушення їхньої міцності; утворені продукти корозії можуть закупорити або забруднити трубопроводи невеликого перетину, теплообмінники й конденсатори.

7.5 Підготовка колонних апаратів до ремонту. [1]

Колонні апарати ремонтують при планово-попереджувальних ремонтах технологічної установки. Порядок підготовки апарата до ремонту й проведення робіт залежить від особливостей установки.

Колонний апарат готують до ремонту таким чином. Доводять тиск у колоні до атмосферного, видаляють із апарата робітниче середовище, після чого його пропарюють парою, що витісняє пари, які залишилися в колоні, і гази. Після пропарювання колону промивають водою. У деяких випадках пропарювання й промивання чергують кілька разів. Час операцій обмовляється у виробничій інструкції кожної технологічної установки. Промивання колони водою сприяє більше швидкому їхньому остиванню. Не

можна приступати до ремонтних робіт, якщо температура промивної води перевищує 50° С.

Пропарену й промиту колону від'єднують від всіх апаратів і комунікацій глухими заглушками, установлюваними у фланцевих з'єднаннях штуцерів. Установку кожної заглушки й наступне її зняття реєструють у спеціальному журналі.

7.6 Технологія ремонту.

[6]

Ремонт апарата починається з розкриття, , дотримуючи наступних правил. Спочатку відкривають верхній люк, причому перед цим в апарат протягом деякого часу подають водяну пару, щоб уникнути можливого підсмоктування повітря, у результаті якого може утворитися "вибухонебезпечна" суміш. Далі послідовно (зверху вниз) відкривають інші люки. Забороняється одночасно відкривати верхній і нижній люки. Не можна також відкривати спочатку нижній, а потім верхній люк, тому що за рахунок різниці температур відбувається сильний приплив повітря в колону, що може привести до утворення вибухонебезпечної суміші.

З метою скорочення тривалості ремонтних робіт ще при промиванні колони водою приступають до відвернення частини болтів на тих люках, які будуть розкриватися, не порушуючи при цьому герметичності.

Після відкривання люків колона якийсь час провітрюється в результаті природної конвекції повітря. Можливість ремонтних робіт у колоні встановлюють виходячи з результатів лабораторного аналізу проби повітря, взятого з неї. Доступ людей у колону можливий, якщо концентрація вуглеводнів у пробі не перевищує 300 мг/м³, а зміст сірководню - 10 мг/м³. Гранично припустимі концентрації інших речовин указуються в технологічній карті кожної установки.

При роботі усередині колони необхідно дотримувати правила техніки безпеки. Робітник повинен надягати запобіжний пояс із мотузкою, кінець якої виводиться назовні й надійно закріплюється; за роботою робітника, що

перебуває усередині колони, постійно спостерігає спеціально виділений для цієї мети робітник. Тривалість безперервної роботи в колоні повинна бути не більше 15 хв. Після цього необхідний такий же по тривалості відпочинок поза колоною (звичайно робітник і спостерігач міняються місцями).

При перших же ознаках появи усередині ремонтуємого апарату вибухонебезпечних, горючих або токсичних рідин, пар і газів усяку роботу варто негайно припинити.

До підготовки колони пред'являють особливо високі вимоги в тому випадку, якщо в ній повинні вироблятися вогневі (зварювальні) роботи. Ділянка колони, на якій виробляється зварювання, відокремлюється металевими або просоченими водою дерев'яними настилами, накритими повстиною.

Для висвітлення усередині колони застосовують лампи напругою не більше 12 В. Переносне висвітлення повинне бути вибухобезпечним.[1]

Корпус колони, а також її внутрішні пристрої піддають огляду. При необхідності для огляду всієї поверхні корпусу розбирають внутрішні пристрої або їхню частину. У колоні для доступу до тарілок, на рівні яких люки відсутні, розбирають проходи на тарілках, що лежать вище.

Виявлення дефектів корпусу, що вимагає високої кваліфікації, включає візуальний огляд для визначення загального стану корпусу й ділянок, підданих найбільшому зношуванню, вимір залишкової товщини корпусу за допомогою ультразвукових дефектоскопів шляхом мікрометрирування й контрольного просвердлювання отворів, перевірку на щільність зварених швів і рознімних з'єднань і т.д..[3]

За характером виявленого дефекту встановлюють зміст і спосіб ремонту корпусу. Нещільні зварені шви вирубують, зачищають і заварюють відповідним електродом. Досить важливо правильне перекривання нового й старого швів.

Зношені штуцера й люки вирізують і замінюють новими з обов'язковою установкою зміцнювальних кілець. Бажано, щоб зміцнювальні кільця нових

штуцерів мали трохи більший діаметр, чим старі: це дозволяє приварювати їх у новому місці. Ремонту піддають усі штуцери, сигнальні отвори на зміцнювальних кільцях яких під час експлуатації були заглушені пробками. Відремонтовані штуцера повинні мати необхідну щільність при відкритих сигнальних отворах.

Найбільш зношені ділянки корпусу колони вирізують, а на їхнє місце ставлять нову ділянку, заздалегідь звальцовану по радіусу колони. Зварювання роблять встик. Вирізання більших ділянок корпусу може привести до ослаблення перетину й порушенню стійкості. Тому до вирізання дефектної ділянки її зміцнюють стійками, що проставляють усередині або зовні. Число й перетин стійок і розміри опорних лабетів розраховують, виходячи з умови рівності їхніх опорів опору вирізаного перетину. За допомогою таких стійок можна замінити весь ушкоджений пояс колони декількома частинами. Цей спосіб дуже трудомісткий і тривалий.[1]

Проміжні обичайки легко замінюються таким чином. Встановлюють піднімальні щогли, що втримують верхню неушкоджену частину колони, відокремлюють цю частину від ушкодженої ділянки газорізкою і опускають на землю. Ушкоджену частину колони стропують і за допомогою тих же щогл опускають на землю. Заздалегідь підготовлену нову частину колони піднімають і стикують із нижньою частиною колони, потім піднімають верхню її частину. Після перевірки частин, що монтируються, заварюють два стикових шви.

Дуже часто, з огляду на трудомісткість таких замін ділянок корпусу, визнають доцільної повну заміну зношеної колони. Демонтаж зношеної колони роблять у порядку, зворотному монтажу. Після відповідних перевірок колона, що демонтується, може бути використана для установки на ній монтажних щогл точно так само, як нова колона - для демонтажу.

7.7 Ремонт внутрішніх пристроїв

При ремонті внутрішні пристрої колон очищають від бруду, коксу й інших відкладень. Тверду й тістоподібну масу вигрібають лопаточками або шкребками - чистилками, кокс видаляють за допомогою пневматичних відбійних молотків. Видалення відкладень завжди супроводжується підвищенням концентрації шкідливих газів у колоні; у цей період усередині колони рекомендується працювати в шлангових протигазах.

Ремонт внутрішніх пристроїв пов'язаний з багаторазовим підйомом нових і спуском зношених деталей; такі операції бажано механізувати. До верхньої частини корпусу колони кріплять поворотний або нерухомий кран-укосину

Кран можна прикріпити також до стійок центральних пілонів сходових клітей. Електролебідку з мотором у вибухобезпечному виконанні або пневмолебідку до крана-укосини встановлюють у підстави колони або на площадці, що обслуговує кран-укосина.

Визначення зношування й відбраковування внутрішніх пристроїв виробляються відповідно до діючих методик і нормам. Зношені деталі, а іноді й цілі вузли замінюються новими.

7.8 Випробування колонних апаратів

Нову колону, а також колону, корпус якої піддається значному ремонту, опресовують. При локальних ремонтах корпусу в малих розмірах обмежуються перевіркою на герметичність. Опресування з метою перевірки міцності й щільності апарата виробляється на пробний тиск, величина якого встановлюється залежно від робочого тиску й указуються в паспорті або технологічній карті. [4]

Найпоширенішим є гідравлічне обпресування, що полягає в наступному. У колону нагнітають воду при відкритому на самій верхній крапці апарата воздушнику. Поява води у воздушнику свідчить про заповнення колони. Закривши воздушник, у колоні повільно підвищують

тиск, поки він не досягне величини обпресувального тиску. При такому тиску апарат витримують протягом 5 хвилин, після чого тиск повільно знижують до робочого й приступають до огляду корпусу. При гідравлічному обпресуванні високих колонних апаратів варто враховувати величину гідростатичного стовпа обпресувальної води; тому перед обпресуванням по паспорту або розрахунком перевіряють допустимість гідравлічного випробування в робочому положенні. Воно може проводитися, якщо навантаження на стінку нижнього пояса апарата від суми пробного тиску й тиску стовпа рідини не перевищують 0,8 величини границі текучості металу корпусу при температурі обпресування. У тих випадках, коли ця умова не виконується або виникає небезпека перевантаження фундаменту апарата, з дозволу й у присутності інспектора Держгортехнадзору можна робити обпресування колон повітрям або інертним газом. До пневматичного обпресування прибігають також тоді, коли за умовами технологічного процесу присутність води в колоні може викликати аварію при виході її на робочий режим.

Пневматичне обпресування вимагає дотримання особливих запобіжних заходів. Зокрема, перед обпресуванням повітрям необхідно переконатися в повній відсутності в апараті вибухо- і пожежонебезпечних рідин, пар і газів. Для цього колону попередньо продувають інертним газом або водяною парою. Апарат, що перебуває під тиском повітря, обстукувати молотком не можна; зварні шви обстукують до початку обпресування. У момент підвищення тиску стояти поблизу апарата не дозволяється.

7.9 Монтаж апарата

7.9.1 Загальні вказівки

[4]

Апарат підлягає реєстрації в органах Держнадзорохоронпраці.

Апарат повинен експлуатуватися при параметрах, що не перевищують зазначених на кресленнику.

7.9.2 Вказівка що до мер безпеки

При монтажі, експлуатації й технічному обслуговуванні апарата необхідно керуватися вимогами наступних норм:

"Правила пристрою й безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском",

"Правила захисту від статичної електрики у виробництвах хімічної, нафтохімічної й нафтопереробної промисловості",

"Устаткування виробниче. Загальні вимоги безпеки",

"Кольори сигнальні й знаки безпеки",

"Пожежна безпека. Загальні вимоги",

"Вибухобезпека. Загальні вимоги",

"Пожаровибухобезпека статичної електрики. Загальні вимоги".

Крім того треба використовувати норми по техніці безпеки й промислової санітарії виробництва, на якому буде експлуатуватися даний апарат.

Перед пуском в експлуатацію на апараті повинні бути встановлені необхідні контрольно-вимірювальні прилади, запобіжні пристрої, запорні арматури.

Апарат повинен бути захищений від можливості виникнення небезпечних потенціалів статичної електрики відповідно до стандарту "Пожаровибухобезпека статичної електрики. Загальні вимоги".

Ремонт апарату і його елементів під час роботи не допускається.

7.9.3 Вимоги до монтажу [7]

Монтаж апарата робити відповідно до проекту виробництва монтажних робіт, розробленим монтажною організацією, що виконує монтаж апарата, з урахуванням конкретних умов монтажу, вимог стандартів "Устаткування технологічне. Загальні вимоги монтажно-технологічності", "Роботи вантажно-розвантажувальні. Загальні вимоги безпеки", "Будівельні норми й правила. Технологічне встаткування й технологічні трубопроводи".

Перед монтажем необхідно

1) Перевірити по пакувальних аркушах комплектність поставленого апарата і його вузлів.

2) Ознайомитися з технічною документацією, що входить у комплект поставки апарата.

3) Перевірити відповідність апарата заводської документації шляхом зовнішнього огляду без розбирання вузлів.

4) Провести расконсервацію апарата.

5) Перевірити можливість установки апарата на передбачені для нього опори.

6) Установити апарат на передбачені для нього опори.

При установці апарата на опори забезпечити його вертикальне положення.

Стропування апарата робити відповідно до схеми, зазначеної на кресленнику загального виду.

7.9.4 Підготовка до роботи і порядок роботи апарата [2]

Перед пуском апарату необхідно:

1) Зробити зовнішній і внутрішній огляд апарату.

2) Зробити зовнішній огляд трубопроводів, арматур і всіх болтових з'єднань.

3) Перевірити наявність повного комплекту кріпильних деталей і їх затягування.

4) Перевірити наявність і справність заземлення апарата.

5) Перевірити справність і надійність роботи приладів КВП.

При заповненні апарата рідиною для гідровипробувань повинне бути забезпечене повне видалення повітря з апарату через воздушники й штуцери. При зливі рідини після гідровипробування виключити можливість утворення вакууму.

Підвищення тиску при гідровипробуванні повинне відбуватися плавно, без гідравлічних ударів. Швидкість підйому й зниження тиску не повинна перевищувати 0,5 МПа у хвилину.

Випробування апарата в зимовий час варто робити відповідно до Додатка 17 "Регламент проведення в зимовий час пуску (зупинки) або випробування на герметичність посудин" до стандарту "Посудини й апарати сталеві зварні. Загальні технічні умови".

Результати гідровипробування повинні бути занесені в паспорт апарату.

Апарат повинен піддаватися випробуванню на герметичність повітрям або інертним газом під тиском, рівним робочому. Випробування проводиться технічним персоналом підприємства відповідно до виробничої інструкції, затвердженої головним інженером підприємства.

7.9.5 Порядок роботи

[5]

До експлуатації апарату повинен допускатися тільки кваліфікований обслуговуючий персонал, що здав іспит на право обслуговування даного встаткування.

Експлуатацію апарата робити відповідно до робочої інструкції по експлуатації.

Пуск апарата в роботу робити по технологічному регламенту на ведення процесу.

Під час роботи апарату повинен підтримуватися заданий технологічний режим, при цьому робочі параметри не повинні бути вище передбачених технічною характеристикою апарата.

Для захисту апарату від перевищення тиску на лінії встановлений запобіжний клапан.

Апарат повинен бути зупинений у наступних аварійних випадках:

- 1) При підвищенні тиску або температурі вище величини, зазначеної в технічній характеристиці апарата.

- 2) При несправності приладів КВП.
- 3) При виявленні в основних елементах апарату тріщин, пропусків, випучин, розриву прокладок.
- 4) При виникненні пожежі, що безпосередньо загрожує апарату.
- 5) При неповній кількості або несправності кріпильних виробів фланцевих з'єднань.

При виявленні несправності в апараті необхідно:

- 1) Перекрити подачу робочої речовини.
- 2) Видалити вміст із апарата.
- 3) Зробити продувку й промивання апарату.
- 4) Усунути несправність.

При зупинці апарата скидання тиску робити плавно.

7.9.6 Технічний огляд

[4]

Технічному огляду апарат піддається відповідно до вимог:

Розділу "Установка, реєстрація, технічний огляд посудин, дозвіл на експлуатацію", "Правил пристрою й безпечної експлуатації посудин, що працюють під тиском".

Апарат до запуску в роботу піддається зовнішньому, внутрішньому огляду й гідравлічному випробуванню пробним тиском.

Апарат, що перебуває в експлуатації, періодично піддавати технічному огляду. Періодичність проведення зовнішнього й внутрішнього огляду відповідальними особами на підприємстві не менш 1 рази в 2 роки, а за участю інспектора Держгортехнадзору не менш 1 разу в 4 роки.

Періодичність проведення гідравлічних випробувань - не менш 1 рази в 8 років.

У процесі технічного огляду апарат піддається випробуванню на герметичність повітрям або інертним газом тиском рівним робочому тиску. Випробування проводиться технічним персоналом підприємства відповідно до виробничої інструкції, затвердженою головним інженером підприємства.

При оглядах апарата з метою виявлення стану внутрішніх і зовнішніх поверхонь, особливу увагу звернути на виявлення наступних дефектів:

1) На внутрішніх і зовнішніх поверхнях апарату - тріщини, надриви, корозію стінок (особливо в місцях відбортівки й вирізів), випучіни.

2) У зварних швах - дефекти зварювання, тріщини, надриви, протравлення. При оглядах апарату особливу увагу варто звернути:

а) На місця вварки штуцерів і люків.

б) На місця перетинання зварних швів.

Виміри товщини стінки апарату робити при періодичних оглядах, але не менш 1 разу в 4 роки, а також в інших випадках (у повному обсязі або частково) при прийнятті рішень про подальшу експлуатацію апарату в крапках, відстань між якими повинна бути не більш 800 мм, при цьому обов'язковими місцями вимірів є:

1) Точки навколо люків, штуцерів входів і виходів продукту (не менш 4-х на відстані 50 мм від краю патрубка);

2) Точки в зонах перетинання зварених швів на відстані 20-30 мм від краю швів;

3) Точки в зонах концентрації напруг (місця виштамповки елементів корпусу).

Виміри товщини стінки корпусу робити неруйнуючим методом приладами, що дозволяють вимір товщини з точністю до 0,2 мм.

При проведенні вимірів товщини елементів апарату неруйнуючим методом критерієм оцінки міцності є мінімально припустима товщина стінки елементів апарата, що повинна бути не менш розрахункової величини з урахуванням збільшення на корозію на строк служби, що залишився. Результати вимірів і координати Точок повинні заноситися в паспорт апарату.

ВИСНОВКИ

У бакалаврській роботі розглянута стадія відпарювання процесного конденсату в великотонажному виробництві аміаку і розроблена колона відпарки. Визначені основні розміри колони. Розрахунками підтверджена роботоспроможність апарата.

Висвітлені питання технології виготовлення, ремонту та монтажу колони.

Розроблена колона дозволяє забезпечити багаторазове використання водяної пари та конденсату для технологічних цілей.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТОНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Попок Е. В. Моделирование промышленного реактора низкотемпературного синтеза метанола. // Фундаментальные исследования. – Химические науки. – 2012. № 3. – С. 446–451. – ISSN 1812 7339
2. Принципы математического моделирования химико-технологических систем [Текст] / В. В. Кафаров, В.Л. Перов, В.П. Мешалкин и др. – М.: Химия, 1974. - 344 с. – 3000 экз.
3. Клюев А. С. «Проектирование систем автоматизации технологических процессов». Справочное пособие - М.: Машиностроение, 1980. - с. 214.
4. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии. – Москва «Химия», 1995. – 260с.
5. Жученко А.И., Кубрак Н.А., Голинко И.М. Динамика объектов с распределенными параметрами: Учебное пособие. – К.: ЕКСМО, 2005.- 121с.
6. Жученко А. І., Кваско М.З., Кубрак Н. А. Ідентифікація динамічних характеристик. Комп'ютерні методи. К.:ВІПОЛ, 2000. – 182с., іл.
7. Общая химическая технология. Под ред. И.П. Мухленова М., «Высшая школа», 1977
8. Производство аммиака. Под ред. В.П. Семенова М.: Химия, 1985 г.
9. Л.Д. Кузнецов, Л.М. Дмитренко, П.Д. Рабина, Ю.А. Соколинский. Синтез аммиака М.: Химия, 1982 г.
10. Бабіченко А.К., Тушинський В.І., Михайлов В.С. Промислові засоби автоматизації. Ч. 1. Вимірювальні пристрої / За заг. ред. Бабіченка А.К.: Навч. посібник. - Харків: НТУ "ХПГ", 2001 р. - 470 с.
11. ГОСТ 24756-81. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Определение расчетных усилий для аппаратов колонного типа от ветровых нагрузок и сейсмических воздействий. М.: Изд-во стандартов, 1981. – 16 с.

12. ГОСТ 24757-81. Сосуды и аппараты. Аппараты колонного типа. Нормы и методы расчета на прочность. М.: Изд-во стандартов, 1981. – 19 с.
13. ГОСТ 14249-89. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. М.: Изд-во стандартов, 1989. – 79 с.
14. ГОСТ 6533-78. Днища эллиптические отбортованные стальные для сосудов, аппаратов и котлов. М.: Изд-во стандартов, 1985. – 37 с.
15. Колонные аппараты. Каталог. М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1987. – 29 с. Колонные аппараты. Каталог. М.: ЦИНТИхимнефтемаш, 1987. – 29 с.
16. ГСТУ 3-17-191-2000. Посудини та апарати сталні зварні. Загальні технічні умови. Державний комітет промислової політики України, 2000. – 302 с.
17. ГСТУ 3-17-193-2000. Опори вертикальних апаратів. Типи та основні розміри. Державний комітет промислової політики України, 2000. – 39 с.
18. ГОСТ Р 51273-99. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Определение расчетных усилий для аппаратов колонного типа от ветровых нагрузок и сейсмических воздействий. М.: Госстандарт России, 1999. – 11 с.
19. ГОСТ Р 51274-99. Сосуды и аппараты. Аппараты колонного типа. Нормы и методы расчета на прочность. М.: Госстандарт России, 1999. – 12с.
20. АТК 24.200.04-90. Альбом типовых конструкций. Опоры цилиндрические и конические вертикальных аппаратов. Типы и основные размеры. – 23 с.
21. Конструювання і розрахунок колонних апаратів : навчальний посібник / В.В. Іванченко, О.Г. Архипов, Ю.М. Штонда. – Сєвєродонецьк: вид-во СНУ ім. В. Даля, 2015. – 324 с