

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМ. В. ДАЛЯ

Факультет хімічної інженерії

Кафедра Обладнання хімічних підприємств

Спеціальність 8.05050315 «Обладнання хімічних виробництв та підприємств
будівельних матеріалів»

АБСОРБЕР У ВИРОБНИЦТВІ АЦЕТИЛЕНУ ПОТУЖНІСТЮ
39 ТИС. Т/РІК

Пояснювальна записка

2020.004.00.000 ПЗ

Завідувач кафедри

В. І. Созонтов

Керівник дипломного проекту

В. Б. Модестов

Студент

О. В. Декін

2020

РЕФЕРАТ

Абсорбер у виробництві ацетилену потужністю 39 тис. т/рік. Дипломна робота магістра. СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ім В. Даля – 106 с., 15 ілюстрацій, 7 таблиц, 26 бібл.назв.

Магістрська робота побудована у відповідності до стандарту освіти магістра та включає аналітичний огляд опублікованої літератури, інші інформаційних джерел, патентного огляду по даному напрямку досліджень, обґрунтування вибору теми дослідження і аргументацію застосування методик, які використовуються, викладання отриманих результатів, їх аналіз і висновки.

Пояснювальна записка до дипломного проекту у стислій формі розкриває тему дипломного проекту, містить аналіз сучасного стану проблеми, методів вирішення завдань роботи, обґрунтування їх оптимальності, методики та результати розрахунків і висновки з них; містить необхідні ілюстрації, ескізи, таблиці, схеми, рисунки та ін. В ній відсутні загальновідомі положення, зайвий опис, виведення складних формул тощо.

Ключові слова: АБСОРБЕР, ПІРОЛІЗ, АЦЕТИЛЕН, N-МЕТИЛПРОЛІДОН, КІЛЬЦЯ ПАЛЯ, ОХОРОНА ПРАЦІ, ЕКОЛОГІЯ

ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ	5
ВСТУП	7
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД	8
1.1 Аналіз існуючих способів одержання ацетилену	8
1.2 Теоретичні основи процесу абсорбції	15
1.3 Аналіз апаратурного оформлення	19
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	26
2.1 Обґрунтування обраного методу виробництва	26
2.2 Опис технологічної схеми	27
2.3 Параметричні розрахунки апарата	31
2.3.1 Матеріальний баланс	34
2.3.2 Тепловий баланс	35
2..3.2 Технологічний розрахунок абсорбера	40
3 КОНСТРУКЦІЯ ТА ПРИНЦИП ДІЇ АБСОРБЕРА	45
4 ВИБІР КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ	46
5 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ АПАРАТА НА МІЦНІСТЬ, ЖОРСТКІСТЬ І СТІЙКІСТЬ	47
5.1 Визначення розрахункового, робочого та пробного тисків	48
5.2 Коефіцієнт міцності зварних швів	49
5.3 Прибавки до розрахункових товщин конструктивних елементів	49
5.4 Розрахунок циліндричної обичайки корпуса	49
5.5 Визначення товщини стінки еліптичного днища	50
5.6 Визначення маси апарата	52
5.6.1 Визначення маси апарата для робочих умов з урахуванням маси внутрішніх пристроїв та робочого середовища	52
5.6.2 Визначення маси апарата для умов гідравлічних випробувань	52
5.6.3 Визначення маси апарата для умов монтажу (з урахуванням внутрішніх пристроїв)	54
5.6.4 Визначення маси апарата для умов монтажу (без урахування	

	4
внутрішніх пристроїв)	54
5.7 Визначення згинальних моментів від вітрового навантаження	54
5.7.1 Визначення періоду основного тону власних коливань	54
5.7.2 Визначення згинальних моментів в розрахункових перерізах	55
5.8 Сполучення навантажень	58
5.9 Розрахунок зведених навантажень та вибір опори	69
5.10 Розрахунок корпусу колонного апарата на міцність та стійкість	70
5.10.1 Перевірка міцності корпусу	70
5.11 Перевірка корпусу колони на стійкість	73
5.12 Розрахунок опорної обичайки	78
5.12.1 Розрахунок зварного шва, який з'єднує корпус колони з опорною обичайкою	78
6 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ АБСОРБЕРА	64
6.1 Вимоги до виготовлення	64
6.2 Різання металу і обробка кромки	64
6.3 Виготовлення корпусу апарата	85
7 РЕМОНТ І МОНТАЖ	89
7.1 Вимоги до монтажу та експлуатації	89
7.2 Підготовчі роботи перед проведенням ремонту	91
7.3 Розбирання апарата, виявлення й усунення дефектів	91
7.4 Випробування апарата на міцність і герметичність	93
8 ОХОРОНА ПРАЦІ	94
8.1 Небезпечні і шкідливі виробничі фактори на виробництві	94
8.2 Заходи запобігання шкідливих і небезпечних виробничих факторів	95
8.3 Ремонтно-монтажні роботи	100
9 ПРОМИСЛОВА ЕКОЛОГІЯ	103
9.1 Джерела викидів	103
9.2 Вплив шкідливих речовин на здоров'я людини	103
9.3 Вплив промислових викидів на ґрунт і рослини	104
ВИСНОВКИ	105
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	109

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

- D – внутрішній діаметр обичайки, мм;
 P – розрахунковий тиск в апараті, МПа;
 H_c – висота середовища в апараті, м;
 g – прискорення вільного падіння, м/с²;
 \dot{i} – швидкість корозії, мм/рік;
 τ – термін служби апарату;
 R – радіус кривизни в вершині днища по внутрішній поверхні, мм;
 φ – коефіцієнт міцності зварних швів;
 φ_p – коефіцієнт міцності подовжніх зварних швів корпусу;
 S_p – розрахункова товщина стінки, мм;
 S – товщина стінки обичайки;
 ρ – густина матеріалу обичайки, г/см^3 ;
 $\rho_{нас}$ – густина насадки, г/см^3 ;
 $\rho_{серед}$ – густина середовища, г/см^3 ;
 $V_{обич}$ – об'єм обичайки, см^3 ;
 $V_{нас}$ – об'єм насадки, см^3 ;
 $V_{опори}$ – об'єм опори, см^3 ;
 $H_{обеч}$ – висота обичайки;
 m – маса апарата, кг;
 H – висота колони, мм;
 E_k – модуль подовжньої пружності матеріалу корпусу апарата при розрахунковій температурі, МПа;
 $q_{i\ st}$ – нормативне значення статичної складової вітрового навантаження на середині i -ї ділянки колони, МПа;
 D_n – зовнішній діаметр колонного апарата, мм;
 h_i – висота i -ї ділянки колони, мм;
 x_j – відстань від центра ваги j -го обслуговуючого майданчика до поверхні землі, мм;

- M_{1z} – розрахунковий згинальний момент в основі опори в робочих умовах, Н·мм;
- F_{1z} – розрахункове осьове стискальне зусилля в основі опори в робочих умовах, Н;
- M_{2z} – розрахунковий згинальний момент в основі опори в умовах випробувань, Н·мм;
- F_{2z} – розрахункове осьове стискальне зусилля в основі опори в умовах випробувань, Н;
- M_{3z} – розрахунковий згинальний момент в основі опори в умовах монтажу, Н·мм;
- F_{4z} – мінімальне розрахункове осьове стискальне зусилля в основі опори (вага колони з опорою) в умовах монтажу, Н;
- n_y – коефіцієнт запасу стійкості;
- A_{S1} – площа кільця, мм²;
- A_{S2} – площа вирізу у перерізі для лазу, мм²;
- A_{S3} – площа зміцнюючих елементів, мм²;
- W_1 – момент опору кільця, мм³;
- W_2 – момент опору вирізу у перерізі для лазів, мм³;
- W_3 – момент опору зміцнюючих елементів, мм³;
- y_2 – відстань від осі, що проходить через центр ваги, до осі Х;
- $y_{2\max}$ – координата найбільш віддаленої від осі Х точки перерізу;
- $y_{2y\max}$ – координата найбільш віддаленої від осі Y точки перерізу;
- C – сума добавок до розрахункової товщини стінки, мм;
- C_1 – добавка для компенсації корозії і ерозії до розрахункової товщини стінки корпусу, мм.

ВСТУП

В даний час основним постачальником для органічних синтезів є невичерпні і дешевші ресурси нафти і природного газу, в порівнянні з коксохімічною промисловістю. На основі переробки простих вуглеводнів нафти і природного газу сучасна промисловість органічного синтезу здатна виробляти полімерні матеріали, азотні добрива, хімічні засоби захисту рослин, миючі засоби і інші хімікати кількісним випуском яких визначається рівень індустріалізації будь-якої промислово-розвиненої держави.

Технологія основного органічного синтезу пов'язана з переробкою п'яти основних видів органічної сировини: синтез-газу, насичених і ароматичних вуглеводнів, олефінів і ацетилену, що одержують нафти, природного й попутного газів, кам'яного вугілля. До другої світової війни основним джерелом сировини для органічного синтезу були коксохімічна промисловість і сільське господарство. У післявоєнний час провідну роль, як джерела вуглеводнів відіграють нафта й природний газ.

Ацетилен є сировиною для хімічної промисловості. Наявність у молекулі ацетилену ненасиченому зв'язку визначає високу її реакційну здатність і дозволяє використовувати ацетилен для синтезу різних речовин (полівінілхлорид, перхлорвінілова смола, синтетичний хлоропреновий каучук, хімічні волокна й плівки типу «саран» і «вінол», різні хлорорганічні розчинники, три- і перхлоретилен і ін.).

З нових способів отримання ацетилену частіше використовується окислювальний піроліз природного газу, електрокрекінг вуглеводнів і піроліз нафтових фракцій в потоці високотемпературних газів.

Не дивлячись на високий рівень технологічного обрамлення процесів виробництва ацетилену, в багатьох країнах виявляються нові пропозиції по вдосконаленню устаткування і технології, що свідчить про великий інтерес до цієї проблеми. [1]

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

1.1 Аналіз сучасних способів одержання ацетилену

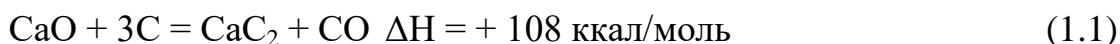
Одержання ацетилену з карбіду кальцію

Метод одержання ацетилену з карбіду кальцію має ряд технологічних переваг. Ацетилен виходить досить чистим і дуже високої концентрації, що виключає необхідність виділення його з реакційних газів і спеціального очищення. Карбід кальцію можна легко транспортувати, тому райони його виробництва можна віддалити від місць споживання ацетилену.

Виробництво ацетилену з карбіду кальцію ділиться на дві стадії:

- 1) одержання карбіду кальцію в електродугових печах;
- 2) розкладання карбіду кальцію водою з утворенням ацетилену.

Карбід кальцію виходить сплавкою обпаленого вапна і вугілля (суміші коксу та антрациту):

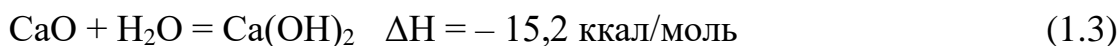


При цьому утворюється окис вуглецю, і в такий спосіб здійснюється відновлення обпаленого вапна. Обпалене вапно сплавляється з вуглецем лише на 70 – 80 %, тому в товарному продукті завжди присутній 12 – 25 % CaO, що знижує температуру плавлення карбіду кальцію (з 2300 до 1800 °C) і тим самим полегшує випуск розплаву з печі.

При дії води на карбід кальцію виділяється ацетилен і утворюється гашене вапно:



Тепло, що виділяється при розкладанні технічного карбіду кальцію, являє собою суму кількостей тепла, яке виділяється при взаємодії з водою карбіду кальцію і негашеного вапна, що міститься в технічному карбіді кальцію. Реакція вапна з водою протікає по рівнянню:



Процес утворення ацетилену часто ускладнюється через появу кірки на шматках карбїду кальцію, що виникає при контактї їх з гашеним вапном, в яке перетворюється CaC_2 при дії води. Це призводить до замулювання і перегріву реактора. Для видалення кірки застосовують перемішування. З реакційної зони необхідно постійно відводити тепло, щоб запобігти від можливої полімеризації і розкладання ацетилену [2].

Одержання ацетилену піролізом вуглеводнів

До другий світовий війни карбїд кальцію був практично єдиним джерелом одержання ацетилену для промислових цілей. Відсутність розроблених методів не дозволяла використовувати для виробництва ацетилену ресурси вуглеводнів, нафти й природного газу. Тим часом піроліз вуглеводнів для одержання олефінів (етилену і пропилену), а також термічний крекінг вуглеводнів уже давно одержали промисловий розвиток. Поступове накопичення теоретичних і практичних відомостей дозволило створити велике промислове виробництво ацетилену на основі високотемпературного піролізу вуглеводневої сировини.

Піроліз полягає в розкладанні та різних перетвореннях вихідних вуглеводнів при температурах вище $1000\text{ }^\circ\text{C}$ у адіабатичних умовах за час $0,0005 - 0,02$ сек. Протягом цього часу необхідно здійснити нагрівання сировини, саму реакцію й охолодження продуктів, що утворювалися, до $200\text{ }^\circ\text{C}$. Процес є сумою послідовних і паралельних реакцій, і аналіз його полягає головним чином у встановленні можливості протікання цих реакцій і їх відносної рушійної сили.

Дані розрахунків зміни вільної енергії дозволяють установити термодинамічну можливість протікання різних реакцій і відносну стабільність вуглеводнів у широкому інтервалі температур. На рисунку 1.1 показані температурні залежності енергії утворення вуглеводнів, з якими доводиться найбільше часто зустрічатися в процесах одержання ацетилену [14]. З рисунка видно, що відносна стабільність ацетилену, на відміну від інших наведених вуглеводнів, з підвищенням температури збільшується, вище $1400\text{ }^\circ\text{K}$ вільна

енергія утворення ацетилену менше, чим пропану або етану. Це свідчить про можливість утворення ацетилену безпосередньо із цих вуглеводнів в умовах високої температури. Наприклад, для одержання ацетилену з метану необхідна температура не менш 1500 °К.

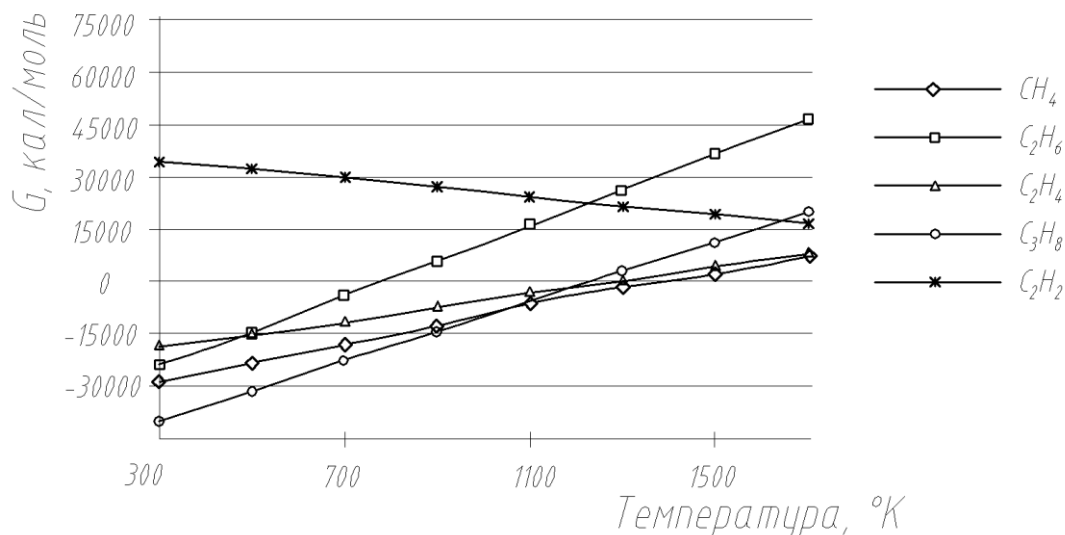


Рисунок - 1.1 Температурна залежність енергії утворення деяких вуглеводнів з простих речовин

Усі реакції високотемпературного піролізу вуглеводнів до ацетилену йдуть зі збільшенням об'єму, тому зменшення тиску шляхом зниження загального тиску або парціальних тисків компонентів при додаванні розріджувачів сприяє розкладанню вуглеводнів на проміжні продукти й ацетилен. З погляду термодинаміки для одержання ацетилену етан більш вигідна сировина, чим метан.

Велике значення мають реакції крекінгу вихідних вуглеводнів на прості речовини:



У якості сировини для піролізу практично можуть бути використані будь-які вуглеводні і їх суміші – газоподібні й рідкі. Однак склад сировини є одним з

факторів, що впливають на вихід цільових продуктів піролізу (ацетилену й супутнього йому етилену). Кращі результати виходять при піролізі парафінів нормальної будови. Піроліз ізопарафінів і нафтенів характеризується значно меншими виходами цільового продукту; найменш придатною сировиною є ароматичні вуглеводні, при розкладанні яких утворення ацетилену незначне, а коксу й смол – дуже велике. При використанні нафтових фракцій в окремих випадках отримують сумарний вихід етилену і ацетилену 40 – 50% [3].

Склад сировини визначає температуру й тиск процесу: чим вище молекулярна вага вуглеводнів, тем нижче оптимальна температура. Аналогічна залежність спостерігається й для тиску: чим вище молекулярна вага вуглеводнів, тим більш негативний вплив має підвищення тиску.

Одержання ацетилену електрокрекінгом вуглеводнів

При здійсненні електричного розряду в середовищі газоподібних вуглеводнів відбувається місцевий розігрів газу і розщеплення його молекул на радикали, рекомбінація яких призводить до утворення ацетилену, його гомологів, сажі, водню та деякої кількості етилену.

Термодинамічні та кінетичні умови утворення ацетилену в електричній дузі в основному такі ж як при термічних процесах. Накладення електричного поля і зіткнення вуглеводню і кінцевих продуктів реакції з вузьким потоком газу, що перебуває в стані ізотермічної плазми, ініціює термічний крекінг; при цьому з реактора виходять гази з більш високим, чим при чисто термічних процесах, вмістом ацетилену та продуктів його полімеризації й деструкції.

У процесі електрокрекінгу метану при температурі 1600°C протікає декілька конкуруючих між собою реакцій [6]:



У зоні високого нагрівання електричної дуги є досить енергії для здійснення всіх цих процесів і, отже, сумарний напрямок крекінгу визначається головним чином кінетикою складових його стадій. При встановленні оптимального режиму (температура $1500 \div 1600$ °С, тривалість реакції $0,5 \cdot 10^{-3} \div 1 \cdot 10^{-3}$ сек.) можна добитися максимального виходу ацетилену й придушення побічних реакцій.

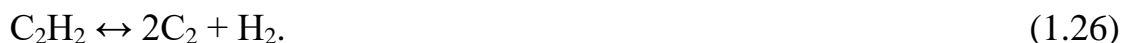
При електродугових процесах необхідна для хімічних реакцій енергія утворюється за рахунок перетворення електроенергії в теплову. Зі збільшенням молекулярної ваги трохи зменшуються витрати енергії, і тому для одержання ацетилену в електричній дузі вигідніше використовувати гомологи метану. Для них оптимальна температура крекінгу становить $1000 \div 1400$ °С. [4]

Одержання ацетилену окисним піролізом вуглеводнів

Одним із кращих за економічними показниками методів виробництва ацетилену вважається окисний піроліз вуглеводнів, хоч він і пов'язаний із застосуванням кисню й необхідністю виділення ацетилену з газу піролізу. Перші дослідження по одержанню ацетилену частковим окисненням метану киснем були проведені в Німеччині в 30-х роках минулого століття [6], а в 50-х роках метод окисного піролізу природного газу до ацетилену почали застосовувати в промисловому масштабі у ФРН (фірма BASF), Бельгії (фірма SBA) і Італії (фірма Montecatini). Процес одержання ацетилену окисним піролізом має найбільше застосування в промисловості в порівнянні з іншими методами його одержання з вуглеводневої сировини.

При окисному піролізі вуглеводнів тепло, необхідне для проведення ендотермічної реакції утворення ацетилену, отримують у результаті спалювання частини вихідної сировини в атмосфері кисню. Процесу неповного горіння властиві особливі фактори (швидкість горіння, межі вибуховості, індукційний період samozапалювання горючих сумішей і т.п.), які суттєво впливають на вихід ацетилену.

Окисний піроліз метану складається з трьох етапів [6]: горіння метану, утворення ацетилену і розкладання ацетилену. Б. С. Гриненко та А. М. Зелізний [16] запропонували наступну схему окисного піролізу:



Підвищення температури в зоні горіння і зменшення тиску зміщують реакцію у бік утворення ацетилену.

Температура $1600 \div 1700^\circ\text{C}$ при якій утворюється ацетилен, відповідає повному розпаду метану.

Склад парогазової суміші, отриманої при піролізі, залежить від температури, тиску й часу протікання реакції.

При збільшенні часу протікання реакції до певного значення кількість ацетилену в газах піролізу досягає максимуму, при подальшому збільшенні часу протікання реакції ацетилен поступово починає розкладати.

Усього в реакціях бере участь приблизно 90% метану й 99% кисню. До 10% метану і 1% кисню переходять у гази піролізу в незмінному виді.

Процес неповного горіння метану визначається головним чином концентраційними межами вибуховості суміші його з киснем. З ростом температури верхня межа вибуховості вуглеводнів у суміші з киснем (по кисню) знижується, причому для метану повільніше, чим, наприклад, для етану [6].

Ця особливість метану дозволяє допускати високі температури попереднього підігріву, що дуже суттєво для проведення піролізу. Домішки етану й пропану в природному газі значно розширюють межі запалення та роблять ці суміші більш вибухонебезпечними в порівнянні з метано-кисневою.

Підвищення тиску розширює концентраційні межі вибуховості горючих газів і зменшує гранично припустиму концентрацію кисню. Тому з ростом тиску вибухонебезпечність суміші метану й кисню збільшується.

Початок взаємодії метану з киснем визначається періодом індукції – часом, необхідним для розвитку ланцюгового процесу горіння, яке залежить від температури, тиску й сполуки горючої суміші.

Ступінь перетворення метану в ацетилен визначається співвідношенням швидкостей утворення ацетилену та розкладання його на прості речовини. Найбільше інтенсивно ацетилен утворюється тоді, коли основна кількість кисню переходить у продукти повного і неповного окиснення метану, при цьому парціальний тиск метану становить 0,2 ат [6].

Залежність концентрації ацетилену в газах піролізу від співвідношення $O_2:CH_4$ показана на рисунку 1.2 [6]. Як видно з графіка максимальна концентрація ацетилену виходить при співвідношенні $O_2:CH_4 = 0,65$ і становить 36,5% розраховуючи на вуглеводень, який прореагував (33% розраховуючи на вихідний вуглеводень).

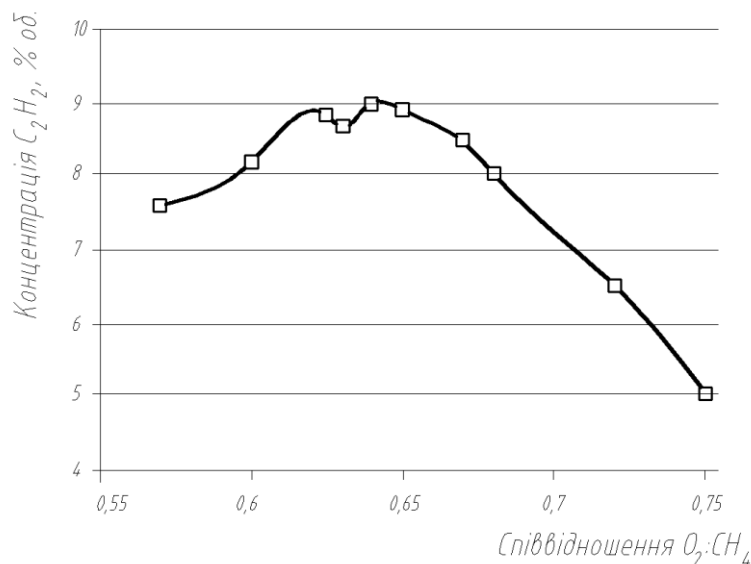


Рисунок 1.2 - Залежність концентрації ацетилену в газах піролізу метану від співвідношення $O_2:CH_4$ в реакційній суміші

У якості сировини для піролізу можна використовувати не тільки метан, але й інші гази та газові суміші. На рисунку 1.3 показано, що з ростом

вуглецевого показника збільшується ступінь перетворення вуглеводнів і, отже, вміст ацетилену в газах піролізу. Тому для піролізу до ацетилену доцільно використовувати природні гази, що містять невелику кількість етану.

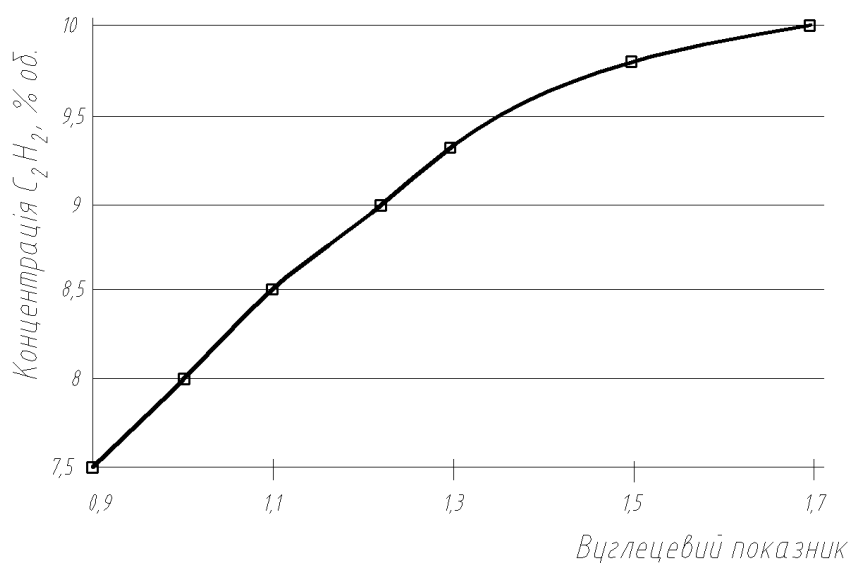


Рисунок 1.3 - Залежність концентрації ацетилену в газах піролізу від вуглецевого показника сировини

1.2 Теоретичні основи процесу абсорбції

Як показано вище при виробництві ацетилену окисним піролізом встає дуже важливе завдання виділення і концентрування ацетилену. Для поділу ацетиленвмісних газів у виробництві ацетилену знайшли застосування різні методи: абсорбція водою, селективними розчинниками (діметилформаїд, N-метилпіролідон (NMP) і ін.), низькотемпературними розчинниками (метанол, аміак, гас, ацетон і ін.), активованим вугіллям у стаціонарному або зваженому шарі, що рухається (гіперсорбція) і ін.

Одним з найпоширеніших методів абсорбції ацетилену є абсорбція селективними розчинниками. Деякі методи втратили своє значення (абсорбція водою), а деякі не вийшли за рамки дослідно-промислових установок (адсорбція активованим вугіллям).

У деяких випадках можливе використання розведеного ацетилену. Так, наприклад, у промисловості реалізований процес одержання ацетону й вінілхлориду з розведеного ацетилену.

При абсорбції вміст газу в розчині залежить від властивостей газу і рідини, тиску, температури й складу газової фази (парціального тиску газу, що розчиняється, у газовій суміші).

У випадку розчинення в рідині бінарної газової суміші (компонент, що розподіляється, А, носій В) взаємодіє дві фази, число компонентів дорівнює трьом і, згідно із правилом фаз, число ступенів свободи системи дорівнює трьом.

Рівновага в системі газ - рідина описується законом Генрі, згідно з яким мольна концентрація газу в рідині прямо пропорційна тиску газу над розчином [15]:

$$\delta_A = \frac{\delta_A}{A}, \quad (1.27)$$

де x_A – концентрація поглиненого газу в рідині, мол. частки;
 p_A – парціальний тиск газу над розчином;
 E – константа Генрі.

Числові значення коефіцієнта Генрі для даного газу залежать від природи поглинача й газу й від температури, але не залежать від загального тиску в системі.

Залежність E від температури виражається залежністю [15]:

$$\ln E = -\frac{q}{RT} + C, \quad (1.28)$$

де q – диференціальна теплота розчинення газу;
 R – газова постійна;
 C – постійна, що залежить від природи газу й поглинача

Згідно із законом Дальтона [15, с. 458]:

$$\delta_A = P \cdot \delta_A, \quad (1.29)$$

де P – загальний тиск у системі;

y_A – мол. частка компонента А, що видаляється з газової суміші.

Використовуючи (1.29) одержимо вираження закону Генрі в такому вигляді:

$$o_A = \frac{A}{D} \cdot \bar{o}_A = m \cdot \bar{o}_A, \quad (1.30)$$

де m – коефіцієнт розподілу або константа фазової рівноваги.

Рівняння (1.30) показує, що залежність між концентраціями даного компонента в газовій суміші й у рівноважній з нею рідині виражається прямою лінією, що проходить через початок координат з тангенсом кута нахилу m . Числові значення величини m залежать від температури і тиску в системі: зменшуються зі збільшенням тиску й зниженням температури. Таким чином, розчинність газу в рідині збільшується зі збільшенням тиску й зменшенням температури.

Відома велика кількість органічних речовин розчинюючих ацетилен. Однак у промисловості ацетилену для виділення ацетилену з газів окисного піролізу метану застосовуються лише ті розчинники, які відповідають технологічним вимогам. До найважливіших з них відносяться: досить висока розчинність ацетилену: відносно мала розчинність водню, метану, азоту, окису вуглецю, двоокису вуглецю; низький парціальний тиск пари; термічна стійкість; незначна корозійна дія на апаратуру й трубопроводи; мала токсичність, доступність, дешевина.

Найбільше застосування в промисловості знайшли лише діметилформамід (ДМФ) і N-метилпіролідон, однак слід зазначити, що ДМФ відрізняється значною корозійною дією.

N-метилпіролідон характеризується трохи більш високою, чим ДМФ, поглинальною здатністю стосовно ацетилену й меншою токсичністю. Безводний N-метилпіролідон – майже безбарвна рідина з характерним запахом.

У технічному N-метилпіролідолне втримуються домішки: до 0,5% бутиролактона і 0,1% води. З водою цей розчинник змішується в будь-яких

співвідношеннях. В атмосфері азоту при 75 °С технічний НМП, що містить до 10% води, практично не руйнує чорні метали. При наявності більше 30% води спостерігається деяка корозійна дія НМП на апаратуру, що підсилюється в присутності кисню повітря.

Компоненти пирогаза по розчинності зручно підрозділити на три групи. До першої ставляться гази, розчинність яких невелика, це водень, азот, кисень, окис вуглецю й інші, аж до двоокису вуглецю, розчинність якої в кілька раз менше розчинності ацетилену. До другої групи ставляться, крім ацетилену, компоненти пірогазу, розчинність яких більше, чим C_2 , але менше, чим ацетилену; вміст цих компонентів у газах піролізу не перевищує десятих часток відсотка. Третя група включає компоненти з розчинністю, більшою, ніж у ацетилену; це - метилацетилен, вінілацетилен, диацетилен і інші гомологи ацетилену.

Виходячи, з різної розчинності перерахованих компонентів газу в селективних розчинниках можна досить просто виділити ацетилен з газів окисного піролізу метану [14].

Тиск в абсорбері ацетилену і у десорбері діоксиду вуглецю при розрахунках прийняті відповідно рівними 10 і 1,25 атм. Відношення потоку газу окисного піролізу до потоку розчинника з ростом обводнювання розчинника зменшується; це рівнозначно збільшенню витрати розчинника, що подається на зрошення абсорбера, при постійному потоці газів піролізу. Витрата енергії на десорбцію поглинених газів, нагрівання і охолодження розчинника при цьому зростає, що виражається в збільшенні витрати пари, що подається у випарники, і витрати води в холодильниках. У цьому випадку додаткова кількість пари витрачається на випар з НМП надлишкової води, що видаляється через допоміжну колону. Збільшуються також витрати електроенергії на перекачування розчинника насосом.

Слід мати на увазі, що з підвищенням обводнювання розчинника доводиться змінювати його витрату на зрошення абсорбера, оскільки в цьому випадку зростає концентрація ацетилену в синтез-газі й, отже, зменшується

продуктивність установки по товарному ацетилену. Аналогічно впливає на параметри процесу підвищення вмісту води в діметилформаміді при використанні його для виділення ацетилену з газу піролізу.

У промислових умовах для виділення ацетилену з газу не можна застосовувати безводний розчинник. По-перше, тому, що на установку виділення ацетилену надходить вологий газ окисного піролізу метану. Для осушки якого довелося б установлювати спеціальну апаратуру, що ускладнює схему установки. По-друге, тому, що газ, що відходить, захоплюють із собою пари й бризи розчинника, які вловлюють шляхом промивання газових потоків конденсатом. Нарешті, тому, що вода необхідна для повної й швидкої десорбції гомологів ацетилену у вакуумному десорбері.

Розчинність компонентів в НМП або ДМФ зменшується при підвищенні температури так само, як і при збільшенні вмісту води. Причому підвищення температури на 5°C рівнозначно зростанню обводнювання розчинника приблизно на 2%. З підвищенням температури розчинність C_2H_2 сильно зменшується. Таким чином, вплив температури на параметри процесу виділення ацетилену аналогічні впливу обводнювання розчинника: з підвищенням температури при постійному потоці газів піролізу витрата розчинника на абсорбцію збільшується. Це рівнозначно збільшенню витрати енергії на десорбцію і ректифікацію розчинених компонентів. Крім того, при підвищенні температури збільшуються втрати розчинника з газовими потоками, тому що зростає парціальний тиск його пари.

Підвищення температури небажане також і тому, що це прискорює полімеризаційні процеси (утворення смолоподібних речовин). Температурний режим в абсорбері вибирають, виходячи з температури охолоджуючої води. [14].

1.3 Аналіз апаратурного оформлення

Апарати, в яких здійснюються абсорбційні процеси, називають абсорберами. Як і інші процеси масопередачі, абсорбція протікає на межі розділу

фаз. Тому абсорбери повинні мати розвинену поверхню зіткнення між рідиною і газом. За способом утворення цієї поверхні абсорбери можна умовно розділити на наступні групи: поверхневі і плівкові, насадочні, барботажні (тарілчасті), розпилюючі.

Поверхневі абсорбери, зображені на рисунку 1.4 використовують для поглинання добре розчинних газів (наприклад, для поглинання хлористого водню водою). В них газ проходить над поверхнею нерухомої або рідини, що повільно рухається. Так як поверхня дотику у таких абсорберах мала, то встановлюють кілька послідовно з'єднаних апаратів, у яких газ і рідина рухаються протитечією один до одного. Для того, щоб рідина перемішувалася по абсорберу самопливом, кожен наступний за ходу рідини апарат розташовують декілька нижче попереднього.

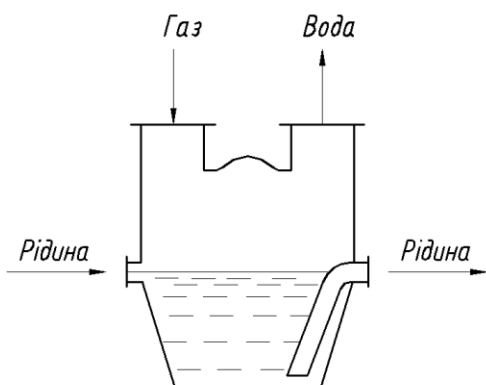
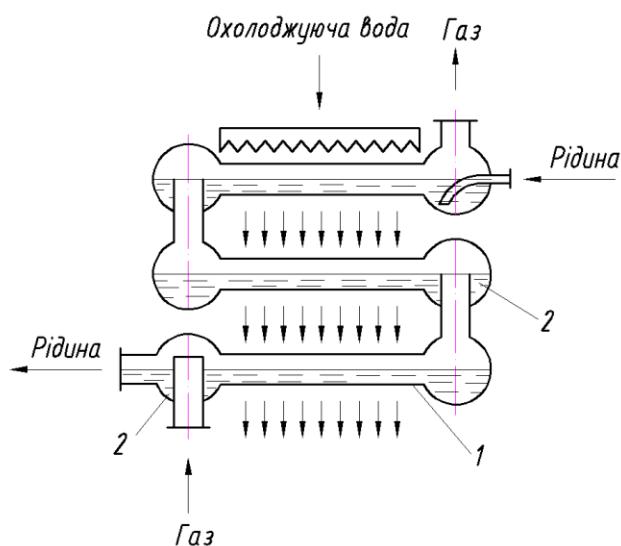


Рисунок 1.4 - Поверхневий абсорбер



1 – елемент абсорбера, 2 - зливний поріг

Рисунок 1.5 - Зрошувальний абсорбер

Для відводу тепла, що виділяється при абсорбції, в апаратах встановлюють змійовики, охолоджувані водою або іншим охолоджуючим агентом, або поміщають абсорбери в посудину з проточною водою.

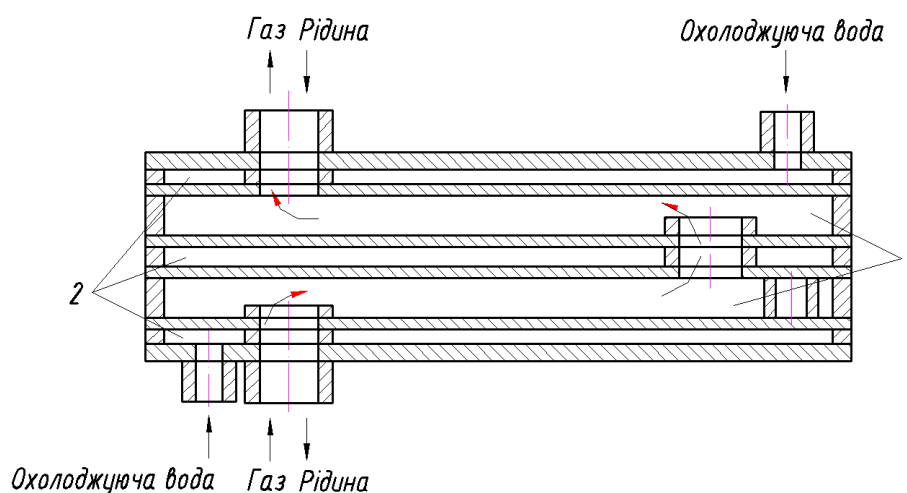
Більш досконалим апаратом такого типу є абсорбер, який зображений на рисунку 1.5, що складається з ряду горизонтальних труб, зрошуваних зовні

водою. Необхідний рівень рідини в кожному елементі 1 такого апарату підтримується за допомогою порога 2.

Пластинчастий абсорбер, який зображений на рисунку 1.6, складається з двох систем каналів: по каналах 1 великого перерізу рухаються протитечією газ і абсорбент, по каналах 2 меншого перетину - охолоджуючий агент (як правило, вода). Пластинчасті абсорбери зазвичай виготовляють з графіту, так як він є хімічно стійким, добре проводить тепло.

Поверхневі абсорбери мають обмежене застосування внаслідок їх малої ефективності та громіздкості.

Плівкові абсорбери більш ефективні і компактні, ніж поверхневі абсорбери. У плівкових абсорберах поверхнею контакту фаз є поверхня поточної плівки рідини.

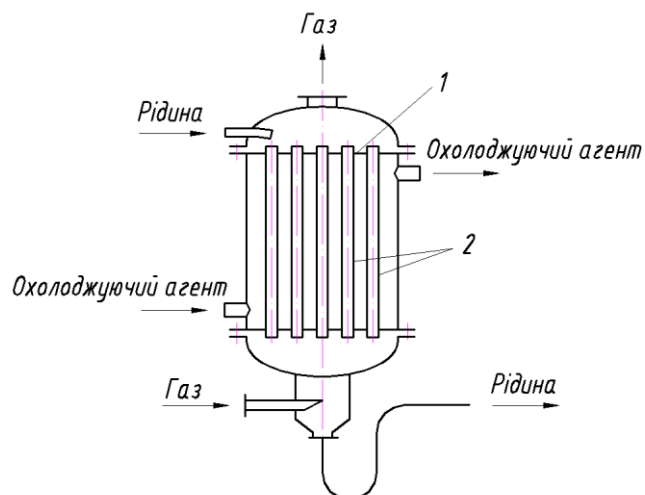


1 – канали для проходження газу і абсорбенту,

2 – канали для проходження охолоджувального агента (води)

Рисунок 1.6 - Пластинчастий абсорбер

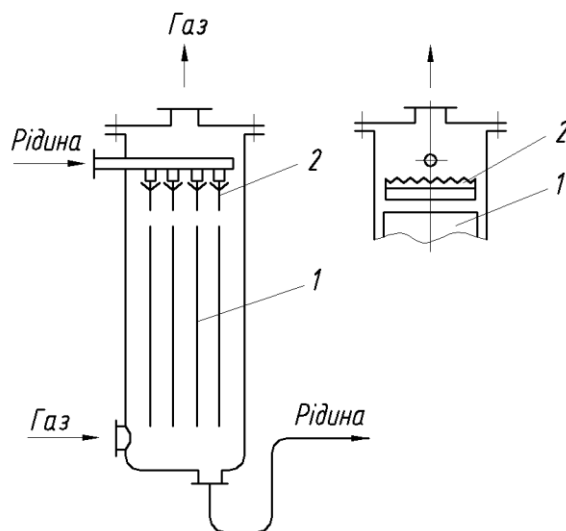
Розрізняють такі різновиди апаратів даного типу: трубчасті абсорбери, абсорбери з плоско-паралельною або листовою насадкою, абсорбери з висхідним рухом плівки рідини.



1 – трубні решітки, 2 – труби

Рисунок 1.7 - Трубчатий абсорбер

Трубчастий абсорбер, який зображений на рисунку 1.7, подібний за пристроєм з вертикальним кожухотрубчастим теплообмінником. Абсорбент надходить на верхню трубну решітку 1, розподіляється по трубах 2 і стікає по їх внутрішній поверхні у вигляді тонкої плівки. Газ рухається по трубах знизу вгору назустріч рідкій плівці, що стікає вниз. Для відводу тепла абсорбції по міжтрубному простору пропускають воду або інший охолоджувальний агент.



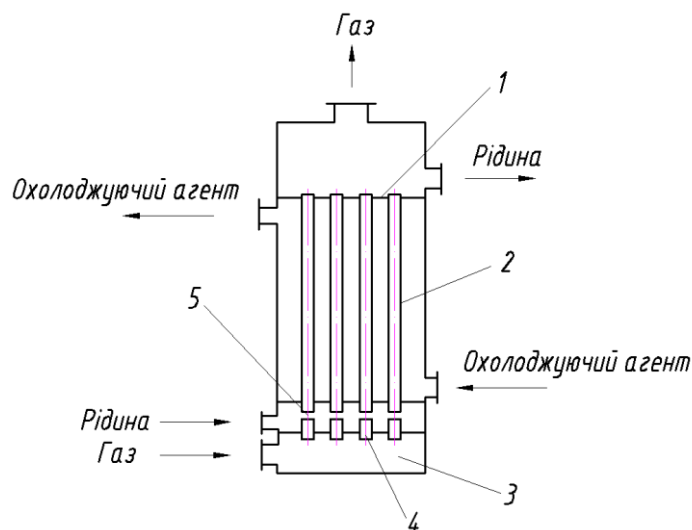
1 – листова насадка, 2 – розподільчий пристрій

Рисунок 1.8 - Абсорбер з плоскопаралельною насадкою

Абсорбер з плоскопаралельною насадкою, який зображений на рисунку 1.8, являє собою колону з листовою насадкою 1 у вигляді вертикальних листів з

різного матеріалу (метал, пластичні маси тощо) або туго натягнутих полотнищ з тканини. У верхній частині абсорбера знаходяться розподільні пристрої 2 для рівномірного змочування листової насадки з обох сторін.

Абсорбер з висхідним рухом плівки, який зображений на рисунку 1.9, складається з труб 1, закріплених в трубних решітках 2. Газ з камери 3 проходить через патрубки 4, розташовані співвісно з трубами 1. Абсорбент надходить у труби через щілини 5. Рухомий з досить великою швидкістю газ захоплює рідку плівку в напрямку свого руху (знизу вгору), тобто апарат працює в режимі висхідної прямотечі. На виході з труб 1 рідина зливається на верхню трубну решітку і виводиться з абсорбера. Для відводу тепла абсорбції по міжтрубному простору пропускають охолоджуючий агент. Для збільшення ступеня вилучення застосовують абсорбери такого типу, що складаються з двох або більше ступенів, кожен з яких працює за принципом прямотечі, в той час як в апараті в цілому газ і рідина рухаються протитечією один до одного. В апаратах з висхідним рухом плівки внаслідок великих швидкостей газового потоку (до 30-40 м/сек.) досягаються високі значення коефіцієнтів масопередачі, але, разом з тим, гідравлічний опір цих апаратів відносно великий.



1- труби, 2 – трубні решітки, 3 – камера, 4 – патрубок подачі газу,
5 – щілина для подачі абсорбенту

Рисунок 1.9 - Абсорбер з висхідним рухом плівки

Широке поширення в промисловості в якості абсорберів отримали колони, заповнені насадкою - твердими тілами різної форми.

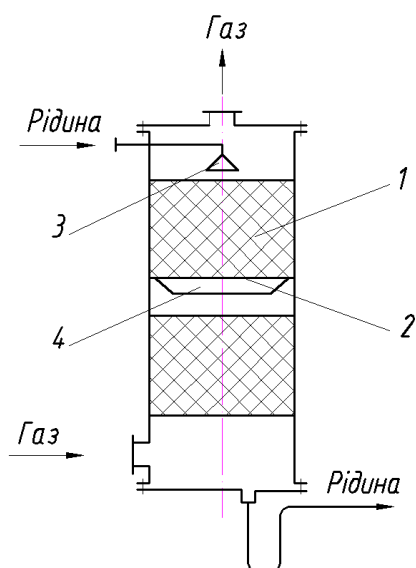


Рис. 1.10 - Насадочний абсорбер

1 – насадка, 2 – опорна решітка, 3 – розподільник рідини, 4 – перерозподільник рідини

У насадочному абсорбері, який зображений на рисунку 1.10, насадка 1 укладається на опорні решітки 2, що мають отвори або щілини для проходження газу і стоку рідини. Остання з допомогою розподільника 3 рівномірно зрошує насадку і стікає вниз. По всій висоті шару насадки рівномірного розподілу рідини по перерізу колони звичайно не досягається, що пояснюється пристінковим ефектом - більшою щільністю укладання насадки в центральній частині колони, ніж у її стінок. Внаслідок цього рідина має тенденцію розтікатися від центральної частини колони до її стінок. Тому для поліпшення змочування насадки в колонах великого діаметра насадку іноді укладають шарами заввишки 2-3 м і під кожною секцією, окрім нижньої, встановлюють перерозподільник рідини 4.

В насадочному абсорбері рідина тече по елементу насадки у вигляді тонкої плівки, тому поверхнею контакту фаз є в основному змочена поверхня насадки, і насадочні апарати можна розглядати як різновид плівкових. Проте в останніх плівкова течія рідини відбувається по всій висоті апарату, а в насадочних абсорберах - тільки по висоті елемента насадки. При перетікання рідини з одного

елемента насадки на інший плівка рідини руйнується і на нижчележачому елементі утворюється нова плівка. При цьому частина рідини проходить через розташовані нижче шари насадки у вигляді струмків, крапель і бризок. Частина поверхні насадки буває змочена нерухомою (застійною) рідиною.

Для того щоб насадка працювала ефективно, вона повинна відповідати таким основним вимогам: 1) володіти великою поверхнею в одиниці об'єму; 2) добре змочуватися зрошуваної рідиною, 3) надавати малий гідравлічний опір газовому потоку; 4) рівномірно розподіляти зрошуючу рідину, 5) бути стійкою до хімічної дії рідини і газу, що рухаються в колоні; 6) мати малу питому вагу; 7) мати високу механічну міцність; 8) мати невисоку вартість.

Насадок, що повністю задовольняють всім зазначеним вимогам, не існує, тому що, наприклад, збільшення питомої поверхні насадки тягне за собою збільшення гідравлічного опору апарату і зниження граничних навантажень.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Обґрунтування обраного методу виробництва

На підставі проведеного аналітичного огляду можна зробити висновки, що метод отримання ацетилену з карбіду кальцію дає нагоду отримувати ацетилен високої концентрації. Суттєвим недоліком цього способу є дуже великі витрати електроенергії (близько 3 тис. кВт. год. на 1 тону карбіду, що близько 10000 кВт. год. на 1 тону ацетилену).

Одержання ацетилену електрокрекінгом вуглеводнів характеризується високими витратами в підсобних цехах, що стосуються забезпечення цього виробництва. Без утилізації побічних продуктів електрокрекінгу вартість ацетилену значно підвищується. При технологічному оформленні методу зустрічаються труднощі конструктивного порядку, пов'язані із застосуванням високої температури. До переваг електрокрекінга відноситься можливість використання різних вуглеводнів як газоподібних, так і рідких.

Одержання ацетилену піролізом вуглеводнів потребує менших капітальних видатків й електроенергії на одиницю продукту. Витрата основної вуглеводневої сировини за цим методом вище, ніж за методом електрокрекінгу, оскільки нагрівання реакційних печей відбувається за рахунок спалювання газоподібного палива. Істотне значення має тут питання вибору жаростійких матеріалів. Застосування регенеративних печей з циклічністю їх роботи викликає труднощі при дотриманні норм технологічного режиму на наступних стадіях процесу. Ця ж обставина ускладнює автоматизацію виробництва.

Одним із кращих за економічними показниками методів виробництва ацетилену вважається окисний піроліз вуглеводнів, хоч він і пов'язаний із застосуванням кисню й необхідністю виділення ацетилену з газу піролізу.

Досвід експлуатації таких установок показав, що одержання ацетилену окисним піролізом вуглеводнів має реальні перспективи для широкого

промислового застосування. Економічна доцільність даного способу визначається раціональним використанням сировини і побічних продуктів (синтез газ, гомологи метану).

Як показано вище при виробництві ацетилену окисним піролізом встає дуже важливе завдання виділення і концентрування ацетилену. Для поділу ацетиленовмісних газів у виробництві ацетилену знайшли застосування різні методи: абсорбція водою, селективними розчинниками (діметилформамід, N-метилпіролідон і ін.), низькотемпературними розчинниками (метанол, аміак, гас, ацетон і ін.), активованим вугіллям у стаціонарному або зваженому шарі, що рухається (гіперсорбція) і ін. Деякі методи втратили своє значення (абсорбція водою), а деякі не вийшли за рамки дослідно-промислових установок (адсорбція активованим вугіллям).

Як найбільш ефективний приймається метод виборчої абсорбції N-метилпіролідонем, при якому газу піролізу поділяються на три фази: синтез-газ, товарний ацетилен і вищі гомологи ацетилену. Процес абсорбції проводиться в абсорбері з насадкою при температурі не більш 40 °С и тиску від 0,2 до 0,83 МПа.

2.2 Опис технологічної схеми

У відділення концентрування газу піролізу розділяються шляхом виборчої абсорбції на три фази: синтез-газ, товарний ацетилен, вищі гомологи ацетилену.

Процес абсорбції в абсорбері АР проводять при температурі не більш 40 °С и тиску від 0,2 до 0,83 МПа. Газ піроліза з колектора надходить у нижню частину абсорбера АР. N-метилпіролідон з куба абсорбера направляється в протитечний десорбер Д1. Рівень у десорбері підтримується від 0,5 до 1,2 м.

У верхню частину абсорбера подається розчин N-метилпіролідону з масовою часткою води не більш 3,0% і 1,0% полімерів з робочих ємностей Є2 і Є3 насосом Н1.

Кількість N-метилпіролідону, що подається в абсорбер повинна бути не менш 50 м³/год. Перепад тиску по абсорберу не більш 0,055 МПа.

Вихідний з верхньої частини абсорбера синтез-газ із об'ємною концентрацією ацетилену не більше 0,2% проходить через промивач синтез-газу КЛ1, який являє собою колону для вловлювання пари і крапель N- метилпіролідону. Перепад тиску по промивачу повинен бути не більш 3.5кПа. Конденсат у промивач подається з колектора конденсату. Масова концентрація N-метилпіролідону в конденсаті, що стікає з першої тарілки промивача, повинна бути не більш 0.3%.

Змішаний конденсат (суміш води й N-метилпіролідону), що виходить із промивача синтез-газу направляється в ємність змішаного конденсату Є1. Ємність змішаного конденсату постійно продувається азотом, витрата якого становить від 3 до 5м³/год. Гази з ємності змішаного конденсату направляються на факел синтезу-газу.

Синтез-газ після промивача з температурою не більш 35°С направляється в загальний міжцеховий колектор, де змішується з конвертованим газом цеху оцтової кислоти й надходить у цех синтезу метанолу. Частина синтез-газу із загального колектора подається до запальників циклонних агрегатів спалювання сажевого шламу і на чергові пальники факелів синтез-газу, ацетилену, газів піролізу, а також використовується для розведення гомологів ацетилену як паливного газу. Робочий розчин N-метилпіролідону подається у верхню частину протитечного десорбера Д1.

У десорбері Д1, що представляє собою циліндричний апарат із двома шарами насадки з кілець Паля 35×35 мм або 25×25 мм, підтримується тиск від 0,018 до 0,023МПа. За рахунок зниження тиску на верхній насадці з робочого розчину N-метилпіролідону десорбується більша частина мало розчинних газів (інертів) разом з діоксидом вуглецю й частиною ацетилену.

З верхньої насадки десорбера Д1 через розподільну тарілку робочий розчин N-метилпіролідону надходить на нижню насадку й збирається в кубовій частині, звідки насосом Н2, через теплообмінник АТ1 подається в паровий підігрівник

АТ2. Рівень у кубі підтримується від 0,5 до 1,2 м.

Робочий розчин з колектора насоса Н2 при завищенні тиску більш 0,7 МПа пускається по байпасу й надходить повз групу теплообмінників АТ1 у паровий підігрівник АТ2. На всас циркуляційного насоса Н2 подається насосом Н3 увесь змішаний конденсат з ємності змішаного конденсату Е1 і робочий розчин N-метилпіролідону з колектора. Температура N-метилпіролідону після насоса Н2 повинна бути не більш 56°C, а масова частка води в розчині N-метилпіролідоні не більш 6,0%, а якщо ні, то з розчину N-метилпіролідону можуть осаджуватися полімери, що призведе до забивання трубопроводів і пластинчастих теплообмінників.

З метою зменшення осадження полімерів із циркулюючого розчину N-метилпіролідону й зниження його кислотності на всас насосів змішаного конденсату Н3 подається не менш 1,0 л/год. розчину соди з масовою часткою соди технічної не більш 10%, а при низьких навантаженнях періодично, з розрахунку залежно від концентрації іонів натрію в циркулюючому N-метилпіролідоні й кислотності розчину (не більш 100 мг/дм³).

Газ, що відходить із верхньої частини протитечного десорбера, проходить через промивач КЛ2, де звільняється від пари і крапель N-метилпіролідону й направляється в колектор газу піролізу. На промивач циркуляційного газу подається від 0,05 до 0,1 м³/год. конденсату.

Змішаний конденсат із промивача циркуляційного газу надходить у кубову частину протитечного десорбера. Якщо буде потреба робота промивача циркуляційного газу можлива без подачі конденсату. Витрата циркуляційного газу після промивача не більш 500 м³/год, температура не більш 46°C.

Із середньої частини протитечного десорбера по бічному відводі відбирається товарний ацетилен, який проходить абсорбер діацетилену КЛ3, промивач КЛ4, де звільняється промиванням паровим конденсатом від пари і крапель N-метилпіролідону й через вогнеперекривач ВП1 направляється до

споживача, або через вогнеперекривач ВП2 - на факел з постійно палаючим черговим пальником. На промивач подається від 0,05 до 0,1 м³/год конденсату.

Ацетилен після промивання виходить із температурою не більш 35⁰С і тиском від 0,018 до 0,023 МПа. Витрата ацетилену на виході із промивача повинен бути не більш 2600м³/год, перепад тиску по промивачу не повинен перевищувати 3 кПа. При спалюванні ацетилену на факелі в нього подається пара через клапан, завдяки чому він згоряє без кіптяви. Горіння факела ацетилену підтримується постійною подачею природного газу або синтез-газу для чергового пальника.

Об'ємна частка діоксиду вуглецю в товарному ацетилені не більш 0,2%. Залежно від змісту СО₂ у товарному ацетилені змінюється витрата циркуляційного газу й становить не більш 1500 м³/год. Частина ацетилену, що залишився, яка не виводиться в якості товарного продукту, у верхній частині десорбера Д1 служить для видалення СО₂ з робочого розчину N-метилпіролідону. Конденсат у промивачі ацетилену й циркуляційного газу КЛ4 і КЛ2 подається з колектора парового конденсату.

N-метилпіролідон після десорбера Д1 насосом Н2 подається в пластинчасті теплообмінники АТ1 з тиском на нагнітанні насоса не менш 0,7МПа. Тиск N-метилпіролідону на вході в теплообмінники не більш 0,6 МПа.

У паровому підігрівнику АТ2 робочий розчин N-метилпіролідону підігрівається до температури 85-105⁰С подачею пари й надходить у тепловий десорбер Д2 сполучений з вакуумною колоною.

У тепловому десорбері Д2 за рахунок високої температури з робочого розчину N-метилпіролідону десорбується близько 70% розчиненого ацетилену, що містить гомологи ацетилену. Рівень у десорбері повинен бути не більш 0,6м. Десорбований у тепловому десорбері ацетилен направляється в нижню частину протитечного десорбера Д1, де на нижній насадці промивається від гомологів потоком робочого розчину N-метилпіролідону, що надходить із верхньої насадки.

Температура десорбованого ацетилену на виході з теплового десорбера повинна бути від 85 до 105°C.

Робочий розчин з куба теплового десорбера Д2 через гідрозатвор надходить у верхню частину вакуумної колони. На верхній насадці вакуумної колони з робочого розчину N-метилпіролідону десорбується розчинений ацетилен, що залишився, і частково гомологи ацетилену. Цей газ відсмоктується з вакуумної колони вакуум-компресором КМ1 через сепаратор С1, холодильник - конденсатор ХК1, сепаратор С2 і подається в нижню частину теплового десорбера, де змішується з десорбованим там ацетиленом і йде на очищення від гомологів у нижню частину протитечного десорбера. Робочий розчин N-метилпіролідону з верхньої насадки вакуумної колони надходить на нижню, стікає по ній у куб колони, підігрівається паром до температури 116-125°C у випарнику АТ3.

Десорбовані з N-метилпіролідону вищі гомологи ацетилену й пари води із середньої частини вакуум-колони через бічну колону КЛ5, холодильник-конденсатор поверхневого охолодження АТ6 виділяється на водокільцевий вакуум-насос КМ2. Бічна колона КЛ5 зрошується паровим конденсатом, який подається насосом Н4 у кількості не менш 0,5 м³/год [5].

2.3 Параметричні розрахунки апарата

2.3.1 Матеріальний баланс

Вихідні дані:

Продуктивність, П, т/рік	39000
Витрата N-метилпіролідону, V, м ³ /год	1000
Тиск в апараті, МПа	0,9
Щільність N-метилпіролідону, кг/м ³	1032,8
Щільність газу піроліза, кг/м ³	0,568
Щільність циркуляційного газу, кг/м ³	2,0441
Щільність змішаного газу, кг/м ³	0,7889

Щільність синтез-газу, кг/м ³	0,5418
Щільність розчиненого газу, кг/м ³	1,4222

Склад основних потоків і їх витрата на 100 нм³ газу піролізу наведено в таблиці 2.1.

Годинна витрата газів піролізу:

$$G = \frac{\Pi \cdot V}{j \cdot T} \quad (2.1)$$

$$G = \frac{39000 \cdot 1000}{0,093122 \cdot 7800} = 53693 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$V = G/\rho = 53693/0,568 = 94525 \text{ нм}^3/\text{год}, \quad (2.2)$$

де $j = 9,3122 \text{ м}^3$ частка ацетилену в 100 нм³ газу піролізу;

$T = 7800 \text{ год}$. – тривалість роботи апарата за календарний рік;

Розрахунки газового балансу:

Парціальний тиск P_i і-го компонента змішаного газу:

$$P_i = \frac{D \cdot \varphi}{100}, \quad (2.3)$$

де P – загальний тиск в апараті, атм;

φ – об'ємна (мольна) частка і-го компонента змішаного газу;

Рівноважну розчинність x_i і-го компонента змішаного газу в N-метилпіролідоні за формулою [14]:

$$x_i = \alpha_i \cdot P_i, \quad (2.4)$$

де α_i – розчинність газу в N-метилпіролідоні, м³/м³;

Константу Генрі k_i для і-го компонента змішаного газу в N-метилпіролідоні визначимо за формулою [14]:

$$k_i = \frac{1}{\alpha_i} \quad (2.5)$$

Константу фазової рівноваги M_i і-го компонента газу в N-метилпіролідоні визначаємо за формулою [13]:

$$M_i = \frac{k_i}{P_i} \quad (2.6)$$

Таблиця 2.1 - Склад основних потоків і їх витрата на 100 м³ газу піролізу

Компоненти	Гази піролізу	Циркуляційний газ	Змішаний газ		Парціальний тиск, атм	Розчинність в НМП	Рівноважна розчинність в НМП	Константа Генрі	Константа фазової рівноваги	Фактор витягу	Ступінь вилучення	Витягнуто з НМП	Синтез-газ	
			м ³	%, об.									м ³	%, об.
	м ³	м ³	a	w	P _i	α	x=α · P	$k = \frac{1}{\alpha}$	$M = \frac{k}{\bar{I}}$	$\lambda = \frac{L}{G \cdot m}$	φ			
C ₂ H ₂	9,3122	2,9878	11,2878	9,8744	0,8887	16,950	15,0635	0,0590	0,0066	1,4073	0,9970	11,2539	0,0339	0,038
CH ₄	4,3800	0,000	4,38	3,8316	0,3448	0,1438	0,0496	6,9541	0,7277	0,0120	0,013	0,0526	4,3274	4,8477
C ₂ H ₄	0,32	0,000	0,32	6,2799	0,0252	1,2586	0,0317	0,7945	0,0883	0,1052	0,1052	0,0337	0,2863	0,3207
C ₃ H ₄	0,08	0,1399	0,2199	0,1924	0,0173	34,785	0,6018	0,0287	0,0032	2,9025	1,00	0,2199	0	0
C ₆ H ₆	0,100	0,4417	0,5417	9,3064	0,0427	13	10,5551	0,0769	0,0085	1,0927	1,00	0,5417	0	0
C ₄ H ₆	0,05	0,2157	0,2657	0,4739	0,0209	71,053	1,4850	0,0141	0,0016	5,805	1,00	0,2657	0	0
CO	25,64	0,000	25,64	0,2324	2,0187	0,71	6,39	1,4085	0,1565	0,0593	0,593	1,5217	24,118	27,018
H ₂	55,07	0,000	55,07	22,4295	4,3357	0,0290	0,1257	34,4828	3,8314	0,0024	0,0024	0,1322	54,938	61,543
N ₂	3,6	0,000	3,6	48,1745	0,2834	0,0288	0,0082	34,7222	3,858	0,0024	0,0024	0,0086	3,5914	4,0232
O ₂	2,06	0,000	2,06	3,1492	0,1622	2,19	0,3552	0,4566	0,0507	0,1832	0,1832	0,3774	1,6826	1,8849
Ar	0,29	0,000	0,29	1,8021	0,0228	0,0228	0,0007	34,7222	3,8580	0,0024	0,0024	0,0086	0,2893	0,3241
C ₄ H ₂	0,11	10,5285	10,6385	0,2537	0,8376	1282,1	1073,845	0,0008	0,0001	92,8795	1,00	10,6385	0	0
Σ	100		114,3136	100,00	9,000							25,0552	89,267	100,00

Фактор витягу A_i i -го компонента змішаного газу [14]:

$$A_i = \frac{L}{G \cdot M_i} \quad (2.7)$$

де L – витрата рідкої фази (N-метилпіролідону), м³/год;

G – витрата газової фази (змішаний газ), м³/год;

Витрату змішаного газу знаходимо за формулою:

$$V_{з.г.} = \frac{g_{з.г.}}{100} \cdot V_{г.п.} \quad (2.8)$$

де $g_{з.г.}$ – витрата змішаного газу на 100 м³;

$$V_{з.г.} = \frac{114,3136}{100} \cdot 94525 = 108055 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$G_{з.г.} = 108055 \cdot 0,7889 = 85244,6 \text{ кг/год}$$

Ступінь витягу ϕ_i чисельно дорівнює факторові витягу A_i , при $A_i < 1$, і приблизно рівно 1 при $A_i > 1$ [14]. Кількість газу витягнутого N-метилпіролідонм рівняється $\phi_i \cdot a_i$, а кількість газу збіглого разом із синтез-газом складе $a_i - \phi_i \cdot a_i$ [14]

Результати розрахунків зведено в таблицю 2.1.

Витрату циркуляційного газу визначаємо за формулою [13]:

$$V_{ц.г.} = \frac{g_{ц.г.}}{100} \cdot V_{г.п.} = \frac{14,3136}{100} \cdot 94525 = 13529,9 \text{ м}^3/\text{год} \quad (2.9)$$

$$G = V \cdot \rho = 13529,9 \cdot 2,0441 = 27656,5 \text{ кг/год} \quad (2.10)$$

Результати розрахунків зводимо в таблицю 2.2 матеріального балансу.

Таблиця 2.2 - Матеріальний баланс стадії абсорбції ацетилену

Прихід	кг/год	Витрата	кг/год
1.Змішаний газ, у т.ч.	85244,6	1.N-метилпіролідон, у т.ч.	
гази піролізу	57707,5	чистий N-метилпіролідон	1032800
циркуляційний газ	27656,5	Розчинений газ	33682,59
2.N-метилпіролідон	1032800	2.Синтез-газ	45716,91
		3. Нерозчинений газ	5964,5
РАЗОМ	1118164	РАЗОМ	1118164

2.3.2 Тепловий баланс

Вихідні дані для розрахунків:

Інтегральна теплота розчинення C_2H_2 в N-метилпіролідоні, кал/моль [7]	6000
Теплоємність N-метилпіролідону, кДж/(кг·град) [6]	1,6
Початкова концентрація ацетилену в N-метилпіролідоні, моль/моль	0
Кінцева концентрація ацетилену в N-метилпіролідоні, моль/моль	0,0405
Початкова температура N-метилпіролідону, $^{\circ}C$	40
Кінцева температура N-метилпіролідону, $^{\circ}C$	не більш 50

Кількість теплоти, що виділяється при абсорбції рівно [15]:

$$Q = M \cdot \Phi = \Phi \cdot L \cdot (x_k - x_n) \quad (2.11)$$

де Φ – інтегральна теплота розчинення, Дж/моль. Для розчинення ацетилену в N-метилпіролідоні згідно [7] $\Phi = 6000 \text{ кал/моль} = 25140 \text{ Дж/моль}$.

Оскільки процес абсорбції проводять без відводу тепла, можна вважати, що вся теплота, що виділяється, іде на нагрівання рідини [10].

$$Q = C \cdot L \cdot (t_k - t_n) \quad (2.12)$$

де C – мольна теплоємність рідини, Дж/(моль·град); для N-метилпіролідона при температурі 40–50 $^{\circ}C$ згідно [16] $C = 1600 \text{ Дж/(кг·град)} = 158,6080 \text{ Дж/(моль·град)}$.

Дорівнюючи ліві частини рівнянь, одержимо рівняння теплового балансу абсорбера:

$$\Phi \cdot (x_k - x_n) = C \cdot (t_k - t_n) \quad (2.13)$$

З останнього рівняння знаходимо температуру рідини на виході з абсорбера:

$$t_k = t_n + \frac{\Phi}{C} (x_k - x_n) \quad (2.14)$$

$$t_k = 40 + \frac{25140}{158,6080} \cdot (0,0405 - 0) = 46,42 \text{ } ^{\circ}C$$

Оскільки кінцева температура N-метилпіролідону не перевищує 50 $^{\circ}C$, то його витрата, з погляду підтримки теплового режиму, обрана коректно.

Для складання теплового балансу скористаємося даними таблиці 2.1 [11], [17].

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = Q_5 + Q_6 + Q_7, \quad (2.15)$$

де Q_1 - кількість тепла, внесена з газами піролізу;

Q_2 – кількість тепла, внесена із циркуляційними газами;

Q_3 - кількість тепла, що виділяється при абсорбції;

Q_4 - кількість тепла, внесена розчинником;

Q_5 – кількість теплоти, що видаляється з розчинником;

Q_6 – кількість теплоти, що видаляється із синтез-газом;

Q_7 – втрати тепла в навколишнє середовище.

В таблиці 2.3 наведені питомі теплоємності компонентів газу піролізу при різних температурах

Таблиця 2.3 - Питомі теплоємності компонентів газу піролізу при різних температурах

C_p , Дж/(моль·град)	40 °C	46,42 °C	C_p , Дж/(моль·град)	40 °C	46,42 °C
C_2H_2	45,1	45,42	H_2	28,81	28,81
CH_4	36,26	36,64	N_2	29,21	29,23
C_2H_4	45,2	45,85	O_2	28,67	28,85
C_3H_4	62,5	63,39	Ar	20,78	20,9
C_6H_6	86,74	88,69	C_4H_2	73,74	74,2
C	29,22	29,27	C_4H_6	82,32	85,01

Кількість теплоти, внесеної в абсорбер, розраховуємо за формулою:

$$Q_{\text{прихода}} = \sum C_p \cdot n \cdot \Delta t_n \quad (2.16)$$

де C_p – питома теплоємність, Дж/(моль·град);

n – кількість молів речовини, моль;

Тепло внесене газами піролізу:

$$Q_{C_2H_2} = 45,1 \cdot \frac{4789,72}{26} \cdot 40 = 332332,88 \text{ Дж/год}$$

$$Q_{CH_4} = 36,26 \cdot \frac{2527,59}{16} \cdot 40 = 229126,03 \text{ Дж/год}$$

$$Q_{C_2H_4} = 45,2 \cdot \frac{184,66}{28} \cdot 40 = 11923,76 \text{ Дж/год}$$

$$Q_{C_3H_4} = 62,5 \cdot \frac{46,17}{40} \cdot 40 = 2885,63 \text{ Дж/год}$$

$$Q_{C_6H_6} = 86,74 \cdot \frac{57,51}{78} \cdot 40 = 2567,06 \text{ Дж/год}$$

$$Q_{CO} = 29,22 \cdot \frac{14796,2}{28} \cdot 40 = 617635,66 \text{ Дж/год}$$

$$Q_{H_2} = 28,81 \cdot \frac{31779,52}{2} \cdot 40 = 18311359,42 \text{ Дж/год}$$

$$Q_{N_2} = 29,21 \cdot \frac{2077,47}{28} \cdot 40 = 86689,86 \text{ Дж/год}$$

$$Q_{O_2} = 28,67 \cdot \frac{1188,77}{32} \cdot 40 = 42602,54 \text{ Дж/год}$$

$$Q_{Ar} = 20,78 \cdot \frac{167,35}{39,9} \cdot 40 = 3486,25 \text{ Дж/год}$$

$$Q_{C_4H_2} = 73,74 \cdot \frac{63,48}{50} \cdot 40 = 3744,81 \text{ Дж/год}$$

$$Q_{C_4H_6} = 82,32 \cdot \frac{28,85}{54} \cdot 40 = 1887,43 \text{ Дж/год}$$

$$Q_{\text{газу піролізу}} = 19646241,33 \text{ Дж/год або } 5457,29 \text{ Вт}$$

Тепло внесене циркуляційним газом:

$$Q_{C_2H_2} = 45,1 \cdot \frac{5771,9}{26} \cdot 40 = 400481,06 \text{ Дж/год}$$

$$Q_{C_3H_4} = 62,5 \cdot \frac{271,03}{40} \cdot 40 = 16939,38 \text{ Дж/год}$$

$$Q_{C_6H_6} = 86,74 \cdot \frac{857,35}{78} \cdot 40 = 38136069 \text{ Дж/год}$$

$$Q_{C_4H_2} = 73,74 \cdot \frac{20355,18}{50} \cdot 40 = 1200792,78 \text{ Дж/год}$$

$$Q_{C_4H_6} = 82,32 \cdot \frac{28,85}{54} \cdot 40 = 1759,21 \text{ Дж/год}$$

$$Q_{\text{циркуляц. газу}} = 1658109,12 \text{ Дж/год або } 460,59 \text{ Вт}$$

Тепло внесене розчинником:

$$Q_{\text{НМП}} = 158,6080 \cdot \frac{1032800}{99} \cdot 40 = 66185996,93 \text{ Дж/год або } 18385 \text{ Вт}$$

Тепло, що виділяється при абсорбції знаходимо з різниці $Q_4 - Q_5$ згідно зі зробленим допущенням:

$$Q_{\text{абсорбції}} = Q_4 - Q_5 = 79359466,48 - 66185996,93 = 13173469,55 \text{ Дж/год або } 3659,29 \text{ Вт}$$

Тепло, що поступає в абсорбер:

$$Q_{\text{приходу}} = Q_{\text{газу піролізу}} + Q_{\text{циркуляц. газу}} + Q_{\text{NMPI}} + Q_{\text{абсорбції}} \quad (2.17)$$

$$Q_{\text{приходу}} = 19646241,33 + 1658109,12 + 66185996,93 + 13173469,55 = 100663816,9 \text{ Дж/год}$$

або 27962,17 Вт

Кількість теплоти, що виноситься з абсорбера, розрахуємо по формулі:

$$Q_{\text{витрати}} = \sum C_p \cdot n \cdot \Delta t_k \quad (2.18)$$

Тепло, що видаляється з розчиненим газом:

$$Q_{C_3H_2} = 45,42 \cdot \frac{15123,48}{26} \cdot 46,42 = 1226395,8 \text{ Дж/год}$$

$$Q_{CH_4} = 36,64 \cdot \frac{70,71}{16} \cdot 46,42 = 7516,6 \text{ Дж/год}$$

$$Q_{C_2H_4} = 45,85 \cdot \frac{45,3}{28} \cdot 46,42 = 3443,38 \text{ Дж/год}$$

$$Q_{C_3H_4} = 63,39 \cdot \frac{295,62}{40} \cdot 46,42 = 21747,08 \text{ Дж/год}$$

$$Q_{C_6H_6} = 88,69 \cdot \frac{278,23}{78} \cdot 46,42 = 40020,84 \text{ Дж/год}$$

$$Q_{CO} = 29,27 \cdot \frac{2045,68}{28} \cdot 46,42 = 99267,6 \text{ Дж/год}$$

$$Q_{H_2} = 28,81 \cdot \frac{177,72}{2} \cdot 46,42 = 118837,83 \text{ Дж/год}$$

$$Q_{N_2} = 29,23 \cdot \frac{11,56}{28} \cdot 46,42 = 560,19 \text{ Дж/год}$$

$$Q_{O_2} = 28,85 \cdot \frac{507,35}{32} \cdot 46,42 = 21232,87 \text{ Дж/год}$$

$$Q_{Ar} = 20,9 \cdot \frac{11,56}{39,9} \cdot 46,42 = 281,08 \text{ Дж/год}$$

$$Q_{C_4H_2} = 74,2 \cdot \frac{14301,7}{50} \cdot 46,42 = 985205,21 \text{ Дж/год}$$

$$Q_{C_4H_6} = 85,01 \cdot \frac{357,19}{54} \cdot 46,42 = 26108,56 \text{ Дж/год}$$

$$Q_{\text{розчин. газу}} = 2550617,04 \text{ Дж/год або } 708,5 \text{ Вт}$$

Тепло, що видаляється із синтез-газом:

$$Q_{C_2H_2} = 45,42 \cdot \frac{17,36}{26} \cdot 46,42 = 1407,76 \text{ Дж/год}$$

$$Q_{CH_4} = 36,64 \cdot \frac{2216,22}{16} \cdot 46,42 = 235588,18 \text{ Дж/год}$$

$$Q_{C_2H_4} = 45,85 \cdot \frac{146,61}{28} \cdot 46,42 = 11144,23 \text{ Дж/год}$$

$$Q_{CO} = 29,27 \cdot \frac{12351,87}{28} \cdot 46,42 = 599380,4 \text{ Дж/год}$$

$$Q_{H_2} = 28,81 \cdot \frac{28135,67}{2} \cdot 46,42 = 18813762,63 \text{ Дж/год}$$

$$Q_{N_2} = 29,23 \cdot \frac{1839,29}{28} \cdot 46,42 = 89130,46 \text{ Дж/год}$$

$$Q_{O_2} = 28,85 \cdot \frac{861,72}{32} \cdot 46,42 = 36063,44 \text{ Дж/год}$$

$$Q_{Ar} = 20,9 \cdot \frac{148,16}{39,9} \cdot 46,42 = 3602,55 \text{ Дж/год}$$

$$Q_{\text{синтез-газу}} = 19790079,65 \text{ Дж/год або } 5497,24 \text{ Вт}$$

Тепло, що видаляється розчинником:

$$Q_{\text{НМП}} = 158,6080 \cdot \frac{1032800}{99} \cdot 46,42 = 76808849,44 \text{ Дж/год або } 21335,79 \text{ Вт}$$

Втрати тепла в навколишнє середовище становлять 1,5% від тепла, що надходить в абсорбер і дорівнює:

$$Q_{\text{втрат}} = 0,015 \cdot Q_{\text{приходу}} = 0,015 \cdot 100663816,9 = 1509957,25 \text{ Дж/год або } 419,43 \text{ Вт}$$

Тепло, що видаляється з абсорбер:

$$Q_{\text{витрати}} = Q_{\text{розчин.газу}} + Q_{\text{синтез-газу}} + Q_{\text{НМП}} + Q_{\text{втрат}}$$

$$Q_{\text{витрати}} = 2550617,04 + 19790079,65 + 76808849,44 + 1509957,25 = 100663816,9 \text{ Дж/год}$$

або 27962,17 Вт

Вище наведені розрахунки зведені в таблицю 2.4 теплового балансу.

Таблиця 2.4 – Тепловий баланс стадії абсорбції ацетилену

Прихід	Дж/год	Вт	Витрата	Дж/год	Вт
1. З газом піролізу	19646241,33	5457,29	1. Із синтез-газом	19790079,65	5497,24
2. Із циркуляційним газом	1658109,12	460,59	2. З розчинником	79359466,48	22044,29

3. З розчинником	66185996,93	18385	3. Втрати	1509957,25	420,43
4.Теплота абсорбції	13173469,55	3659,29			
РАЗОМ	100663816,9	27962,17	РАЗОМ	100663816,9	27962,17

2.3.3 Технологічний розрахунок абсорбера

Вихідні дані:

Витрата рідкої фази, кг/год	1032800
Витрата газової фази, кг/год	85364
Тиск в апараті, МПа	0,9
Щільність N-метилпіролідону [6], кг/м ³	1032,8
Щільність газової фази при умовах процесу, кг/м ³	6,0761
Динамічна в'язкість N-метилпіролідону [16], мПа·с	0,5
Динамічна в'язкість газової фази [7], мПа·с	0,013
Питома поверхня насадки [14], м ² /м ³	170
Вільний об'єм насадки	0,9
Еквівалентний діаметр насадки, м	0,021

Визначення витрати газової суміші

Гранична швидкість газу по колоні $\omega_{\text{інв.}}$ (швидкість інверсії) згідно [15]:

$$\lg \left[\frac{\omega_{\text{інв.}}^2 \cdot f \cdot \rho_{\text{г.ф.}} \cdot \left(\frac{\mu_{\text{ж}}}{\mu} \right)^{0,16}}{g \cdot V_c^3 \cdot \rho_{\text{ж.ф.}}} \right] = A - 1,75 \cdot \left(\frac{L}{G} \right)^{0,25} \left(\frac{\rho_{\text{г}}}{\rho_{\text{ж}}} \right)^{0,125} \quad (2.19)$$

де $\mu_{\text{ж}}$ - в'язкість рідини при температурі процесу, Па·с;

μ - в'язкість води при 20 °С, Па·с;

Праву частину рівняння (2.19) приймемо 0,2625, тоді одержимо десятковий логарифм даного числа, який дорівнює:

$$10^{0,2625} = 1,83$$

$$\omega_{\text{інв.}}^2 \cdot \frac{f \cdot \rho_{\text{г.ф.}}}{g \cdot V_c^3 \cdot \rho_{\text{ж.ф.}}} \cdot \left(\frac{\mu_{\text{ж}}}{\mu} \right)^{0,16} = \omega_{\text{інв.}}^2 \cdot \frac{170 \cdot 6,0761}{9,81 \cdot 0,9^3 \cdot 1032,8} \cdot \left(\frac{5 \cdot 10^{-4}}{10^{-3}} \right)^{0,16} = 0,1252 \cdot \omega_{\text{інв.}}^2$$

$$0,1252 \cdot \omega_{\text{інв.}}^2 = 1,83$$

$$\omega_{\text{інв.}} = \sqrt{\frac{1,83}{0,1252}} = 3,825 \text{ м/с}$$

Згідно [13] приймаємо швидкість ω рівною (0,3 – 0,5) від $\omega_{\text{інв.}}$:

$$\omega = 0,4 \cdot \omega_{\text{інв.}} = 0,4 \cdot 3,825 = 1,53 \text{ м/с} \quad (2.20)$$

Об'ємна витрата газової суміші при умовах процесу:

$$V = \frac{G}{\rho_{\text{г.ф.}}} = \frac{85364}{6,0761} = 14049,14 \text{ м}^3/\text{год} = 3,9 \text{ м}^3/\text{с} \quad (2.21)$$

Визначення діаметра колони

Діаметр апарата визначимо по формулі [8]:

$$D = \sqrt{\frac{V}{0,785 \cdot \omega}} \quad (2.22)$$

$$D = \sqrt{\frac{3,9}{0,785 \cdot 1,53}} = 1,8 \text{ м}$$

Приймаємо стандартний діаметр абсорбційного апарата 1,8 м [13].

Розрахунок висоти шару насадки

Висоту шару насадки $H_{\text{н}}$ знайдемо за формулою:

$$H_{\text{н}} = h_{\text{е}} \cdot n_{\text{т}} \quad (2.23)$$

де $h_{\text{е}}$ – висота насадки еквівалентна одній теоретичній тарілці;

$n_{\text{т}}$ – число теоретичних тарілок;

Визначення числа теоретичних тарілок в абсорбері ацетилену робимо графічним способом для чого, будемо:

а) робочу лінію як пряму через точки з координатами $(x_{\text{н}}, y_{\text{к}}); (x_{\text{к}}, y_{\text{н}})$.

де $x_{\text{н}}, y_{\text{к}}$ – початковий і кінцевий вміст ацетилену в розчиннику, $\text{м}^3/\text{м}^3$;

$x_{\text{к}}, y_{\text{н}}$ – початковий і кінцевий вміст ацетилену в газі, $\text{м}^3/\text{м}^3$.

$x_{\text{н}} = 0$, інші величини розраховуємо за формулами [15]:

$$y_{\text{к}} = y_{\text{н}} = \frac{y}{100 - y} \quad (2.24)$$

$$x_{\text{к}} = \frac{G_{\text{н}} \cdot y_{\text{н}} - G_{\text{к}} \cdot y_{\text{к}}}{L} \quad (2.25)$$

де v – концентрація, виражена в мольних відсотках;

$G_{\text{н}}$ – кількість газу, що надходить в абсорбер, $\text{м}^3/\text{год}$;

G_k – кількість синтез-газу, м³/год;

L – витрата поглиначч, м³/год;

$$y_H = \frac{9,8744}{100 - 9,8744} = 0,1096 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

$$y_K = \frac{0,038}{100 - 0,038} = 3,8 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3/\text{м}^3$$

$$x_K = \frac{108055 \cdot 0,1096 - 84379,68 \cdot 3,8 \cdot 10^{-4}}{1000} = 11,77 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

б) рівноважну лінію процесу абсорбції ацетилену N-метилпіролідом.[14]:

$$\lg y = \lg k : \lg P + \lg \frac{x}{x + 248} + 1,17 \frac{x}{x + 248} \quad (2.26)$$

де y – вміст ацетилену в газі, м³/м³;

x – вміст ацетилену в розчиннику, м³/м³;

k – константа Генрі;

P – загальний тиск в апараті, мм. рт. ст.; $\lg P = 3,821$

Константу Генрі для температури 40 – 50 °С визначимо згідно [14]:

$$\lg k = 8,45 - \frac{1400}{T} \quad (2.27)$$

$$\lg k = 8,45 - \frac{1400}{318} = 4,05$$

Результати розрахунків координат рівноважної лінії заносимо в таблицю 2.5.

Таблиця 2.5 – Координати рівноважної лінії

$x_H, \text{ м}^3/\text{м}^3$	$\lg y$	$y_p, \text{ м}^3/\text{м}^3$
0,00	-	0,0000
2,00	-2,2466	0,0057
1,00	-1,9426	0,0114
3,00	-1,7636	0,0172
4,00	-1,6358	0,0231
5,00	-1,5361	0,0291
6,00	-1,4541	0,0351
7,00	-1,3844	0,0413
8,00	-1,3236	0,0475
9,00	-1,2698	0,0537
10,00	-1,2213	0,0601
11,00	-1,1994	0,0665

12,00	-1,1773	0,0730
13,00	-1,1368	0,0754
14,00	-1,1186	0,0761

За координатами на рисунку 2.1 будемо рівноважні лінії та визначаємо кількість теоретичних тарілок в абсорбері

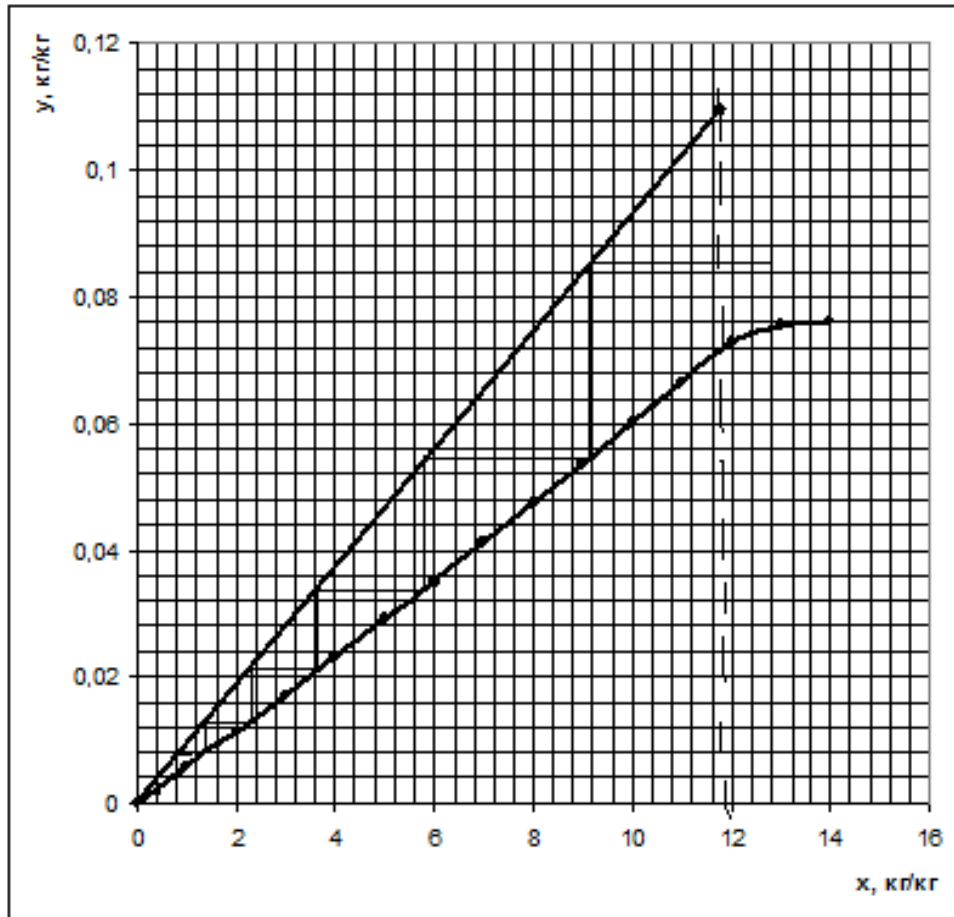


Рисунок 2.1 - Визначення кількості теоретичних тарілок в абсорбері

Із графіка визначаємо, що число теоретичних тарілок в абсорбері ацетилену 8 штук.

Висоту насадки h_e еквівалентну одному теоретичному ступеню згідно [15] визначаємо за формулою:

$$h_e = 48 \cdot \left(\frac{\rho_r \cdot \omega}{\mu_r} \right)^{0,2} \cdot f^{-1,25} \cdot V_c \left(\frac{G}{L} \right)^{0,405} \cdot \left(\frac{\rho_{ж}}{\rho_r} \right)^{0,225} \cdot \left(\frac{\mu_r}{\mu_{ж}} \right)^{0,045} \quad (2.28)$$

$$h_e = 48 \cdot \left(\frac{6,0761 \cdot 1,53}{0,013 \cdot 10^{-3}} \right)^{0,2} \cdot 170^{-1,25} \cdot 0,9 \cdot \left(\frac{85364}{1032800} \right)^{0,405} \cdot \left(\frac{1032,8}{6,0761} \right)^{0,225} \cdot \left(\frac{0,013 \cdot 10^{-3}}{0,5 \cdot 10^{-3}} \right)^{0,045} = 1,28 \text{ м}$$

$$H_H = 1,28 \cdot 8 = 10,24 \text{ м}$$

Визначення висоти абсорбера

Висоту абсорбера H визначимо за формулою [8]:

$$H = H_{\text{см}} + H_{\text{к}} + H_{\text{н}} + H_{\text{меж. нас.}} + H_{\text{сеп.}} + H_{\text{кр.}}, \quad (2.29)$$

де $H_{\text{см}}$ – висота ємності під абсорбером, $H_{\text{см}} = 6,3$ м;

$H_{\text{к}}$ – висота куба колони, $H_{\text{к}} = 4,4$ м;

$H_{\text{меж. нас.}} = 6,2$ м;

$H_{\text{сеп.}}$ – висота сепараційної зони, $H_{\text{сеп.}} = 3,4$ м;

$H_{\text{кр.}}$ – висота кришки, $H_{\text{кр.}} = 0,6$ м;

$$H = 6,3 + 4,4 + 10,24 + 6,2 + 3,4 + 0,6 = 31,14 \text{ м}$$

Приймаємо висоту абсорбера рівну висоті абсорбера, встановленого на виробництві ацетилену, а саме, 37,35 м, тому що в цеху встановлено вісім печей піролізу і тільки три зараз використовуються. Отже, абсорбер повинний забезпечувати роботу цеху при запуску всіх восьми печей.

3 КОНСТРУКЦІЯ ТА ПРИНЦИП ДІЇ АБСОРБЕРА

Абсорбер призначений для абсорбції ацетилену із суміші газів піролізу і циркуляційного газу.

Абсорбер представляє собою вертикальний циліндричний апарат з еліптичним днищем і кришкою, встановлений на циліндричній опорі, яка одночасно являється збірником N-метілпіролідону. Абсорбер забезпечений штуцерами технологічного призначення, КВП і А. Корпус абсорбера роз'ємний, складається з двох частин, сполучених фланцевим з'єднанням.

Усередині абсорбера для забезпечення контакту між рідиною і паром розташовано чотири зрошувані секції, заповнені насадкою з кілець Паля, розподільна і перерозподільна тарілки, опорні і притискні решітки.

Для завантаження й розвантаження насадки на циліндричному корпусі передбачені люки. Для рівномірного розподілу рідини по поверхні насадки апарат оснащений розподільною тарілкою і перерозподільною тарілкою. Кожний шар насадки опирається на опорну решітку. Для запобігання порушення слою кілець використовується притискна решітка.

Для обслуговування і ведення технологічного процесу абсорбер обладнаний сходами і майданчиками. На абсорбері є також стропові пристрої (схема строповки приведена на кресленні загального вигляду), пристрої для вивірювання абсорбера, встановленого на фундаменті розташовані вгорі і внизу абсорбера у взаємно перпендикулярній площині.

Суміш газів піролізу і циркуляційного газу після компресора газів піролізу а поступає в нижню частину абсорбера.

У верхню частину абсорбера подається розчинник з робочих ємностей насосами.

Як розчинник використовують N- метілпіролідон.

Робочий розчин N-метилпіролідону з розчиненими в нім газами з кубової частини абсорбера подається у верхню частину протиточного десорбера. Синтез-газ, що виходить з верхньої частини абсорбера, поступає в промивник синтез газу.

4 ВИБІР ОСНОВНИХ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Матеріали для виготовлення хімічних апаратів потрібно вибирати у відповідності зі специфікою їх експлуатації, враховуючи при цьому можливу зміну вихідних фізико-хімічних властивостей матеріалів під впливом робочого середовища, температури і хіміко-технологічних процесів, що протікають в апараті.

При виборі матеріалу для виготовлення апарата необхідно враховувати механічні властивості матеріалу, межу міцності, відносне подовження, твердість, технологічність у виготовленні, хімічну стійкість проти корозії, теплопровідність і ін.

Згідно даним швидкість корозії вуглецевих сталей у розчині N-метилпіролідону, при температурі 50⁰С и тиску 0,9МПа, становить 0,1 мм/рік. Тому в якості конструкційного матеріалу для корпусу колони, днищ, внутрішніх обладнань вибираємо вуглецеву сталь Ст3сп5 по ДСТУ 2651-94 (ГОСТ 380-94). Фланці повинні відповідати технічним вимогам за ГОСТ 12816-80. Матеріал фланців сталь Ст3сп5.

Конструкція й розміри фланців:

- апаратні за ГОСТ 28759.2-90;
- арматурні за ГОСТ 12820 -80.

Матеріал кріпильних виробів приймаємо відповідно до ГОСТ 12816-80:

- для болтів за ДСТ 7798-70 матеріал Ст20;
- для гайок за ДСТ 5927-80 матеріал Ст10.

Прокладки вибираємо відповідно до ГОСТ 28759.6-90. Матеріал прокладок - пароніт ПОН, товщина - 2мм за ГОСТ 481-80.

Матеріал для виготовлення опори приймаємо таким же як і для виготовлення корпусу апарата - сталь вуглецева Ст3сп5 за ДСТУ 2651-94 (ГОСТ 380-94).

Кільця “Паля” виготовлені з кераміки. [18]

5 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ АПАРАТА НА МІЦНІСТЬ, ЖОРСТКІСТЬ І СТІЙКІСТЬ

Вихідні дані

Внутрішній діаметр колонного апарату D , мм	1800
Висота колонного апарата H , мм	37620
Висота опорної обичайки (збірника) x_0 , мм	6295
Маса колонного апарата, кг, при товщині стінки $S=10$ мм	
– в робочих умовах m_1	58824
– в умовах випробувань m_2	133447
– в умовах монтажу з внутрішніми пристроями m_3	53724
– в умовах монтажу без внутрішніх пристроїв m_4	17102
Матеріал корпусу	Ст3сп5
Матеріал внутрішніх пристроїв	Ст3сп5
Матеріал опори	Ст3сп5
Робочий тиск в апараті $P_{\text{раб}}$, МПа	0,9
Розрахункова температура стінки апарата t , °С	35
Модуль подовжньої пружності матеріалу корпусу апарата при розрахунковій температурі, МПа	$\dot{A}_\epsilon = 1,975 \cdot 10^5$
Модуль подовжньої пружності матеріалу корпусу апарата при температурі $t = 20$ °С	$\dot{A}_\epsilon^{20} = 1,99 \cdot 10^5$
Модуль подовжньої пружності матеріалу опорної обичайки при розрахунковій температурі, МПа	$\dot{A}_\epsilon = 1,97 \cdot 10^5$
Модуль подовжньої пружності матеріалу опорної обичайки при температурі $t = 20$ °С, МПа	$\dot{A}_\epsilon^{20} = 1,99 \cdot 10^5$
Допустима напружина для сталі марки Ст3сп5 при розрахунковій температурі, МПа	153
Група апарату за ГСТУ 3-17-191-2000	1
Густина середовища ρ_c , кг/м ³	1000

Висота середовища в кубі апарата H_c , мм	2000
Висота води в апараті в умовах випробувань H_a , мм	31816

5.1 Визначення розрахункового, робочого та пробного тисків

Тиск в колонному апараті під час дії запобіжного клапана:

$$D_e = 1,15 \cdot D_{\text{д\ddot{a}a}} \quad (5.1)$$

$$D_e = 1,15 \cdot 0,9 = 1,035 \text{ МПа} .$$

Розрахунковий тиск без урахування гідростатичного тиску:

$$P_p = 0,9 P_k \quad (5.2)$$

$$D_\delta = 0,9 \cdot 1,035 = 0,93 \text{ МПа}$$

Гідростатичний тиск середовища визначаємо за формулою:

$$D_a = \rho_n \cdot g \cdot H_n \cdot 10^{-6}, \quad (5.3)$$

$$P_r = 1000 \cdot 9,81 \cdot 2,0 \cdot 10^{-6} = 0,02 \text{ МПа} .$$

Так як гідростатичний тиск середовища складає менше 5 % робочого тиску $D_a = 0,02 \text{ МПа} < 0,05 \cdot 0,9 = 0,045 \text{ МПа}$, розрахунковий тиск визначаємо без урахування гідростатичного:

$$D = D_\delta \quad (5.4)$$

$$D = 0,93 \text{ МПа} .$$

Пробний тиск визначаємо за формулою:

$$D_{\text{пр}} = 1,25 \cdot D \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]}, \quad (5.5)$$

$$D_{\text{пр}} = 1,25 \cdot 0,93 \cdot \frac{154}{153} = 1,17 \text{ МПа} .$$

Гідростатичний тиск води в умовах випробувань визначасмо, враховуючи, що густина води дорівнює $\rho_a = 1000 \text{ кг/м}^3$.

$$P_{\text{гводи}} = \rho_v \cdot g \cdot H_v \cdot 10^{-6} \quad (5.6)$$

$$D_{\text{а\ddot{a}a\ddot{e}}} = 1000 \cdot 9,81 \cdot 31,816 \cdot 10^{-6} = 0,312 \text{ МПа}$$

Так як гідростатичний тиск води:

$$D_{\text{а\ddot{a}a\ddot{e}}} = 0,312 \text{ МПа} > 0,05 \cdot D_{\text{пр}} = 0,05 \cdot 1,17 = 0,0585 \text{ МПа}$$

складає більше 5 % від пробного тиску, розрахунковий тиск в умовах випробувань D_a приймаємо рівним:

$$P_v = P_{\text{пр}} + P_{\text{гводи}} \quad (5.7)$$

$$D_a = 1,17 + 0,0585 = 1,23 \text{ МПа}$$

Перевіряємо необхідність розрахунку на міцність в умовах випробувань:

$$P_B \leq 1,35 \cdot P \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} \quad (5.8)$$

$$D_A = 1,23 \text{ ì} < 1,35 \cdot 0,93 \cdot \frac{154}{153} = 1,26 \text{ ì}$$

Так як розрахунковий тиск в умовах випробувань менше розрахункового тиску в робочих умовах, помноженого на $1,35 [\sigma]_{20}/[\sigma]$, то розрахунок на міцність в умовах випробування не проводимо.

5.2 Коефіцієнт міцності зварних швів

Група апарата – 1 [9]

Коефіцієнт міцності:

$$\varphi = 1 \quad [8]$$

5.3 Прибавки до розрахункових товщин конструктивних елементів

Прибавка на корозію з боку робочого середовища, мм, визначаємо за формулою:

$$\begin{aligned} \tilde{N}_1 &= \tilde{I} \cdot \tau, \\ \tilde{N}_1 &= 0,1 \cdot 20 = 2 \text{ ì} \end{aligned} \quad (5.9)$$

5.4 Розрахунок циліндричної обичайки корпуса

5.4.1 Розрахунок товщини стінки обичайки від внутрішнього тиску

$$\begin{aligned} S_p &= \frac{P \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - P}, \\ S_p &= \frac{0,93 \cdot 1800}{2 \cdot 153 \cdot 1,0 - 0,93} = 5,49 \text{ ì} \end{aligned} \quad (5.10)$$

Виконавчу товщину стінки обичайки визначаємо за формулою:

$$\begin{aligned} S &\geq S_p + C \\ S &= 5,49 + (2 + 0,8) = 8,29 \text{ ì} \end{aligned} \quad (5.11)$$

Приймаємо:

$$S = 10 \text{ ì}$$

5.4.2 Визначення допустимого тиску

Допустимий внутрішній надлишковий тиск визначаємо за формулою:

$$[D] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_{\delta} \cdot (S - \check{N})}{D + (S - C)} \quad (5.12)$$

$$[D] = \frac{2 \cdot 153 \cdot 1,0 \cdot (10 - 2,8)}{1800 + (10 - 2,8)} = 1,22 \text{ МПа}$$

Умова міцності:

$$P \leq [P]$$

$$D = 0,93 \text{ МПа} < [P] = 1,22 \text{ МПа} \quad - \text{ умова виконується.}$$

5.4.3 Перевіряємо умову застосування розрахункових формул:

$$\frac{S - C}{D} < 0,1 \quad (5.13)$$

$$\frac{10 - 2,8}{1800} = 0,004 < 0,1 \quad - \text{ умова виконується.}$$

5.5 Визначення товщини стінки еліптичного днища

5.5.1 Розрахунок товщини стінки еліптичного днища від внутрішнього тиску

Розрахункову товщину стінки днища від внутрішнього тиску, МПа, визначаємо за формулою:

$$S_p = \frac{P \cdot R}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - 0,5 \cdot P}, \quad (5.14)$$

$R = D$ – для стандартних еліптичних днищ.

$$S_p = \frac{0,93 \cdot 1800}{2 \cdot 153 \cdot 1,0 - 0,5 \cdot 0,93} = 5,48 \text{ МПа}$$

Виконавчу товщину стінки днища визначаємо за формулою (5.11):

$$S = 5,48 + (2 + 0,8) = 8,28 \text{ МПа}$$

Приймаємо:

$$S = 10 \text{ МПа}$$

5.5.2 Визначення допустимого тиску

Допустимий внутрішній надлишковий тиск, МПа:

$$[P] = \frac{2 \cdot (S - C) \cdot \varphi \cdot [\sigma]}{R + 0,5 \cdot (S - C)} \quad (5.15)$$

$$[P] = \frac{2 \cdot 153 \cdot 1,0 \cdot (10 - 2,8)}{1800 + 0,5 \cdot (10 - 2,8)} = 1,22 \text{ МПа}$$

Умова міцності:

$$P \leq [P]$$

$$D = 0,93 \text{ МПа} < [P] = 1,22 \text{ МПа} \quad \text{– умова виконується.}$$

5.5.3 Перевіряємо умову застосування розрахункових формул:

$$0,002 \leq \frac{S - C}{D} \leq 0,100 \quad (5.16)$$

$$0,002 \leq \frac{10 - 2,8}{1800} \leq 0,1$$

$0,002 < 0,004 < 0,1$ – умова виконується.

5.6 Визначення маси апарата

5.6.1 Визначення маси апарата для робочих умов з урахуванням маси внутрішніх пристроїв та робочого середовища

5.6.1.1 Визначення маси обичайки

Масу обичайки визначаємо за формулою:

$$m_{\text{об}} = V_{\text{об}} \cdot \rho, \quad (5.17)$$

Приймаємо $\rho = 7850 \text{ кг/м}^3$;

$$V_{\text{об}} = \pi \cdot D \cdot l_{\text{об}} \cdot S, \quad (5.18)$$

Маса верхньої обичайки:

$$l_{\text{об}} = 17810 \text{ мм}$$

$$V_{\text{об}} = 3,14 \cdot 1,8 \cdot 17,81 \cdot 0,01 = 1,007 \text{ м}^3$$

$$m_{\text{об}} = 1,007 \cdot 7850 = 7905 \text{ кг}$$

Маса нижньої обичайки:

$$l_{\text{об}} = 12475 \text{ мм}$$

$$V_{\text{об}} = 3,14 \cdot 1,8 \cdot 12,475 \cdot 0,01 = 0,705 \text{ м}^3$$

$$m_{\text{об}} = 0,705 \cdot 7850 = 5534 \text{ кг}$$

5.6.1.2 Визначення маси насипної насадки

Масу шару насадки визначаємо за формулою:

$$m_{\text{на}} = V_{\text{на}} \cdot \rho_{\text{на}}, \quad (5.19)$$

$$\rho_{\text{на}} = 580 \text{ кг/м}^3$$

$$V_{\text{на}} = 55,3 \text{ м}^3$$

Маса насадки дорівнює:

$$m_{\text{на}} = 55,3 \cdot 580 = 32074 \text{ кг}$$

5.6.1.3 Визначення маси циліндричної опори

Масу циліндричної опори визначаємо за формулою:

$$m_{\text{mòè}} = V_{\text{mòè}} \cdot \rho, \quad (5.20)$$

Приймаємо $\rho = 7850 \text{ êã/ì}^3$;

$$V_{\text{mòè}} = \pi \cdot D \cdot l_{\text{mòè}} \cdot S_{\text{mòè}} \quad (5.21)$$

$$V_{\text{mòè}} = 3,14 \cdot 1,8 \cdot 6,295 \cdot 0,01 = 0,36 \text{ ì}^3$$

Тоді маса опори дорівнює:

$$m_{\text{mòè}} = 0,36 \cdot 7850 = 2826 \text{ êã}$$

6.6.1.4 Визначення маси робочого середовища

Масу робочого середовища визначаємо за формулою:

$$m_{\text{ñàðää}} = V_{\text{ñàðää}} \cdot \rho_{\text{ñàðää}} \quad (5.22)$$

$$V_{\text{ñàðää}} = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot H \quad (6.23)$$

$$V_{\text{ñàðää}} = \frac{3,14}{4} \cdot 1,8^2 \cdot 2 = 5,1 \text{ ì}^3$$

Тоді маса середовища дорівнює:

$$m_{\text{ñàðää}} = 5,1 \cdot 1000 = 5100 \text{ êã}$$

Загальна маса апарата дорівнює:

$$m_{\text{ààðàòà}} = (2 \cdot m_{\text{àìèùà}} + m_{\text{ìè-àéó³}} + m_{\text{àñàäèè}} + m_{\text{mòè}} + \sum m_{\text{ìèòòòìçà}}) + m_{\text{ñàðää}} \quad (5.24)$$

$$m_{\text{ààðàòà}} = (2 \cdot 418,5 + (7905 + 5534) + 32074 + 2826 + 4548) + 5100 = 58824 \text{ êã}$$

де $m_{\text{àìèùà}}$ – маса еліптичного днища; $m_{\text{àìèùà}} = 418,5 \text{ êã}$ [9]

$\sum m_{\text{ìèòòòìçà}}$ – сумарна маса внутрішніх пристроїв; $\sum m_{\text{ìèòòòìçà}} = 4548 \text{ êã}$

5.6.2 Визначення маси апарата для умов гідравлічних випробувань

5.6.2.1 Масу води для гідравлічних випробувань визначаємо за формулою:

$$m_{\text{àìè}} = m_{\text{àìè-àéó³}} + 2 \cdot m_{\text{àìè ó àìèù³}} \quad (5.25)$$

Об'єм води в обичайці визначаємо за формулою:

$$V_{\text{àìè-àéó³}} = \frac{\pi}{4} \cdot D^2 \cdot H \quad (5.26)$$

$$V_{\text{àìè-àéó³}} = \frac{3,14}{4} \cdot 1,8^2 \cdot 30,53 = 78 \text{ ì}^3$$

Масу води в обичайці визначаємо за формулою:

$$m_{\text{àìè}} = V \cdot \rho$$

$$m_{\text{àìè-àéó³}} = 78 \cdot 1000 = 78000 \text{ êã}$$

Масу води в днищі визначаємо за формулою:

$$m_{\text{àìè ó àìèù³}} = V_{\text{àìèùà}} \cdot \rho_{\text{ñóðää}} \quad (5.27)$$

$$m_{\text{àìè ó àìèù³}} = 0,8617 \cdot 1000 = 861,7 \text{ êã}$$

Загальна маса води в апараті дорівнює:

$$m_{\text{аіііі}} = 78000 + 2 \cdot 861,7 = 79723,4 \text{ êã}$$

Загальна маса апарата дорівнює:

$$m_{\text{аііііааа}} = \left(2 \cdot m_{\text{аіііі}} + m_{\text{іііііііііі}} + m_{\text{іііііііііі}} + m_{\text{ііііі}} + \sum m_{\text{іііііііііііі}} \right) + m_{\text{аіііі}} \quad (5.28)$$

$$m_{\text{аііііааа}} = (2 \cdot 418,5 + (7905 + 5534) + 32074 + 2826 + 4548) + 79723,4 = 133447 \text{ êã}$$

На рисунку 5.1 зображена розрахункова схема колонного апарату

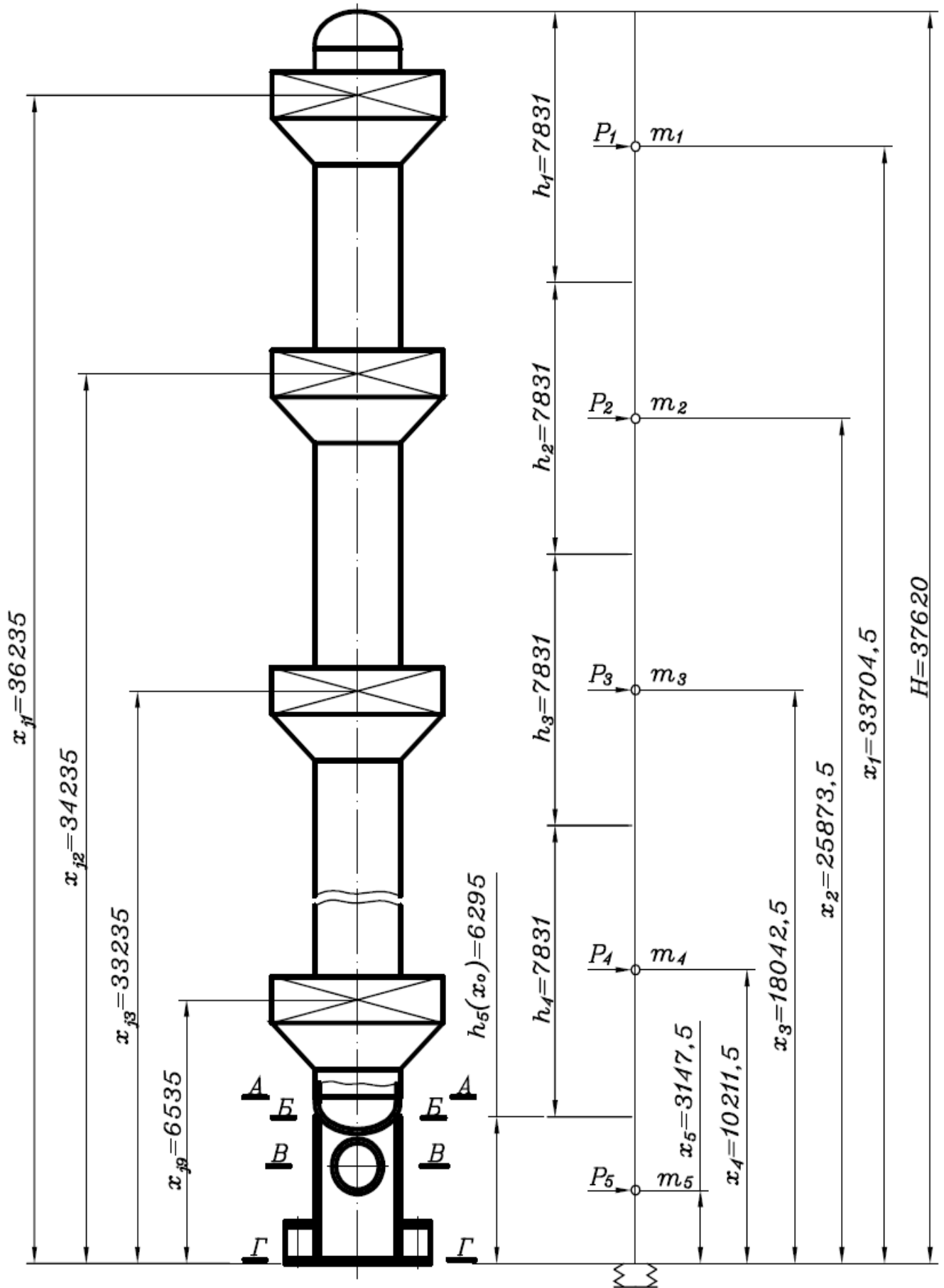


Рисунок 5.1 - Розрахункова схема колонного апарату

5.6.3 Визначення маси апарата для умов монтажу (з урахуванням внутрішніх пристроїв)

Загальна маса апарата дорівнює:

$$m_{\text{апарат}} = (2 \cdot m_{\text{аєв}} + m_{\text{іє-аєєє}} + m_{\text{іаіаіііі}} + m_{\text{іііі}} + \sum m_{\text{іііііііі}}) \quad (5.29)$$

$$m_{\text{апарат}} = (2 \cdot 418,5 + (7905 + 5534) + 32074 + 2826 + 4548) = 53724 \text{ êã}$$

5.6.4 Визначення маси апарата для умов монтажу (без урахування внутрішніх пристроїв)

Загальна маса апарата дорівнює:

$$m_{\text{апарат}} = (2 \cdot m_{\text{аєв}} + m_{\text{іє-аєєє}} + m_{\text{іііі}}) \quad (5.30)$$

$$m_{\text{апарат}} = (2 \cdot 418,5 + (7905 + 5534) + 2826) = 17102 \text{ êã}$$

5.7 Визначення згинальних моментів від вітрового навантаження

Колонний апарат розраховуємо для робочих умов, умов випробувань і монтажу.

5.7.1 Визначення періоду основного тону власних коливань

Момент інерції поперечного перерізу корпусу колони відносно центральної осі визначаємо за формулою:

$$I_k = 0,393 \cdot (D + S - C)^3 \cdot (S - C) \quad (5.31)$$

$$I_e = 0,393 \cdot (1800 + 10 - 2,8)^3 \cdot (10 - 2,8) = 1,67 \cdot 10^{10} \text{ ì}^4$$

Коефіцієнт нерівномірності стиснення ґрунту за відсутністю даних інженерної геології приймаємо рівним $C_F = 6 \cdot 10^{-2} \text{ Н/мм}^3$ [11].

Оскільки точні розміри фундаменту невідомі, момент інерції підшви фундаменту визначаємо за формулою:

$$I_F = 0,065 D_{\text{нк}}^4 \quad (5.32)$$

Визначаємо зовнішній діаметр опорного кільця циліндричної опори колонного апарата діаметром 1800 мм . $D_{\text{іє}} = 2100 \text{ ì}$ [10].

$$I_F = 0,065 \cdot 2100^4 = 1,26 \cdot 10^{12} \text{ ì}^4.$$

Період основного тону власних коливань колонного апарата з рівномірно розподіленою по висоті масою в робочих умовах визначаємо за формулою:

$$T = 5,69 \cdot 10^{-2} \text{ Н} \sqrt{\frac{m_1 \cdot H}{E_{\text{іє}} \cdot I_{\text{іє}}} + \frac{4 m_1}{C_F \cdot I_F}} \quad (5.33)$$

$$\dot{O} = 5,69 \cdot 10^{-2} \cdot 37620 \cdot \sqrt{\frac{58824 \cdot 37620}{1,975 \cdot 10^5 \cdot 1,67 \cdot 10^{10}} + \frac{4 \cdot 58824}{6 \cdot 10^{-2} \cdot 1,26 \cdot 10^{12}}} = 4,16 \text{ м}$$

5.7.2 Визначення згинальних моментів в розрахункових перерізах

Згідно з розрахунковою схемою колонний апарат розбиваємо на 5 ділянок:

$$h_1 = h_2 = h_3 = h_4 = 7831 \text{ мм} \quad \text{і} \quad h_5 = 6295 \text{ мм}$$

Відстань від середини 1-го зверху ділянки до основи колони складає:

$$x_1 = 37620 - 7831/2 = 33704,5 \text{ мм} .$$

Відстань від середини 2-го зверху ділянки до основи колони складає:

$$x_2 = 37620 - 7831 - 7831/2 = 25873,5 \text{ мм} .$$

Відстань від середини 3-го зверху ділянки до основи колони складає:

$$x_3 = 37620 - 7831 - 7831 - 7831/2 = 18042,5 \text{ мм} .$$

Відстань від середини 4-го зверху ділянки до основи колони складає:

$$x_4 = 37620 - 7831 - 7831 - 7831 - 7831/2 = 10211,5 \text{ мм} .$$

Відстань від середини 5-ї зверху ділянки (опори) до основи колони:

$$x_5 = 0,5 \cdot 6295 = 3147,5 \text{ мм} .$$

Коефіцієнт, який враховує змінення вітрового тиску по висоті апарата:

$$\Theta_i = \left(\frac{x_i}{10^4} \right)^{0,31} \quad (5.34)$$

Для 1-ї ділянки:

$$\Theta_1 = \left(\frac{33704,5}{10^4} \right)^{0,31} = 1,46$$

Для 2-ї ділянки:

$$\Theta_2 = \left(\frac{25873,5}{10^4} \right)^{0,31} = 1,34$$

Для 3-ї ділянки:

$$\Theta_3 = \left(\frac{18042,5}{10^4} \right)^{0,31} = 1,2$$

Для 4-ї ділянки:

$$\Theta_4 = \left(\frac{10211,5}{10^4} \right)^{0,31} = 1,01$$

Для 5-ї ділянки (опора):

$$\Theta_5 = \left(\frac{3147,5}{10^4} \right)^{0,31} = 0,7$$

Для району Донбасу (III вітровий район) швидкісний напір вітру складає:

$$q_0 = 3,8 \cdot 10^{-4} \text{ МПа.}$$

Аеродинамічний коефіцієнт для апарата з обслуговуючими майданчиками приймаємо рівним:

$$K = 0,85.$$

Середня статична складова вітрового навантаження на i -у ділянку:

$$P_{i \text{ st}} = q_{i \text{ st}} \cdot D_i \cdot h_i, \quad (5.35)$$

Нормативне значення статичної складової вітрового навантаження на середині i -ї ділянки колони визначаємо за формулою:

$$q_{i \text{ st}} = q_0 \cdot \Theta_i \cdot K. \quad (5.36)$$

Для 1-ї ділянки:

$$q_{1 \text{ st}} = 3,8 \cdot 10^{-4} \cdot 1,46 \cdot 0,85 = 4,7 \cdot 10^{-4} \text{ Їа}$$

Для 2-ї ділянки:

$$q_{2 \text{ st}} = 3,8 \cdot 10^{-4} \cdot 1,34 \cdot 0,85 = 4,33 \cdot 10^{-4} \text{ Їа}$$

Для 3-ї ділянки:

$$q_{3 \text{ st}} = 3,8 \cdot 10^{-4} \cdot 1,2 \cdot 0,85 = 3,88 \cdot 10^{-4} \text{ Їа}$$

Для 4-ї ділянки:

$$q_{4 \text{ st}} = 3,8 \cdot 10^{-4} \cdot 1,01 \cdot 0,85 = 3,26 \cdot 10^{-4} \text{ Їа}$$

Для 5-ї ділянки (опора):

$$q_{5 \text{ st}} = 3,8 \cdot 10^{-4} \cdot 0,7 \cdot 0,85 = 2,26 \cdot 10^{-4} \text{ Їа}$$

Зовнішній діаметр колонного апарата в робочих умовах (без ізоляції):

$$D_i = D + 2 \cdot S \quad (5.37)$$

$$D_i = 1800 + 2 \cdot 10 = 1820 \text{ мм}$$

Середня статична складова вітрового навантаження на 1-у ділянку складає:

$$P_{1st} = 4,7 \cdot 10^{-4} \cdot 1820 \cdot 7831 = 6698 \text{ Ї}$$

Середня статична складова вітрового навантаження на 2-у ділянку складає:

$$P_{2st} = 4,33 \cdot 10^{-4} \cdot 1820 \cdot 7831 = 6171 \text{ Ї}$$

Середня статична складова вітрового навантаження на 3-ю ділянку складає:

$$P_{3st} = 3,88 \cdot 10^{-4} \cdot 1820 \cdot 7831 = 5530 \text{ Ї}$$

Середня статична складова вітрового навантаження на 4-у ділянку складає:

$$P_{4st} = 3,26 \cdot 10^{-4} \cdot 1820 \cdot 7831 = 4646 \text{ Ї}$$

Середня статична складова вітрового навантаження на 5-у ділянку (опора) складає:

$$P_{5st} = 2,26 \cdot 10^{-4} \cdot 1820 \cdot 6295 = 2589 \text{ Ї}$$

Масу i -ї ділянки апарата в робочих умовах визначаємо за формулою:

$$m_i = \frac{m_1 \cdot h_i}{H} \quad (5.38)$$

Маса 1-ї ділянки апарата складає:

$$m_1 = \frac{58824 \cdot 7831}{37620} = 12245 \text{ êã}$$

Маса 2-ї ділянки апарата складає:

$$m_2 = \frac{58824 \cdot 7831}{37620} = 12245 \text{ êã}$$

Маса 3-ї ділянки апарата складає:

$$m_3 = \frac{58824 \cdot 7831}{37620} = 12245 \text{ êã}$$

Маса 4-ї ділянки апарата складає:

$$m_4 = \frac{58824 \cdot 7831}{37620} = 12245 \text{ êã}$$

Маса 5-ї ділянки (опора) апарата складає:

$$m_5 = \frac{58824 \cdot 6295}{37620} = 9844 \text{ êã}$$

Коефіцієнт пульсації тиску вітру для середини i -ї ділянки на висоті x_i визначаємо за формулою:

$$\mu_3 = \min \left\{ 0,76 \left(\frac{\tilde{\sigma}_3}{10^4} \right)^{-0,15} ; 0,85 \right\}. \quad (5.39)$$

Коефіцієнт пульсації тиску вітру для середини 1-ї зверху ділянки на висоті 33704,5 мм складає:

$$\mu_1 = \min \left\{ 0,76 \cdot \left(\frac{33704,5}{10^4} \right)^{-0,15} ; 0,85 \right\} = \min \{0,63; 0,85\} = 0,63$$

Коефіцієнт пульсації тиску вітру для середини 2-ї зверху ділянки на висоті 25873,5 мм складає:

$$\mu_2 = \min \left\{ 0,76 \cdot \left(\frac{25873,5}{10^4} \right)^{-0,15} ; 0,85 \right\} = \min \{0,66; 0,85\} = 0,66$$

Коефіцієнт пульсації тиску вітру для середини 3-ї зверху ділянки на висоті 18042,5 мм складає:

$$\mu_3 = \min \left\{ 0,76 \cdot \left(\frac{18042,5}{10^4} \right)^{-0,15} ; 0,85 \right\} = \min \{0,7; 0,85\} = 0,7$$

Коефіцієнт пульсації тиску вітру для середини 4-ї зверху ділянки на висоті 10211,5 мм складає:

$$\mu_4 = \min \left\{ 0,76 \cdot \left(\frac{10211,5}{10^4} \right)^{-0,15} ; 0,85 \right\} = \min \{0,76; 0,85\} = 0,76$$

Коефіцієнт пульсації тиску вітру для середини 5-ї зверху ділянки (опора) на висоті 3147,5 мм складає:

$$\mu_5 = \min \left\{ 0,76 \cdot \left(\frac{3147,5}{10^4} \right)^{-0,15} ; 0,85 \right\} = \min \{0,9; 0,85\} = 0,85$$

Коефіцієнт простірної кореляції пульсацій тиску вітру:

$$v = 0,968 - 0,025 \sqrt{\frac{H}{10^3}} \quad (5.40)$$

$$v = 0,968 - 0,025 \cdot \sqrt{\frac{37620}{10^3}} = 0,815$$

Параметр ε для робочих умов визначаємо за формулою:

$$\varepsilon = \frac{T \cdot \sqrt{q_0}}{0,79} \quad (5.41)$$

$$\varepsilon = \frac{4,16 \cdot \sqrt{3,8 \cdot 10^{-4}}}{0,79} = 0,1$$

Коефіцієнт динамічності при вітровому навантаженні для робочих умов:

$$\xi = 1,1 + \sqrt{15,5\varepsilon} \quad (5.42)$$

$$\xi = 1,1 + \sqrt{15,5 \cdot 0,1} = 2,34$$

Коефіцієнт β_i визначаємо за формулою:

$$\beta_i = \frac{1}{2} \left[3 \left(\frac{x_i}{H} \right)^2 - \left(\frac{x_i}{H} \right)^3 \right] \quad (5.43)$$

Для 1-ї ділянки:

$$\beta_1 = \frac{1}{2} \left[3 \left(\frac{33704,5}{37620} \right)^2 - \left(\frac{33704,5}{37620} \right)^3 \right] = 0,84$$

Для 2-ї ділянки:

$$\beta_2 = \frac{1}{2} \left[3 \left(\frac{25873,5}{37620} \right)^2 - \left(\frac{25873,5}{37620} \right)^3 \right] = 0,55$$

Для 3-ї ділянки:

$$\beta_3 = \frac{1}{2} \left[3 \left(\frac{18042,5}{37620} \right)^2 - \left(\frac{18042,5}{37620} \right)^3 \right] = 0,29$$

Для 4-ї ділянки:

$$\beta_4 = \frac{1}{2} \left[3 \left(\frac{10211,5}{37620} \right)^2 - \left(\frac{10211,5}{37620} \right)^3 \right] = 0,1$$

Для 5-ї ділянки (опора):

$$\beta_5 = \frac{1}{2} \left[3 \left(\frac{3147,5}{37620} \right)^2 - \left(\frac{3147,5}{37620} \right)^3 \right] = 0,01$$

Відносне переміщення центра ваги i-ї ділянки в робочих умовах:

$$\alpha_i = \left(\frac{H \cdot \beta_i}{3 \cdot E_k \cdot I_k} + \frac{x_i}{H \cdot C_F \cdot I_F} \right) \quad (5.44)$$

Для 1-ї ділянки:

$$\alpha_1 = \frac{37620 \cdot 0,84}{3 \cdot 1,975 \cdot 10^5 \cdot 1,67 \cdot 10^{10}} + \frac{33704,5}{37620 \cdot 6 \cdot 10^{-2} \cdot 1,26 \cdot 10^{12}} = 1,5 \cdot 10^{-11} \text{ 1/} \dot{\text{I}} \cdot \ddot{\text{u}} \text{ .}$$

Для 2-ї ділянки:

$$\alpha_2 = \frac{37620 \cdot 0,55}{3 \cdot 1,975 \cdot 10^5 \cdot 1,67 \cdot 10^{10}} + \frac{25873,5}{37620 \cdot 6 \cdot 10^{-2} \cdot 1,26 \cdot 10^{12}} = 1,11 \cdot 10^{-11} \text{ 1/}\ddot{\text{m}} \cdot \ddot{\text{m}} \text{ .}$$

Для 3-ї ділянки:

$$\alpha_3 = \frac{37620 \cdot 0,29}{3 \cdot 1,97 \cdot 10^5 \cdot 1,67 \cdot 10^{10}} + \frac{18042,5}{37620 \cdot 6 \cdot 10^{-2} \cdot 1,26 \cdot 10^{12}} = 7,42 \cdot 10^{-12} \text{ 1/}\ddot{\text{m}} \cdot \ddot{\text{m}} \text{ .}$$

Для 4-ї ділянки:

$$\alpha_4 = \frac{37620 \cdot 0,1}{3 \cdot 1,97 \cdot 10^5 \cdot 1,67 \cdot 10^{10}} + \frac{10211,5}{37620 \cdot 6 \cdot 10^{-2} \cdot 1,26 \cdot 10^{12}} = 3,96 \cdot 10^{-12} \text{ 1/}\ddot{\text{m}} \cdot \ddot{\text{m}} \text{ .}$$

Для 5-ї ділянки (опора):

$$\alpha_5 = \frac{37620 \cdot 0,01}{3 \cdot 1,97 \cdot 10^5 \cdot 1,67 \cdot 10^{10}} + \frac{3147,5}{37620 \cdot 6 \cdot 10^{-2} \cdot 1,26 \cdot 10^{12}} = 1,14 \cdot 10^{-12} \text{ 1/}\ddot{\text{m}} \cdot \ddot{\text{m}} \text{ .}$$

Зведене відносне прискорення центра ваги i -ї ділянки в робочих умовах:

$$\eta_i = \alpha_i \frac{\sum_{i=1}^z \alpha_i \cdot \mu_i \cdot P_{ist}}{\sum_{i=1}^z \alpha_i^2 \cdot m_i \cdot g} \quad (5.45)$$

Обчислюємо чисельник формули для визначення зведеного відносного прискорення центра ваги i -ї ділянки:

$$\sum_{i=1}^z \alpha_i \cdot \mu_i \cdot P_{ist} = 1,5 \cdot 10^{-11} \cdot 0,63 \cdot 6698 + 1,11 \cdot 10^{-11} \cdot 0,66 \cdot 6171 + 7,42 \cdot 10^{-12} \cdot 0,7 \cdot 5530 + \\ + 3,96 \cdot 10^{-12} \cdot 0,76 \cdot 4646 + 1,14 \cdot 10^{-12} \cdot 0,85 \cdot 2589 = 1,54 \cdot 10^{-7}.$$

Обчислюємо знаменник формули для визначення зведеного відносного прискорення центра ваги i -ї ділянки:

$$\sum_{i=1}^z \alpha_i^2 \cdot m_i \cdot g = (1,5 \cdot 10^{-11})^2 \cdot 12245 \cdot 9,81 + (1,11 \cdot 10^{-11})^2 \cdot 12245 \cdot 9,81 + (7,42 \cdot 10^{-12})^2 \cdot 12245 \cdot 9,81 + \\ + (3,96 \cdot 10^{-12})^2 \cdot 12245 \cdot 9,81 + (1,14 \cdot 10^{-12})^2 \cdot 9844 \cdot 9,81 = 5,05 \cdot 10^{-17}.$$

Зведене відносне прискорення центра ваги 1-ї ділянки складає:

$$\eta_1 = 1,5 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{1,54 \cdot 10^{-7}}{5,05 \cdot 10^{-17}} = 4,57 \cdot 10^{-2}$$

Зведене відносне прискорення центра ваги 2-ї ділянки складає:

$$\eta_2 = 1,11 \cdot 10^{-11} \cdot \frac{1,54 \cdot 10^{-7}}{5,05 \cdot 10^{-17}} = 3,38 \cdot 10^{-2}$$

Зведене відносне прискорення центра ваги 3-ї ділянки складає:

$$\eta_3 = 7,42 \cdot 10^{-12} \cdot \frac{1,54 \cdot 10^{-7}}{5,05 \cdot 10^{-17}} = 2,26 \cdot 10^{-2}$$

Зведене відносне прискорення центра ваги 4-ї ділянки складає:

$$\eta_4 = 3,96 \cdot 10^{-12} \cdot \frac{1,54 \cdot 10^{-7}}{5,05 \cdot 10^{-17}} = 1,21 \cdot 10^{-2}$$

Зведене відносне прискорення центра ваги 5-ї ділянки складає:

$$\eta_5 = 1,14 \cdot 10^{-12} \cdot \frac{1,54 \cdot 10^{-7}}{5,05 \cdot 10^{-17}} = 3,48 \cdot 10^{-3}$$

Динамічна складова вітрового навантаження на i -у ділянку в робочих умовах:

$$P_{i\text{dyn}} = v \cdot m_i \cdot g \cdot \xi \cdot \eta_i \quad (5.46)$$

Динамічна складова вітрового навантаження на 1-у ділянку складає:

$$D_{1\text{dyn}} = 0,815 \cdot 12245 \cdot 9,81 \cdot 2,34 \cdot 4,57 \cdot 10^{-2} = 10469 \text{ Í}$$

Динамічна складова вітрового навантаження на 2-у ділянку складає:

$$D_{2\text{dyn}} = 0,815 \cdot 12245 \cdot 9,81 \cdot 2,34 \cdot 3,38 \cdot 10^{-2} = 7743 \text{ Í}$$

Динамічна складова вітрового навантаження на 3-ю ділянку складає:

$$D_{3\text{dyn}} = 0,815 \cdot 12245 \cdot 9,81 \cdot 2,34 \cdot 2,26 \cdot 10^{-2} = 5177 \text{ Í}$$

Динамічна складова вітрового навантаження на 4-у ділянку складає:

$$D_{4\text{dyn}} = 0,815 \cdot 12245 \cdot 9,81 \cdot 2,34 \cdot 1,21 \cdot 10^{-2} = 2772 \text{ Í}$$

Динамічна складова вітрового навантаження на 5-у ділянку складає:

$$D_{5\text{dyn}} = 0,815 \cdot 9844 \cdot 9,81 \cdot 2,34 \cdot 3,48 \cdot 10^{-3} = 641 \text{ Í}$$

Вітрове навантаження, яке діє на i -у ділянку колони в робочих умовах:

$$P_i = P_{i\text{st}} + P_{i\text{dyn}} \quad (5.47)$$

Вітрове навантаження, яке діє на 1-у ділянку колони, складає:

$$P_1 = 6698 + 10469 = 17167 \text{ Í}$$

Вітрове навантаження, яке діє на 2-у ділянку колони, складає:

$$P_2 = 6171 + 7743 = 13914 \text{ Í}$$

Вітрове навантаження, яке діє на 3-ю ділянку колони, складає:

$$P_3 = 5530 + 5177 = 10707 \text{ Í}$$

Вітрове навантаження, яке діє на 4-у ділянку колони, складає:

$$P_4 = 4646 + 2772 = 7418 \text{ Í}$$

Вітрове навантаження, яке діє на 5-у ділянку колони (опора), складає:

$$P_5 = 2589 + 641 = 3230 \text{ Í}$$

На рисунку 5.2 показані розміри обслуговуючого майданчика

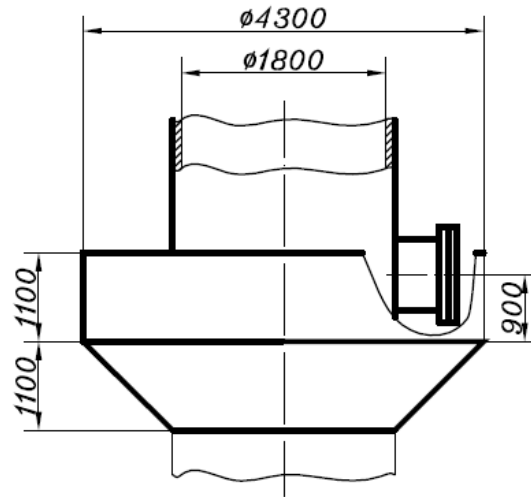


Рисунок 5.2 - Розміри обслуговуючого майданчика

Площу проєкції контуру обслуговуючого майданчика на вертикальну площину визначаємо за формулою:

$$A = 2,2 \cdot 10^3 \cdot (D + 1875) \quad (5.48)$$

$$A = 2,2 \cdot 10^3 \cdot (1800 + 1875) = 8,08 \cdot 10^6 \text{ ì}^2$$

Коефіцієнт Θ_j визначаємо за формулою:

$$\Theta_j = \left(\frac{x_{jl}}{10^4} \right)^{0,31} \quad (5.49)$$

Для 1-го зверху колонного апарата обслуговуючого майданчика:

$$\Theta_1 = \left(\frac{36585}{10^4} \right)^{0,31} = 1,49$$

Для 2-го зверху колонного апарата обслуговуючого майданчика:

$$\Theta_2 = \left(\frac{34235}{10^4} \right)^{0,31} = 1,46$$

Для 3-го зверху колонного апарата обслуговуючого майданчика:

$$\Theta_3 = \left(\frac{33235}{10^4} \right)^{0,31} = 1,45$$

Для 4-го зверху колонного апарата обслуговуючого майданчика:

$$\Theta_4 = \left(\frac{27235}{10^4} \right)^{0,31} = 1,36$$

Для 5-го зверху колонного апарата обслуговуючого майданчика:

$$\Theta_5 = \left(\frac{22035}{10^4} \right)^{0,31} = 1,28$$

Для 6-го зверху колонного апарата обслуговуючого майданчика:

$$\Theta_6 = \left(\frac{20735}{10^4} \right)^{0,31} = 1,25$$

Для 7-го зверху колонного апарата обслуговуючого майданчика:

$$\Theta_7 = \left(\frac{15635}{10^4} \right)^{0,31} = 1,15$$

Для 8-го зверху колонного апарата обслуговуючого майданчика:

$$\Theta_8 = \left(\frac{10935}{10^4} \right)^{0,31} = 1,03$$

Для 9-го зверху колонного апарата обслуговуючого майданчика:

$$\Theta_9 = \left(\frac{6535}{10^4} \right)^{0,31} = 0,88$$

Коефіцієнт χ_j визначаємо за формулою:

$$\chi_j = 1,56 \cdot \left(\frac{x_j}{H} \right)^{1,6} \quad (5.50)$$

Для 1-го обслуговуючого майданчика:

$$\chi_1 = 1,56 \cdot \left(\frac{36235}{37620} \right)^{1,6} = 1,47$$

Для 2-го обслуговуючого майданчика:

$$\chi_2 = 1,56 \cdot \left(\frac{34235}{37620} \right)^{1,6} = 1,34$$

Для 3-го обслуговуючого майданчика:

$$\chi_3 = 1,56 \cdot \left(\frac{33235}{37620} \right)^{1,6} = 1,28$$

Для 4-го обслуговуючого майданчика:

$$\chi_4 = 1,56 \cdot \left(\frac{27235}{37620} \right)^{1,6} = 0,93$$

Для 5-го обслуговуючого майданчика:

$$\chi_5 = 1,56 \cdot \left(\frac{22035}{37620} \right)^{1,6} = 0,66$$

Для 6-го обслуговуючого майданчика:

$$\chi_6 = 1,56 \cdot \left(\frac{20735}{37620} \right)^{1,6} = 0,6$$

Для 7-го обслуговуючого майданчика:

$$\chi_7 = 1,56 \cdot \left(\frac{15635}{37620} \right)^{1,6} = 0,38$$

Для 8-го обслуговуючого майданчика:

$$\chi_8 = 1,56 \cdot \left(\frac{10935}{37620} \right)^{1,6} = 0,22$$

Для 9-го обслуговуючого майданчика:

$$\chi_9 = 1,56 \cdot \left(\frac{6535}{37620} \right)^{1,6} = 0,09$$

Коефіцієнт пульсації тиску вітру для середини і-го обслуговуючого майданчика визначаємо за формулою:

$$\mu_j = \min \left\{ 0,76 \cdot \left(\frac{x_j}{10^4} \right)^{-0,15} ; 0,85 \right\} \quad (5.51)$$

Для 1-го обслуговуючого майданчика:

$$\mu_1 = \min \left\{ 0,76 \cdot \left(\frac{36235}{10^4} \right)^{-0,15} ; 0,85 \right\} = \min \{ 0,63; 0,85 \} = 0,63$$

Для 2-го обслуговуючого майданчика:

$$\mu_2 = \min \left\{ 0,76 \cdot \left(\frac{34235}{10^4} \right)^{-0,15} ; 0,85 \right\} = \min \{ 0,63; 0,85 \} = 0,63$$

Для 3-го обслуговуючого майданчика:

$$\mu_3 = \min \left\{ 0,76 \cdot \left(\frac{33235}{10^4} \right)^{-0,15}; 0,85 \right\} = \min \{0,63; 0,85\} = 0,63$$

Для 4-го обслуговуючого майданчика:

$$\mu_4 = \min \left\{ 0,76 \cdot \left(\frac{27235}{10^4} \right)^{-0,15}; 0,85 \right\} = \min \{0,65; 0,85\} = 0,65$$

Для 5-го обслуговуючого майданчика:

$$\mu_5 = \min \left\{ 0,76 \cdot \left(\frac{22035}{10^4} \right)^{-0,15}; 0,85 \right\} = \min \{0,68; 0,85\} = 0,68$$

Для 6-го обслуговуючого майданчика:

$$\mu_6 = \min \left\{ 0,76 \cdot \left(\frac{20735}{10^4} \right)^{-0,15}; 0,85 \right\} = \min \{0,68; 0,85\} = 0,68$$

Для 7-го обслуговуючого майданчика:

$$\mu_7 = \min \left\{ 0,76 \cdot \left(\frac{15635}{10^4} \right)^{-0,15}; 0,85 \right\} = \min \{0,71; 0,85\} = 0,71$$

Для 8-го обслуговуючого майданчика:

$$\mu_8 = \min \left\{ 0,76 \cdot \left(\frac{10935}{10^4} \right)^{-0,15}; 0,85 \right\} = \min \{0,75; 0,85\} = 0,75$$

Для 9-го обслуговуючого майданчика:

$$\mu_9 = \min \left\{ 0,76 \cdot \left(\frac{6535}{10^4} \right)^{-0,15}; 0,85 \right\} = \min \{0,81; 0,85\} = 0,81$$

Згинальний момент від дії вітрового навантаження на j -й обслуговуючий майданчик в перерізі Б–Б визначаємо за формулою:

$$M_{j\phi} = 0,85 \cdot q_0 \cdot \Theta_j \cdot (x_j - x_0) \cdot (1 + 0,75 \cdot \xi \cdot \chi_j \cdot \mu_j) \cdot A \quad (5.52)$$

Для 1-го обслуговуючого майданчика згинальний момент від дії вітрового навантаження в перерізі Б–Б в робочих умовах складає:

$$\dot{I}_{j\phi} = 0,85 \cdot 3,8 \cdot 10^{-4} \cdot 1,49 \cdot (36235 - 6295) \cdot (1 + 0,75 \cdot 2,34 \cdot 1,47 \cdot 0,63) \cdot 8,08 \cdot 10^6 = 3,06 \cdot 10^7 \text{ Í} \cdot \text{ì}$$

Для 2-го обслуговуючого майданчика згинальний момент від дії вітрового навантаження в перерізі Б–Б в робочих умовах складає:

$$\dot{I}_{j2á} = 0,85 \cdot 3,8 \cdot 10^{-4} \cdot 1,46 \cdot (34235 - 6295) \cdot (1 + 0,75 \cdot 2,34 \cdot 1,34 \cdot 0,63) \cdot 8,08 \cdot 10^6 = 2,67 \cdot 10^7 \text{ Í} \cdot \ddot{\text{н}}$$

Для 3-го обслуговуючого майданчика згинальний момент від дії вітрового навантаження в перерізі Б–Б в робочих умовах складає:

$$\dot{I}_{j3á} = 0,85 \cdot 3,8 \cdot 10^{-4} \cdot 1,45 \cdot (33235 - 6295) \cdot (1 + 0,75 \cdot 2,34 \cdot 1,28 \cdot 0,63) \cdot 8,08 \cdot 10^6 = 2,49 \cdot 10^7 \text{ Í} \cdot \ddot{\text{н}}$$

Для 4-го обслуговуючого майданчика згинальний момент від дії вітрового навантаження в перерізі Б–Б в робочих умовах складає:

$$\dot{I}_{j4á} = 0,85 \cdot 3,8 \cdot 10^{-4} \cdot 1,36 \cdot (27235 - 6295) \cdot (1 + 0,75 \cdot 2,34 \cdot 0,93 \cdot 0,65) \cdot 8,08 \cdot 10^6 = 1,55 \cdot 10^7 \text{ Í} \cdot \ddot{\text{н}}$$

Для 5-го обслуговуючого майданчика згинальний момент від дії вітрового навантаження в перерізі Б–Б в робочих умовах складає:

$$\dot{I}_{j5á} = 0,85 \cdot 3,8 \cdot 10^{-4} \cdot 1,28 \cdot (22035 - 6295) \cdot (1 + 0,75 \cdot 2,34 \cdot 0,66 \cdot 0,68) \cdot 8,08 \cdot 10^6 = 9,41 \cdot 10^6 \text{ Í} \cdot \ddot{\text{н}}$$

Для 6-го обслуговуючого майданчика згинальний момент від дії вітрового навантаження в перерізі Б–Б в робочих умовах складає:

$$\dot{I}_{j6á} = 0,85 \cdot 3,8 \cdot 10^{-4} \cdot 1,25 \cdot (20735 - 6295) \cdot (1 + 0,75 \cdot 2,34 \cdot 0,6 \cdot 0,68) \cdot 8,08 \cdot 10^6 = 8,16 \cdot 10^6 \text{ Í} \cdot \ddot{\text{н}}$$

Для 7-го обслуговуючого майданчика згинальний момент від дії вітрового навантаження в перерізі Б–Б в робочих умовах складає:

$$\dot{I}_{j7á} = 0,85 \cdot 3,8 \cdot 10^{-4} \cdot 1,15 \cdot (15635 - 6295) \cdot (1 + 0,75 \cdot 2,34 \cdot 0,38 \cdot 0,71) \cdot 8,08 \cdot 10^6 = 4,15 \cdot 10^6 \text{ Í} \cdot \ddot{\text{н}}$$

Для 8-го обслуговуючого майданчика згинальний момент від дії вітрового навантаження в перерізі Б–Б в робочих умовах складає:

$$\dot{I}_{j8á} = 0,85 \cdot 3,8 \cdot 10^{-4} \cdot 1,03 \cdot (10935 - 6295) \cdot (1 + 0,75 \cdot 2,34 \cdot 0,22 \cdot 0,75) \cdot 8,08 \cdot 10^6 = 1,6 \cdot 10^6 \text{ Í} \cdot \ddot{\text{н}}$$

Для 9-го обслуговуючого майданчика згинальний момент від дії вітрового навантаження в перерізі Б–Б в робочих умовах складає:

$$\dot{I}_{j9á} = 0,85 \cdot 3,8 \cdot 10^{-4} \cdot 0,88 \cdot (6535 - 6295) \cdot (1 + 0,75 \cdot 2,34 \cdot 0,09 \cdot 0,81) \cdot 8,08 \cdot 10^6 = 6,24 \cdot 10^5 \text{ Í} \cdot \ddot{\text{н}}$$

Розрахунковий згинальний момент в робочих умовах в перерізі Б–Б:

$$M_{v1б} = \sum_{i=1}^{j-1} P_i \cdot (x_i - x_0) + \sum_{j=1}^n M_{jб} \quad (5.53)$$

$$\begin{aligned} \dot{I}_{v1á} = & 17167 \cdot (33704,5 - 6295) + 13914 \cdot (25873,5 - 6295) + 10707 \cdot (18042,5 - 6295) + \\ & + 7418 \cdot (10211,5 - 6295) + 3,06 \cdot 10^7 + 2,67 \cdot 10^7 + 2,49 \cdot 10^7 + 1,55 \cdot 10^7 + 9,41 \cdot 10^6 + \\ & + 8,16 \cdot 10^6 + 4,15 \cdot 10^6 + 1,6 \cdot 10^6 + 6,24 \cdot 10^5 = 1,02 \cdot 10^8 \text{ Í} \cdot \ddot{\text{н}} \end{aligned}$$

Згинальний момент від дії вітрового навантаження на j-й обслуговуючий майданчик в перерізі Г–Г визначаємо за формулою:

$$M_{jr} = 0,85 \cdot q_0 \cdot \Theta_j \cdot x_j \cdot (1 + 0,75 \cdot \xi \cdot \chi_j \cdot \mu_j) \cdot A \quad (5.54)$$

Для 1-го обслуговуючого майданчика згинальний момент від дії вітрового навантаження в перерізі Г–Г в робочих умовах складає:

$$\dot{I}_{j1a} = 0,85 \cdot 3,8 \cdot 10^{-4} \cdot 1,49 \cdot 36235 \cdot (1 + 0,75 \cdot 2,34 \cdot 1,47 \cdot 0,63) \cdot 8,08 \cdot 10^6 = 3,71 \cdot 10^7 \text{ Í} \cdot \ddot{\text{н}}$$

Для 2-го обслуговуючого майданчика згинальний момент від дії вітрового навантаження в перерізі Г–Г в робочих умовах складає:

$$\dot{I}_{j2a} = 0,85 \cdot 3,8 \cdot 10^{-4} \cdot 1,46 \cdot 34235 \cdot (1 + 0,75 \cdot 2,34 \cdot 1,34 \cdot 0,63) \cdot 8,08 \cdot 10^6 = 3,27 \cdot 10^7 \text{ Í} \cdot \ddot{\text{н}}$$

Для 3-го обслуговуючого майданчика згинальний момент від дії вітрового навантаження в перерізі Г–Г в робочих умовах складає:

$$\dot{I}_{j3a} = 0,85 \cdot 3,8 \cdot 10^{-4} \cdot 1,45 \cdot 33235 \cdot (1 + 0,75 \cdot 2,34 \cdot 1,28 \cdot 0,63) \cdot 8,08 \cdot 10^6 = 3,07 \cdot 10^7 \text{ Í} \cdot \ddot{\text{н}}$$

Для 4-го обслуговуючого майданчика згинальний момент від дії вітрового навантаження в перерізі Г–Г в робочих умовах складає:

$$\dot{I}_{j4a} = 0,85 \cdot 3,8 \cdot 10^{-4} \cdot 1,36 \cdot 27235 \cdot (1 + 0,75 \cdot 2,34 \cdot 0,93 \cdot 0,65) \cdot 8,08 \cdot 10^6 = 2,02 \cdot 10^7 \text{ Í} \cdot \ddot{\text{н}}$$

Для 5-го обслуговуючого майданчика згинальний момент від дії вітрового навантаження в перерізі Г–Г в робочих умовах складає:

$$\dot{I}_{j5a} = 0,85 \cdot 3,8 \cdot 10^{-4} \cdot 1,28 \cdot 22035 \cdot (1 + 0,75 \cdot 2,34 \cdot 0,66 \cdot 0,68) \cdot 8,08 \cdot 10^6 = 1,32 \cdot 10^7 \text{ Í} \cdot \ddot{\text{н}}$$

Для 6-го обслуговуючого майданчика згинальний момент від дії вітрового навантаження в перерізі Г–Г в робочих умовах складає:

$$\dot{I}_{j6a} = 0,85 \cdot 3,8 \cdot 10^{-4} \cdot 1,25 \cdot 20735 \cdot (1 + 0,75 \cdot 2,34 \cdot 0,6 \cdot 0,68) \cdot 8,08 \cdot 10^6 = 1,17 \cdot 10^7 \text{ Í} \cdot \ddot{\text{н}}$$

Для 7-го обслуговуючого майданчика згинальний момент від дії вітрового навантаження в перерізі Г–Г в робочих умовах складає:

$$\dot{I}_{j7a} = 0,85 \cdot 3,8 \cdot 10^{-4} \cdot 1,15 \cdot 15635 \cdot (1 + 0,75 \cdot 2,34 \cdot 0,38 \cdot 0,71) \cdot 8,08 \cdot 10^6 = 6,95 \cdot 10^6 \text{ Í} \cdot \ddot{\text{н}}$$

Для 8-го обслуговуючого майданчика згинальний момент від дії вітрового навантаження в перерізі Г–Г в робочих умовах складає:

$$\dot{I}_{j8a} = 0,85 \cdot 3,8 \cdot 10^{-4} \cdot 1,03 \cdot 10935 \cdot (1 + 0,75 \cdot 2,34 \cdot 0,22 \cdot 0,75) \cdot 8,08 \cdot 10^6 = 3,78 \cdot 10^6 \text{ Í} \cdot \ddot{\text{н}}$$

Для 9-го обслуговуючого майданчика згинальний момент від дії вітрового навантаження в перерізі Г–Г в робочих умовах складає:

$$\dot{I}_{j9a} = 0,85 \cdot 3,8 \cdot 10^{-4} \cdot 0,88 \cdot 6535 \cdot (1 + 0,75 \cdot 2,34 \cdot 0,09 \cdot 0,81) \cdot 8,08 \cdot 10^6 = 1,7 \cdot 10^6 \text{ Í} \cdot \ddot{\text{н}}$$

Згинальний момент в робочих умовах від дії вітрового навантаження на рівні основи колонного апарата в робочих умовах визначаємо за формулою:

$$M_{v1r} = \sum_{i=1}^z P_i \cdot x_i + \sum_{j=1}^r M_{jr} \quad (5.55)$$

$$M_{v1a} = 17167 \cdot 33704,5 + 13914 \cdot 25873,5 + 10707 \cdot 18042,5 + 7418 \cdot 10211,5 + 3230 \cdot 3147,5 + 3,71 \cdot 10^7 + 3,27 \cdot 10^7 + 3,07 \cdot 10^7 + 2,02 \cdot 10^7 + 1,32 \cdot 10^7 + 1,17 \cdot 10^7 + 6,95 \cdot 10^6 + 3,78 \cdot 10^6 + 1,7 \cdot 10^6 = 1,37 \cdot 10^8 \text{ Í } \cdot \text{ñ} .$$

5.8 Сполучення навантажень

Визначаємо вагу колонного апарата:

$$G_i = m_i \cdot g \quad (5.56)$$

- в робочих умовах:

$$G_1 = 58824 \cdot 9,81 = 5,77 \cdot 10^5 \text{ Í}$$

- в умовах випробувань:

$$G_2 = 133447 \cdot 9,81 = 1,31 \cdot 10^6 \text{ Í}$$

- в умовах монтажу з ізоляцією і внутрішніми пристроями:

$$G_3 = 53724 \cdot 9,81 = 5,27 \cdot 10^5 \text{ Í}$$

- в умовах монтажу без ізоляції і внутрішніх пристроїв:

$$G_4 = 17102 \cdot 9,81 = 1,68 \cdot 10^5 \text{ Í}$$

Сполучення навантажень у відповідних розрахункових перерізах для робочих умов, умов випробувань та монтажу наведені в таблицях 5.1, 5.2.

Таблиця 5.1 – Сполучення навантажень у перерізі Б–Б апарата з циліндричною опорою

Умови роботи	Розрахунковий тиск P, МПа	Осьове стискальне зусилля F, Н	Розрахунковий згинальний момент M, Н·мм
Робочі	0,93	$F_1=G_1=5,77 \cdot 10^5$	$M_{1a} = M_{v1a} = 1,02 \cdot 10^8$
Випробування	1,23	$F_2=G_2=1,31 \cdot 10^6$	$\dot{I}_{2a} = 0,6 \dot{I}_{v2a} = 6,12 \cdot 10^7$
Монтажу	0	$F_3=G_3=5,27 \cdot 10^5$ $F_4=G_4=1,68 \cdot 10^5$	$M_{3a} = M_{v3a} = 9,8 \cdot 10^7$

Розрахункові згинальні моменти у відповідних розрахункових перерізах для умов випробувань та монтажу визначаємо аналогічно розрахунку в робочих умовах.

Таблиця 5.2 – Сполучення навантажень у перерізі Г–Г апарата з циліндричною опорою

Умови роботи	Розрахунковий тиск Р, МПа	Осьове стискальне зусилля F, Н	Розрахунковий згинальний момент М, Н·мм
Робочі	0,93	$F_1=G_1=5,77 \cdot 10^5$	$M_{1\bar{a}} = M_{v1\bar{a}} = 1,37 \cdot 10^8$
Випробування	1,23	$F_2=G_2=1,31 \cdot 10^6$	$\dot{I}_{2\bar{a}} = 0,6 \dot{I}_{v2\bar{a}} = 8,22 \cdot 10^7$
Монтажу	0	$F_3=G_3=5,27 \cdot 10^5$ $F_4=G_4=1,68 \cdot 10^5$	$M_{3\bar{a}} = M_{v3\bar{a}} = 1,33 \cdot 10^8$

Для перерізу А–А приймаємо сполучення навантажень, яке діє в перерізі Б–Б; для перерізу В–В приймаємо сполучення навантажень, яке діє в перерізі Г–Г.

5.9 Розрахунок зведених навантажень та вибір опори

Максимальне зведене навантаження визначаємо за формулою:

$$Q_{\max} = \max \left\{ \frac{4M_{1\bar{a}}}{D} + F_{1\bar{a}}; \frac{4M_{2\bar{a}}}{D} + F_{2\bar{a}} \right\}, \quad (5.57)$$

$$Q_{\max} = \max \left\{ \frac{4 \cdot 1,37 \cdot 10^8}{1800} + 5,77 \cdot 10^5; \frac{4 \cdot 8,22 \cdot 10^7}{1800} + 1,31 \cdot 10^6 \right\} = \max \{ 8,81 \cdot 10^5; 1,5 \cdot 10^6 \} = 1,5 \cdot 10^6 \text{ Н.}$$

Мінімальне зведене навантаження визначаємо за формулою:

$$Q_{\min} = \frac{4M_{3r}}{D} - F_{4r}, \quad (5.58)$$

$$Q_{\min} = \frac{4 \cdot 1,33 \cdot 10^8}{1800} - 1,68 \cdot 10^5 = 1,27 \cdot 10^5 \text{ Ї}$$

По зведеним навантаженням Q_{\max} і Q_{\min} вибираємо опору за галузевим стандартом України [10]. Згідно стандарту [10] для апарата діаметром $D = 1800$ ì на мінімальне зведене навантаження $Q_{\min} = 1,27 \cdot 10^5 \text{ Н} = 0,127 \text{ МН}$ приймаємо циліндричну опору тип 4. Опора тип 4 допускає навантаження: $Q_{\min} = 0,8 \text{ Ї}$ і $Q_{\max} = 1,6 \text{ Ї}$.

На рисунку 5.3 зображена иліндрична опора колонного апарату.

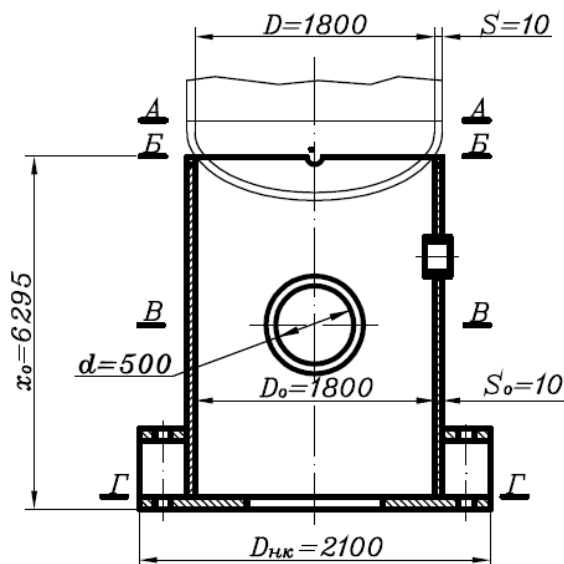


Рисунок 5.3 - Циліндрична опора колонного апарату

5.10 Розрахунок корпусу колонного апарату на міцність та стійкість

5.10.1 Перевірка міцності корпусу

Розрахунок напружин здійснюємо в перерізі А–А для робочих умов та умов монтажу.

Для робочих умов:

$$F = F_1 = 5,77 \cdot 10^5 \text{ Í} ; M = M_{\text{ід}} = 1,02 \cdot 10^8 \text{ Í} \cdot \text{ù} ; P = P_1 = 0,93 \text{ Їà}$$

Подовжні напружини σ_{x_1} і σ_{x_2} розрахуємо за формулами:

– з навітряного боку:

$$\sigma_{x_1} = \frac{P \cdot (D + S)}{4(S - C)} - \frac{F}{\pi \cdot D \cdot (S - C)} + \frac{4M}{\pi \cdot D^2 \cdot (S - C)} \quad (5.59)$$

$$\sigma_{x_1} = \frac{0,93 \cdot (1800 + 10)}{4(10 - 2)} - \frac{5,77 \cdot 10^5}{3,14 \cdot 1800(10 - 2)} + \frac{4 \cdot 1,02 \cdot 10^8}{3,14 \cdot 1800^2 (10 - 2)} = 45 \text{ Їà} ;$$

– з підвітряного боку:

$$\sigma_{x_2} = \frac{P \cdot (D + S)}{4(S - C)} - \frac{F}{\pi \cdot D \cdot (S - C)} - \frac{4M}{\pi \cdot D^2 \cdot (S - C)} \quad (5.60)$$

$$\sigma_{x_2} = \frac{0,93 \cdot (1800 + 10)}{4(10 - 2)} - \frac{5,77 \cdot 10^5}{3,14 \cdot 1800(10 - 2)} - \frac{4 \cdot 1,02 \cdot 10^8}{3,14 \cdot 1800^2 (10 - 2)} = 38 \text{ Їà} ;$$

Кільцеву напружину σ_{ϕ} розраховуємо за формулою:

$$\sigma_y = \frac{P \cdot (D + S)}{2(S - C)} \quad (5.61)$$

$$\sigma_y = \frac{0,93 \cdot (1800 + 10)}{2(10 - 2)} = 105 \text{ МПа}$$

Еквівалентні напружини $\sigma_{\dot{A}1}$ і $\sigma_{\dot{A}2}$ розраховуємо за формулами:

– з навітряного боку:

$$\sigma_{\dot{A}1} = \sqrt{\sigma_{x1}^2 - \sigma_{x1} \cdot \sigma_y + \sigma_\sigma^2} \quad (5.62)$$

$$\sigma_{\dot{A}1} = \sqrt{45^2 - 45 \cdot 105 + 105^2} = 91 \text{ МПа}$$

– з підвітряного боку:

$$\sigma_{\dot{A}2} = \sqrt{\sigma_{x2}^2 - \sigma_{x2} \cdot \sigma_y + \sigma_\sigma^2} \quad (5.63)$$

$$\sigma_{\dot{A}2} = \sqrt{38^2 - 38 \cdot 105 + 105^2} = 92 \text{ МПа}$$

Перевірку умов міцності проводимо за формулами:

– з навітряного боку:

$$\max \{ |\sigma_{\sigma 1}|; \sigma_{\dot{A}1} \} < [\sigma]_\sigma \cdot \varphi_T \quad (5.64)$$

$$\max \{ 45; 91 \} = 91 \text{ МПа} < 153 \cdot 1,0 = 153 \text{ МПа}$$

– з підвітряного боку:

$$\max \{ |\sigma_{x2}|; \sigma_{E2} \} < [\sigma]_\sigma \cdot \varphi_T \quad (5.65)$$

$$\max \{ 38; 92 \} = 92 \text{ МПа} < 153 \cdot 1,0 = 153 \text{ МПа}$$

Умови міцності виконуються.

Для умов монтажу:

$$F = F_4 = 1,68 \cdot 10^5 \text{ Н}; \quad M = M_{3a} = 9,8 \cdot 10^7 \text{ Н} \cdot \text{м}; \quad P = 0 \text{ МПа}$$

Подовжні напружини σ_{x1} і σ_{x2} розраховуємо за формулами:

– з навітряного боку:

$$\sigma_{x1} = \frac{P \cdot (D + S)}{4(S - C)} - \frac{F}{\pi \cdot D \cdot (S - C)} + \frac{4M}{\pi \cdot D^2 \cdot (S - C)} \quad (5.66)$$

$$\sigma_{x1} = \frac{0 \cdot (1800 + 10)}{4(10 - 2)} - \frac{1,68 \cdot 10^5}{3,14 \cdot 1800 \cdot (10 - 2)} + \frac{4 \cdot 9,8 \cdot 10^7}{3,14 \cdot 1800^2 \cdot (10 - 2)} = 1,11 \text{ МПа};$$

– з підвітряного боку:

$$\sigma_{x2} = \frac{P \cdot (D + S)}{4(S - C)} - \frac{F}{\pi \cdot D \cdot (S - C)} - \frac{4M}{\pi \cdot D^2 \cdot (S - C)} \quad (5.67)$$

$$\sigma_{x2} = \frac{0 \cdot (1800 + 10)}{4(10 - 2)} - \frac{1,68 \cdot 10^5}{3,14 \cdot 1800 \cdot (10 - 2)} - \frac{4 \cdot 9,8 \cdot 10^7}{3,14 \cdot 1800^2 \cdot (10 - 2)} = -8,53 \text{ МПа} .$$

Кільцеву напружину σ_0 розраховуємо за формулою:

$$\sigma_y = \frac{P \cdot (D + S)}{2(S - C)} \quad (5.68)$$

$$\sigma_y = \frac{0 \cdot (1800 + 10)}{2(10 - 2)} = 0 \text{ МПа}$$

Еквівалентні напружини $\sigma_{\lambda 1}$ і $\sigma_{\lambda 2}$ розраховуємо за формулами:

– з навітряного боку:

$$\sigma_{\lambda 1} = \sqrt{\sigma_{x1}^2 - \sigma_{x1} \cdot \sigma_y + \sigma_0^2} \quad (5.69)$$

$$\sigma_{\lambda 1} = \sqrt{1,11^2 - 1,11 \cdot 0 + 0^2} = 1,11 \text{ МПа}$$

– з підвітряного боку:

$$\sigma_{\lambda 2} = \sqrt{\sigma_{x2}^2 - \sigma_{x2} \cdot \sigma_y + \sigma_0^2} \quad (5.70)$$

$$\sigma_{\lambda 2} = \sqrt{(-8,53)^2 - (-8,53) \cdot 0 + 0^2} = 8,53 \text{ МПа}$$

Перевірку умов міцності проводимо за формулами:

– з навітряного боку:

$$\max \{ |\sigma_{01}|; \sigma_{\lambda 1} \} < [\sigma]_e \cdot \varphi_T, \quad (5.71)$$

$$\max \{ 1,11; 1,11 \} = 1,11 \text{ МПа} < 154 \cdot 1,0 = 154 \text{ МПа} ;$$

– з підвітряного боку:

$$\max \{ |\sigma_{x2}|; \sigma_{E2} \} < [\sigma]_e \cdot \varphi_T, \quad (5.72)$$

$$\max \{ |-8,53|; 8,53 \} = 8,53 \text{ МПа} < 154 \cdot 1,0 = 154 \text{ МПа} .$$

Умови міцності виконуються.

5.11 Перевірка корпусу колони на стійкість

Так як колонний апарат працює під зовнішнім надлишковим тиском і товщина стінки опорної обичайки більше товщині стінки обичайки колони, виконуємо розрахунок корпусу колонного апарата на стійкість. Перевірку корпусу на стійкість проводимо для робочих умов, умов випробувань та

монтажу.

Для робочих умов навантаження F і M приймаємо відповідно до таблиці 5.1 для перерізу Б–Б: $F = 5,77 \cdot 10^5 \text{ Í}$; $\dot{I} = 1,02 \cdot 10^8 \text{ Í} \cdot \ddot{I}$.

Допустиме осьове стискальне зусилля за умови міцності для гладкої циліндричної обичайки визначаємо за формулою:

$$[F]_{\text{f}} = \pi \cdot (D + S - C) \cdot (S - C) \cdot [\sigma]_{\text{é}} \quad (5.73)$$

$$[F]_{\text{f}} = 3,14 \cdot (1800 + 10 - 2) \cdot (10 - 2) \cdot 153 = 6,95 \cdot 10^6 \text{ Í}$$

Допустиме осьове стискальне зусилля за умови місцевої стійкості в межах пружності визначаємо за формулою:

$$[F]_{\text{E1}} = \frac{310 \cdot 10^{-6} D^2 \cdot E_{\text{é}}}{n_y} \left[\frac{100 (S - C)}{D} \right]^{2,5} \quad (5.74)$$

$$[F]_{\text{E1}} = \frac{310 \cdot 10^{-6} \cdot 1800^2 \cdot 1,975 \cdot 10^5}{2,4} \left[\frac{100 (10 - 2)}{1800} \right]^{2,5} = 1,09 \cdot 10^7 \text{ Н.}$$

Зведену розрахункову довжину корпусу колони приймаємо рівною подвійній довжині корпусу без урахування опорної обичайки:

$$L_{\text{çá}} = 2(H - x_o) \quad (5.75)$$

$$L_{\text{çá}} = 2 \cdot (37620 - 6295) = 62650 \text{ ì}$$

Гнучкість корпусу колони визначаємо за формулою:

$$\lambda = \frac{2,83 L_{\text{çá}}}{D + S - C} \quad (5.76)$$

$$\lambda = \frac{2,83 \cdot 62650}{1800 + 10 - 2} = 98$$

Допустиме осьове стискальне зусилля за умови загальної стійкості в межах пружності визначаємо за формулою:

$$[F]_{\text{E2}} = \frac{\pi \cdot (D + S - C) \cdot (S - C) \cdot E_k \cdot (\pi / \lambda)^2}{n_y} \quad (5.77)$$

$$[F]_{\text{E2}} = \frac{3,14 \cdot (1800 + 10 - 2) \cdot (10 - 2) \cdot 1,975 \cdot 10^5 (3,14 / 98)^2}{2,4} = 3,84 \cdot 10^6 \text{ Í.}$$

Допустиме осьове стискальне зусилля за умови стійкості в межах пружності:

$$[F]_{\text{A}} \geq \min \{ [F]_{\text{A1}}; [F]_{\text{A2}} \} \quad (5.78)$$

$$[F]_A \geq \min \{1,09 \cdot 10^7; 3,84 \cdot 10^6\} = 3,84 \cdot 10^6 \text{ Н}$$

Допустиме стискальне зусилля визначаємо за формулою:

$$[F] = \frac{[F]_F}{\sqrt{1 + \left(\frac{[F]_F}{[F]_E}\right)^2}} \quad (5.79)$$

$$[F] = \frac{6,95 \cdot 10^6}{\sqrt{1 + \left(\frac{6,95 \cdot 10^6}{3,84 \cdot 10^6}\right)^2}} = 3,36 \cdot 10^6 \text{ Н}$$

Допустимий згинальний момент за умови міцності визначаємо за формулою:

$$[\bar{I}]_F = 0,25 D \cdot [F]_F \quad (5.80)$$

$$[\bar{I}]_F = 0,25 \cdot 1800 \cdot 6,95 \cdot 10^6 = 3,13 \cdot 10^9 \text{ Í} \cdot \text{ñ} .$$

Допустимий згинальний момент за умови стійкості в межах пружності:

$$[\bar{I}]_A = 0,3 D \cdot [F]_A \quad (5.81)$$

$$[\bar{I}]_A = 0,3 \cdot 1800 \cdot 3,84 \cdot 10^6 = 2,07 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{ñ}$$

Допустимий згинальний момент для корпусу колони:

$$[\bar{I}] = \frac{[\bar{I}]_F}{\sqrt{1 + \left(\frac{[\bar{I}]_F}{[\bar{I}]_A}\right)^2}} \quad (5.82)$$

$$[\bar{I}] = \frac{3,13 \cdot 10^9}{\sqrt{1 + \left(\frac{3,13 \cdot 10^9}{2,07 \cdot 10^9}\right)^2}} = 1,73 \cdot 10^9 \text{ Í} \cdot \text{ñ}$$

Виконуємо перевірку стійкості корпусу колони в перерізі А–А за формулою:

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

$$\frac{5,77 \cdot 10^5}{3,36 \cdot 10^6} + \frac{1,02 \cdot 10^8}{1,73 \cdot 10^9} = 0,23 < 1,0 \text{ - умова стійкості в робочих умовах виконується.}$$

Для умов випробувань навантаження F і M приймаємо відповідно до таблиці 5.1 для перерізу Б–Б: $F = 1,31 \cdot 10^6 \text{ Í}$; $\bar{I} = 6,12 \cdot 10^7 \text{ Í} \cdot \text{ñ}$.

Допустиме осьове стискальне зусилля за умови міцності для гладкої

циліндричної обичайки визначаємо за формулою:

$$[F]_i = \pi \cdot (D + S - C) \cdot (S - C) \cdot [\sigma]_a \quad (5.84)$$

$$[F]_i = 3,14 \cdot (1800 + 10 - 2) \cdot (10 - 2) \cdot 154 = 7 \cdot 10^6 \text{ Í}.$$

Допустиме осьове стискальне зусилля за умови місцевої стійкості в межах пружності визначаємо за формулою, прийнявши коефіцієнт запасу стійкості $n_y = 1,8$:

$$[F]_{E1} = \frac{310 \cdot 10^{-6} D^2 \cdot E_\epsilon^{20}}{n_y} \left[\frac{100 (S - C)}{D} \right]^{2,5} \quad (5.85)$$

$$[F]_{E1} = \frac{310 \cdot 10^{-6} \cdot 1800^2 \cdot 1,99 \cdot 10^5}{1,8} \left[\frac{100 (10 - 2)}{1800} \right]^{2,5} = 1,46 \cdot 10^7 \text{ Н}.$$

Зведену розрахункову довжину та гнучкість корпусу колони приймаємо такими ж, як і в робочих умовах:

$$L_{\text{за}} = 62650 \text{ мм}$$

$$\lambda = 98$$

Допустиме осьове стискальне зусилля за умови загальної стійкості в межах пружності визначаємо за формулою:

$$[F]_{E2} = \frac{\pi \cdot (D + S - C) \cdot (S - C) \cdot E_\epsilon^{20} \cdot (\pi / \lambda)^2}{n_y} \quad (5.86)$$

$$[F]_{E2} = \frac{3,14 \cdot (1800 + 10 - 2) \cdot (10 - 2) \cdot 1,99 \cdot 10^5 \cdot (3,14 / 98)^2}{1,8} = 5,15 \cdot 10^6 \text{ Í}.$$

Допустиме осьове стискальне зусилля за умови стійкості в межах пружності:

$$[F]_{\text{А}} \geq \min \{ [F]_{\text{А1}}; [F]_{\text{А2}} \} \quad (5.87)$$

$$[F]_{\text{А}} \geq \min \{ 1,46 \cdot 10^7; 5,15 \cdot 10^6 \} = 5,15 \cdot 10^6 \text{ Í}$$

Допустиме стискальне зусилля визначаємо за формулою:

$$[F] = \frac{[F]_i}{\sqrt{1 + \left(\frac{[F]_i}{[F]_E} \right)^2}} \quad (5.88)$$

$$[F] = \frac{7 \cdot 10^6}{\sqrt{1 + \left(\frac{7 \cdot 10^6}{5,15 \cdot 10^6}\right)^2}} = 4,15 \cdot 10^6 \text{ Í}$$

Допустимий згинальний момент за умови міцності:

$$[\hat{I}]_I = 0,25 D \cdot [F]_I \quad (5.89)$$

$$[\hat{I}]_I = 0,25 \cdot 1800 \cdot 7 \cdot 10^6 = 3,15 \cdot 10^9 \text{ Í} \cdot \text{мм}^2$$

Допустимий згинальний момент за умови стійкості в межах пружності:

$$[\hat{I}]_A = 0,3 D \cdot [F]_A \quad (5.90)$$

$$[\hat{I}]_A = 0,3 \cdot 1800 \cdot 5,15 \cdot 10^6 = 2,78 \cdot 10^9 \text{ Í} \cdot \text{мм}^2$$

Допустимий згинальний момент для корпусу колони:

$$[\hat{I}] = \frac{[\hat{I}]_I}{\sqrt{1 + \left(\frac{[\hat{I}]_I}{[\hat{I}]_A}\right)^2}} \quad (5.91)$$

$$[\hat{I}] = \frac{3,15 \cdot 10^9}{\sqrt{1 + \left(\frac{3,15 \cdot 10^9}{2,78 \cdot 10^9}\right)^2}} = 2,08 \cdot 10^9 \text{ Í} \cdot \text{мм}^2$$

Перевірка стійкості корпусу колони в перерізі А–А:

$$\frac{F}{[F]} + \frac{M}{[M]} \leq 1,0 \quad (5.92)$$

$$\frac{1,31 \cdot 10^6}{4,15 \cdot 10^6} + \frac{6,12 \cdot 10^7}{2,08 \cdot 10^9} = 0,345 < 1,0$$

Умова стійкості в умовах випробувань виконується.

Для умов монтажу навантаження F і M приймаємо відповідно до таблиці 5.1 для перерізу Б–Б: $F = 1,68 \cdot 10^5 \text{ Í}$; $\hat{I} = 9,8 \cdot 10^7 \text{ Í} \cdot \text{мм}^2$.

Допустиме осьове стискальне зусилля за умови міцності для гладкої циліндричної обичайки визначаємо за формулою:

$$[F]_I = \pi \cdot (D + S - C) \cdot (S - C) \cdot [\sigma]_e^{20} \quad (5.93)$$

$$[F]_I = 3,14 \cdot (1800 + 10 - 2) \cdot (10 - 2) \cdot 154 = 7 \cdot 10^6 \text{ Í}$$

Допустиме осьове стискальне зусилля за умови місцевої стійкості в межах пружності:

$$[F]_{E1} = \frac{310 \cdot 10^{-6} D^2 \cdot E_{\dot{\epsilon}}^{20}}{n_y} \left[\frac{100(S-C)}{D} \right]^{2,5} \quad (5.94)$$

$$[F]_{E1} = \frac{310 \cdot 10^{-6} \cdot 1800^2 \cdot 1,99 \cdot 10^5}{1,8} \left[\frac{100(10-2)}{1800} \right]^{2,5} = 1,46 \cdot 10^7 \text{ Н.}$$

Зведену розрахункову довжину та гнучкість корпуса колони приймаємо такими ж, як і в робочих умовах:

$$L_{\text{c\ddot{a}}} = 62650 \text{ мм}$$

$$\lambda = 98$$

Допустиме осьове стискальне зусилля за умови загальної стійкості в межах пружності визначаємо за формулою:

$$[F]_{E2} = \frac{\pi \cdot (D+S-C) \cdot (S-C) \cdot E_{\dot{\epsilon}}^{20} \cdot (\pi/\lambda)^2}{n_y} \quad (5.95)$$

$$[F]_{E2} = \frac{3,14 \cdot (1800 + 10 - 2) \cdot (10 - 2) \cdot 1,99 \cdot 10^5 \cdot (3,14/98)^2}{1,8} = 5,15 \cdot 10^6 \text{ Н.}$$

Допустиме осьове стискальне зусилля за умови стійкості в межах пружності:

$$[F]_{\dot{\text{A}}} \geq \min \{ [F]_{\dot{\text{A}}1}; [F]_{\dot{\text{A}}2} \} \quad (5.96)$$

$$[F]_{\dot{\text{A}}} \geq \min \{ 1,46 \cdot 10^7; 5,15 \cdot 10^6 \} = 5,15 \cdot 10^6 \text{ Н}$$

Допустиме осьове стискальне зусилля визначаємо за формулою:

$$[F] = \frac{[F]_{\dot{\text{I}}}}{\sqrt{1 + \left(\frac{[F]_{\dot{\text{I}}}}{[F]_{\dot{\text{E}}}} \right)^2}} \quad (5.97)$$

$$[F] = \frac{7 \cdot 10^6}{\sqrt{1 + \left(\frac{7 \cdot 10^6}{5,15 \cdot 10^6} \right)^2}} = 4,15 \cdot 10^6 \text{ Н}$$

Допустимий згинальний момент за умови міцності:

$$[\dot{\text{I}}]_{\dot{\text{I}}} = 0,25 D \cdot [F]_{\dot{\text{I}}} \quad (5.98)$$

$$[\dot{\text{I}}]_{\dot{\text{I}}} = 0,25 \cdot 1800 \cdot 7 \cdot 10^6 = 3,15 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Допустимий згинальний момент за умови стійкості в межах пружності:

$$[\dot{\text{I}}]_{\dot{\text{A}}} = 0,3 D \cdot [F]_{\dot{\text{A}}} \quad (5.99)$$

$$[\hat{I}]_A = 0,3 \cdot 1800 \cdot 5,15 \cdot 10^6 = 2,78 \cdot 10^9 \text{ Í } \cdot \text{ì}$$

Допустимий згинальний момент для корпусу колони:

$$[\hat{I}] = \frac{[\hat{I}]_i}{\sqrt{1 + \left(\frac{[\hat{I}]_i}{[\hat{I}]_A} \right)^2}} \quad (5.100)$$

$$[\hat{I}] = \frac{3,15 \cdot 10^9}{\sqrt{1 + \left(\frac{3,15 \cdot 10^9}{2,78 \cdot 10^9} \right)^2}} = 2,08 \cdot 10^9 \text{ Í } \cdot \text{ì}$$

Перевірку стійкості корпусу в перерізі А–А виконуємо за формулою:

$$\frac{F}{[F]} + \frac{M}{[M]} \leq 1,0 \quad (5.101)$$

$$\frac{1,68 \cdot 10^5}{4,15 \cdot 10^6} + \frac{9,8 \cdot 10^7}{2,08 \cdot 10^9} = 0,09 < 1,0$$

Умова стійкості в умовах випробувань виконується.

5.12 Розрахунок опорної обичайки

Розрахунок опорної обичайки проводимо для робочих умов і умов випробувань. Розрахункові навантаження в перерізі Б–Б приймаємо відповідно до таблиці 5.1. Для перерізу В–В приймаємо розрахункові навантаження, які діють у перерізі Г–Г (таблиця 5.2).

5.12.1 Розрахунок зварного шва, який з'єднує корпус колони з опорною обичайкою:

Товщину зварного шва в місці приварки до корпусу колони опорної обичайки приймаємо рівною меншій з товщин корпусу колони та опорної обичайки, $\lambda = 10 \text{ ì}$.

Міцність зварного шва (переріз Б–Б) перевіряємо за формулою:

– в робочих умовах:

$$\sigma_{\sigma} = \frac{1}{\pi \cdot D \cdot a} \left(\frac{4M_{I\bar{a}}}{D} + F_{I\bar{a}} \right) \leq \varphi \cdot \min \{ [\sigma]_0; [\sigma]_{\bar{e}} \} \quad (5.102)$$

$$\sigma_x = \frac{1}{3,14 \cdot 1800 \cdot 10} \left(\frac{4 \cdot 1,37 \cdot 10^8}{1800} + 5,77 \cdot 10^5 \right) = 16 \text{ МПа} < 1,0 \cdot \min \{152,5 ; 153\} = 152,5 \text{ МПа};$$

– в умовах випробувань:

$$\sigma_{\sigma} = \frac{1}{\pi \cdot D \cdot a} \left(\frac{4M_{2\bar{a}}}{D_0} + F_{2\bar{a}} \right) \leq \varphi \cdot \min \{ [\sigma]_0; [\sigma]_e \} \quad (5.103)$$

$$\sigma_x = \frac{1}{3,14 \cdot 1800 \cdot 10} \left(\frac{4 \cdot 8,22 \cdot 10^7}{1800} + 1,31 \cdot 10^6 \right) = 26,4 \text{ МПа} < 1,0 \cdot \min \{154 ; 154\} = 154 \text{ МПа}.$$

Умови міцності виконуються.

5.12.2 Розрахунок на стійкість опорної обичайки в зоні отворів

Стійкість опорної обичайки в зоні отворів перевіряємо у перерізі В–В.

Внутрішній діаметр конічної обичайки D_1 в розрахунковому перерізі В–В визначаємо відповідно до рисунку 5.3, $D_1 = 1800$ мм.

Зовнішній діаметр D_{1f} опорної обичайки в розрахунковому перерізі В–В:

$$D_{1f} = D_1 + 2S_o \quad (5.104)$$

$$D_{1f} = 1800 + 2 \cdot 10 = 1820 \text{ мм}$$

Визначаємо площу перерізу A_s за формулою:

$$A_s = A_{S1} - 2A_{S2} + 4A_{S3}, \quad (5.105)$$

Площа кільця складає:

$$A_{S1} = \frac{\pi}{4} (D_{1f}^2 - D_1^2) \quad (5.106)$$

$$A_{S1} = \frac{3,14}{4} (1820^2 - 1800^2) = 5,7 \cdot 10^4 \text{ мм}^2$$

Площу вирізу у перерізі для лазу визначаємо як площу прямокутника:

$$A_{S2} = b_2 \cdot h_2 \quad (5.107)$$

$$A_{S2} = 516 \cdot 8 = 4128 \text{ мм}^2$$

Площа зміцнюючих елементів:

$$A_{S3} = b_3 \cdot h_3 \quad (5.108)$$

$$A_{S3} = 150 \cdot 8 = 1200 \text{ мм}^2$$

Площа перерізу складає:

$$A_s = 5,7 \cdot 10^4 - 2 \cdot 4128 + 4 \cdot 1200 = 5,35 \cdot 10^4 \text{ мм}^2$$

Для визначення найменшого моменту опору поперечного перерізу визначаємо моменти опору перерізу В–В відносно осей X і Y.

Момент опору перерізу В–В визначаємо як алгебраїчну суму його складових частин:

$$W = W_1 - 2W_2 + 4W_3, \quad (5.109)$$

Момент опору кільця визначаємо за формулою:

$$W_1 = W_x = W_y = \frac{\pi \cdot D_{if}^3}{32} \left[1 - \left(\frac{D_1}{D_{if}} \right)^2 \right] \quad (5.110)$$

$$W_1 = W_x = W_y = \frac{3,14 \cdot 1820^3}{32} \left[1 - \left(\frac{1800}{1820} \right)^2 \right] = 1,3 \cdot 10^7 \text{ мм}^3.$$

Для знаходження моменту опору вирізу W_{2x} відносно осі X визначаємо момент інерції вирізу I_{2x} відносно осі X:

$$I_{2x} = \frac{b_2 \cdot h_2^3}{12} + b_2 \cdot h_2 \cdot y_2^2 \quad (5.111)$$

$$I_{2x} = \frac{516 \cdot 8^3}{12} + 516 \cdot 8 \cdot 905^2 = 3,4 \cdot 10^9 \text{ мм}^4$$

Момент опору вирізу відносно осі X визначаємо за формулою:

$$W_{2x} = \frac{I_{2x}}{y_{2\max}} \quad (5.112)$$

$$W_{2x} = \frac{3,4 \cdot 10^9}{910} = 3,74 \cdot 10^6 \text{ мм}^3$$

Аналогічно визначаємо момент опору зміцнюючих елементів W_2 відносно осі X:

$$I_{3x} = \frac{b_3 \cdot h_3^3}{12} + b_3 \cdot h_3 \cdot y_3^2 \quad (5.113)$$

$$I_{3x} = \frac{8 \cdot 150^3}{12} + 8 \cdot 150 \cdot 900^2 = 9,74 \cdot 10^8 \text{ мм}^4$$

$$W_{3x} = \frac{I_{3x}}{y_{3\max}} \quad (5.114)$$

$$W_{3x} = \frac{9,74 \cdot 10^8}{960} = 1,01 \cdot 10^6 \text{ мм}^3$$

На рисунку 5.4 показаний переріз циліндричної опори по лазам

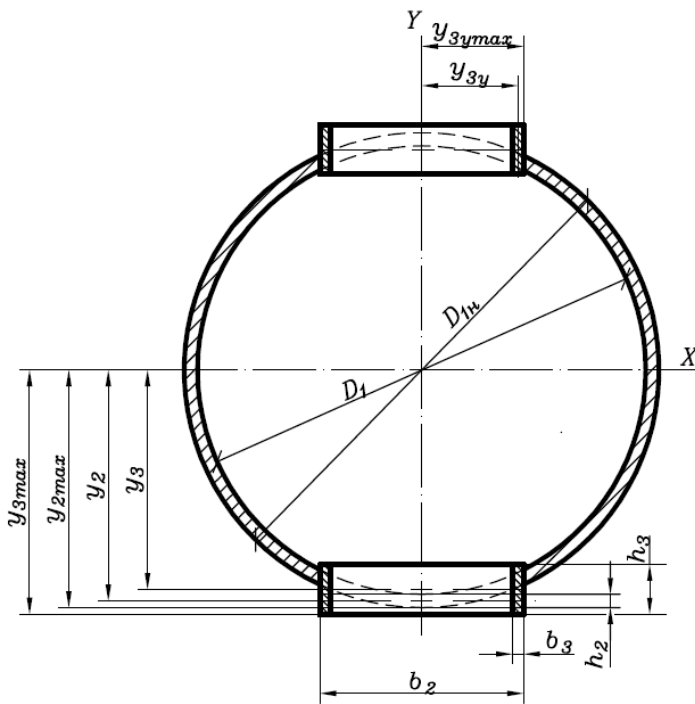


Рисунок 5.4 - Переріз циліндричної опори по лазам

Визначаємо момент опору перерізу В–В відносно осі X:

$$W_x = 1,3 \cdot 10^7 - 2 \cdot 3,74 \cdot 10^6 + 4 \cdot 1,01 \cdot 10^6 = 9,56 \cdot 10^6 \text{ мм}^3.$$

Для знаходження моменту опору вирізу W_{2y} відносно осі Y визначаємо момент інерції вирізу I_{2y} відносно осі Y:

$$I_{2y} = \frac{h_2 \cdot b_2^3}{12} \quad (5.115)$$

$$I_{2y} = \frac{8 \cdot 516^3}{12} = 9,16 \cdot 10^7 \text{ мм}^4$$

Момент опору вирізу відносно осі Y визначаємо за формулою:

$$W_{2y} = \frac{I_{2y}}{y_{2y \max}} \quad (5.116)$$

$$W_{2y} = \frac{9,16 \cdot 10^7}{258} = 3,55 \cdot 10^5 \text{ мм}^3$$

Аналогічно визначаємо момент опору зміцнюючих елементів W_{2y} відносно осі Y:

$$I_{3y} = \frac{h_3 \cdot b_3^3}{12} + h_3 \cdot b_3 \cdot y_{3y}^2 \quad (5.117)$$

$$I_{3y} = \frac{150 \cdot 8^3}{12} + 150 \cdot 8 \cdot 254^2 = 7,74 \cdot 10^7 \text{ мм}^4$$

$$W_{3y} = \frac{I_{3y}}{y_{3y \max}} \quad (5.118)$$

$$W_{3y} = \frac{7,74 \cdot 10^7}{258} = 3 \cdot 10^5 \text{ мм}^3$$

Визначаємо момент опору перерізу В–В відносно осі Y:

$$W_y = W_1 - 2W_{2y} + 4W_{3y} \quad (5.119)$$

$$W_y = 1,3 \cdot 10^7 - 2 \cdot 3,55 \cdot 10^5 + 4 \cdot 3 \cdot 10^5 = 1,35 \cdot 10^7 \text{ мм}^3.$$

Отже найменшим є момент опору перерізу В–В відносно осі X:

$$W = \min \{ W_x; W_y \} \quad (5.120)$$

$$W = \min \{ 9,56 \cdot 10^6; 1,35 \cdot 10^7 \} = 9,56 \cdot 10^6 \text{ мм}^3$$

Визначаємо безрозмірні коефіцієнти ψ_1 , ψ_2 , ψ_3 за формулами:

$$\psi_1 = \frac{A_s}{\pi \cdot D_1 \cdot (S_1 - C_0)} \quad (5.121)$$

$$\psi_1 = \frac{5,35 \cdot 10^4}{3,14 \cdot 1800 \cdot (10 - 0)} = 0,95$$

$$\psi_2 = \frac{4W}{\pi \cdot D_1 \cdot (S_1 - C_0)} \quad (5.122)$$

$$\psi_2 = \frac{4 \cdot 9,56 \cdot 10^6}{3,14 \cdot 1800 \cdot (10 - 0)} = 677$$

$$\psi_3 = \frac{Y_s}{D_1} \quad (5.123)$$

$$\psi_3 = \frac{0}{1800} = 0$$

Допустиме осьове стискальне зусилля за умови міцності для гладкої циліндричної обичайки для робочих умов визначаємо за формулою:

$$[F]_f = \pi \cdot D \cdot (S_f - C_f) \cdot [\sigma]_f \quad (5.124)$$

$$[F]_{ff} = 3,14 \cdot 1800 \cdot (10 - 0) \cdot 152,5 = 8,62 \cdot 10^6 \text{ Н.}$$

Допустиме осьове стискальне зусилля визначаємо за умови стійкості в межах пружності за формулою:

$$[F]_E = \frac{310 \cdot 10^{-6} \cdot D^2 \cdot E_0}{n_y} \cdot \left[\frac{100 (S_f - C_f)}{D} \right]^{2,5} \quad (5.125)$$

$$[F]_E = \frac{310 \cdot 10^{-6} \cdot 1800^2 \cdot 1,97 \cdot 10^5}{2,4} \cdot \left[\frac{100(10-0)}{1800} \right]^{2,5} = 1,9 \cdot 10^7 \text{ Н.}$$

Допустиме осьове стискальне зусилля для циліндричної обичайки:

$$[F] = \frac{[F]_i}{\sqrt{1 + \left(\frac{[F]_i}{[F]_A} \right)^2}} \quad (5.126)$$

$$[F] = \frac{8,62 \cdot 10^6}{\sqrt{1 + \left(\frac{8,62 \cdot 10^6}{1,99 \cdot 10^7} \right)^2}} = 7,91 \cdot 10^6 \text{ Н.}$$

Допустимий згинальний момент за умови міцності визначаємо за формулою:

$$[\hat{I}]_i = 0,25 D \cdot [F]_i \quad (5.127)$$

$$[M]_{\Pi} = 0,25 \cdot 1800 \cdot 8,62 \cdot 10^6 = 3,88 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Допустимий згинальний момент за умови стійкості в межах пружності:

$$[\hat{I}]_A = 0,3 D \cdot [F]_A \quad (5.128)$$

$$[M]_E = 0,3 \cdot 1800 \cdot 1,9 \cdot 10^7 = 1,03 \cdot 10^{10} \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Допустимий згинальний момент для гладкої циліндричної обичайки:

$$[\hat{I}] = \frac{[\hat{I}]_i}{\sqrt{1 + \left(\frac{[\hat{I}]_i}{[\hat{I}]_A} \right)^2}} \quad (5.129)$$

$$[M] = \frac{3,88 \cdot 10^9}{\sqrt{1 + \left(\frac{3,88 \cdot 10^9}{1,03 \cdot 10^{10}} \right)^2}} = 3,63 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{мм}$$

Умова стійкості опорної обичайки в зоні отворів (переріз В–В) в робочих умовах:

$$\frac{F_{\bar{a}}}{\psi_1 \cdot [F]} + \frac{M_{v\bar{a}} + F_{\bar{a}} \cdot \psi_3 \cdot D_1}{\psi_2 \cdot [M]} \leq 1,0 \quad (5.130)$$

$$\frac{5,77 \cdot 10^5}{0,95 \cdot 7,91 \cdot 10^6} + \frac{1,37 \cdot 10^8 + 0}{677 \cdot 3,63 \cdot 10^9} = 0,08 < 1,0 - \text{умова виконується}$$

6 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ АБСОРБЕРА

Технологічний процес виготовлення абсорбера в загальному випадку складається з отримання заготовель, механічної обробки заготовель до розмірів готових деталей і зборки з деталей вузлів (складальних одиниць) і усього апарату в цілому.

6.1 Вимоги до виготовлення

Основні складальні одиниці і деталі повинні бути виготовлені із сталі СтЗсп5.

Якість і основні характеристики вживаних матеріалів повинні бути підтверджені сертифікатами заводів-постачальників матеріалів і задовольняти вимогам діючих стандартів і технічних умов.

Вимоги до виготовлення вузлів і деталей згідно креслення.

Всі деталі ретельно знежирити.

Зовнішня поверхня апарату повинна бути забарвлена. Забарвлення поверхні проводиться тільки на час транспортування і зберігання.

Зверху і знизу корпусу апарату повинні бути нанесені мітки, розташовані в плані під кутом 90° по відношенню один до одного, для вивірювання вертикальності при монтажі.

На всіх складальних одиницях повинні бути передбачені пристрої для стропування і вказані місця стропування при навантажувально-розвантажувальних роботах і установка в проектне положення на місці монтажу. Місця стропування і положення центру мас вказані на кресленні загального виду [19].

6.2 Різання металу і обробка кромки

Допускається різання листів, труб на механічних ножицях. Електродугове і газове різання застосовується при заготовці днищ.

Повздовжнє і поперечне різання листового матеріалу виконують на гильотинних ножицях, прес-ножицях або дискових ножицях.

Для різання труб застосовують труборізальні верстати з обертовою розрізальною трубою і нерухомим різальним інструментом, а також верстати з нерухомою розрізальною трубою і обертовою голівкою.

Для додання кромкам обрисів, заданих кресленнями, а також видалення шару металу, ушкодженого при різанні на ножицях, кромки обробляються на спеціальних кромкорізальних верстатах. Кромки згладжують вогневим різанням. Підготовлені під зварювання кромки контролюють на відповідність кута зносу й величини притуплення, а також їхня сталість по довжині. Для контролю застосовують спеціальні шаблони.

6.3 Виготовлення корпусу апарата

Виготовлення обичайок

Циліндричні обичайки виготовляють зварними з листів. Вальцювання і штампування обичайок допускається виконувати тільки на відповідних машинах або пресах. Виготовлення обичайок ручним способом, а також місцевий нагрів і правка молотом не допускаються.

Листовий метал піддають попередній обробці (правці і розділовому різанні), ріжуть і обробляють кромки під зварювання. Листи, призначені для вальцювання, не повинні мати розшарувань, тріщин і неметалевих включень.

Далі йде процес вальцювання.

Вальцювання обичайок з листа супроводжується пластичною деформацією. При вальцюванні в холодному стані (листи невеликої товщини) пластична деформація призводить до залишкового напруження і наклепання. В цілях обмеження залишкового напруження в металі після холодного гнуття при відношенні товщини стінки обичайки до внутрішнього радіусу, рівному або більше 5%, готові обичайки потрібно піддавати термічній обробці. Листи товщиною більше $1/40$ внутрішнього діаметру обичайки згинають на вальцях в

гарячому стані, а після холодного гнуття піддають відпалу для зняття залишкового напруження.

Збирання і зварювання стиків після вальцювання листів проводиться на спеціальних складальних стендах. Збирання циліндричної частини обичайки полягає в поєднанні подовжніх кромek і в прихватці цих кромek за допомогою зварювання в декількох місцях (з довжиною шва в 10-40мм через кожні 200-400мм). Зазвичай при збиранні застосовують натяжні і кантувальні пристосування. Зміщення подовжніх кромek листів однакової товщини не повинно перевищувати 10 % товщини стінки, але не більше 3 мм. Овальність підготовленої до зварювання обичайки в будь-якому поперечному перерізі не повинна перевищувати 1 % номінального діаметру.. [19]

Виготовлення днищ

Еліптичні днища можуть бути виготовлені двома методами: штампуванням і фланжируванням. При великих діаметрах еліптичних днищ штампуванням виготовляють пелюстки і сегменти.

Еліптичні днища виготовляють штампуванням в гарячому або холодному стані залежно від товщини, марки матеріалу і діаметру, а також фланжируванням в гарячому стані при температурі $1050\div 1200^{\circ}\text{C}$.

Еліптичні днища слід виготовляти по можливості з одного листа. Днища можуть виготовлятися зварними з двох або декількох частин. Лист, призначений для виготовлення днища, заздалегідь розмічають. Операція фланжирування - поєднана операція штампування центральної частини днища і обкатки двома роликami периферійної частини днищ.

Процес виготовлення еліптичних днищ методом гарячого штампування досить складний, і складається з декількох етапів. Перший - за допомогою механічного або плазмового різання з листа металу виходить кругла заготівля. Далі штампувальним пресом заготівлі надається сферична форма. Наступний крок - відбортовка - надання формі рівних країв. Після цього заготівля проходить термічну обробку.

Невеликі днища з листів товщиною до 4 мм штамнують на пресах в холодному стані. Великі днища з листів товщиною більше 4 мм штамнують в гарячому стані на гідравлічних пресах. Заготівлю нагрівають до температури 1050-1100°C. Нагріту заготівлю укладають на протяжне кільце штампу. Пуансон штампу, що має форму днища, повільно опускаючись, поступово протягує заготівлю через протяжне кільце, формуючи днище. Готове днище витягають з-під пресу краном або лебідкою.

Встановлення штуцерів

Після розмітки корпусу виробляється вирізка отворів для установки люків, штуцерів й інших елементів арматури апарата.

Отвори для установки штуцерів на обичайці і днищі розміщують на відстані від краю ближнього зварного шва до осі отворів на відстані не менш 0,9 діаметра отвору. Відстань між центрами двох сусідніх отворів у циліндричній обичайці по зовнішній поверхні повинне бути не менш 1,4 діаметри отвору або 1,4 напівсуми діаметрів отворів, якщо діаметри їх різні.

На днищах відстань між кромками двох сусідніх отворів, обмірювана по хорді, приймається не менш діаметра меншого отвору.

Не допускається розташовувати отвори на зварних швах. На поздовжніх швах обичайки допускається установка штуцера діаметром не більше 150 мм при відстані між центрами двох сусідніх штуцерів не менш суми діаметрів їхніх отворів на радіусі. У кільцевих швах обичайки установка штуцерів не обмежується.

У зварних швах днищ, установка штуцерів може бути зроблена тільки після 100 %-го контролю зварних швів просвічуванням або ультразвуковою дефектоскопією.

Заготівлі для фланців одержують вигином прокату. Технологічний процес виготовлення заготівель за цим методі полягає в розрізі смуги або профілю на мірні заготівлі, згинанні в кільце і стиковому зварюванні. Далі заготівлі піддають механічній обробці, обробляють ущільнювальні поверхні й внутрішній діаметр фланця. Потім висвердлюються отвори під болти. Фланці

штуцерів штампують у відкритих штампах. За один хід преса прошивають отвору і обрізають заусенці на кривошипних пресах у комбінованих штампах.

Збирання і зварювання корпусу

Підготовлені деталі (обичайки, фланці і компенсатор) поступають на збирання, яке полягає в приварюванні фланця до однієї сторони обичайки спочатку на точковому апараті, а потім суцільним швом, збиранню обичайок з компенсатором і їх зварюванню також спочатку в окремих точках, а потім суцільним швом. Те ж відноситься і до приварювання іншого фланця до обичайки. Після зварювання слідує зачистка швів.

При виконанні зварних стиків між елементами різної товщини необхідно передбачити плавний перехід від одного елемента до іншого шляхом поступового стоншування більш товстого елемента на довжині, рівній або більшій, ніж величина чотирикратної різниці товщини елементів, що стикуються. При різниці товщини елементів, що сполучаються, не більше 5 мм і товщині листа не менше 10 мм допускаються стикові шви без попереднього стоншування товстої стінки, при цьому конфігурація швів повинна забезпечувати плавний перехід від товстого листа до тонкого.

Складальні одиниці абсорбера, підготовлені до збирання, направляють після проходження технічного контролю на складальну ділянку. Збирання абсорбера проводиться відповідно до технологічної схеми.

Для підвищення продуктивності праці складальні ділянки обладнані піднімально-транспортними пристроями, пристосуваннями для обертання, кантування, закріплення, упору, прихоплення, виміру, контролю і випробування вузлів і виробів, а також мають необхідні електричні і пневматичні інструменти.

Після завершення збирання здійснюється гідравлічне випробування абсорбера. Виявлені дефекти усуваються. Потім проводиться остаточне збирання абсорбера. [19]

7 РЕМОНТ І МОНТАЖ

Під монтажем устаткування мається на увазі комплекс робіт, пов'язаних із приведенням його в робочий стан. Для цього устаткування повинне бути повністю зібрано, встановлено в проектне положення й включено в технологічну схему агрегату або установки.

Монтаж апарата повинен здійснюватися з дотриманням всіх правил безпеки, установлених для окремих видів робіт, загальних правил безпеки й пожежної безпеки, що діють на даному підприємстві, а також у відповідності в діючими будівельними нормами й правилами на підставі проекту провадження робіт.

До початку монтажних робіт повинне бути змонтоване підйомно-транспортне встаткування, виконані заходи щодо охорони праці, техніці безпеки, протипожежної безпеки. Повинна бути перевірена відповідність проекту розташування штуцерів устаткування, опорних конструкцій. Результати перевірки оформляються в актах.

7.1 Вимоги до монтажу і експлуатації

Вимоги до монтажу і експлуатації:

1. Для поліпшення умов праці при роботі зі шкідливими компонентами рекомендується обв'язка апарата технологічними трубопроводами для роботи в замкнутій герметичній системі;
2. Пост (панель) керування рекомендується встановлювати поблизу апарата в зручному місці;
3. Щит електроапаратури необхідно встановити в пожежобезпечній зоні приміщення;
4. При навантаженні апарата на транспортні засоби й монтажі його стропування робити за пристрої відповідно до схеми стропування;

5. Підготувати фундамент для установки апарата;
6. Установити апарат на фундамент, вивірити його у вертикальне положення за допомогою пристроїв для виверки, після чого закріпити апарат;
7. Зробити заземлення апарата, щита електроапаратури відповідно до вимог ДСТУ 12.2.007.783 і “Правил пристрою електроустаткування”;
8. Після установки апарата зробити обв'язку корпусу з відповідним устаткуванням і трубопроводами;
9. Провести гідравлічне випробування апарата й трубопроводів (по необхідності);
10. При задовільних результатах гідровипробувань апарат теплоізулювати (по необхідності);
11. Робочий режим роботи абсорбера забезпечують, спостерігаючи за показаннями термометрів та манометрів

При підготовці апарата до роботи провести зовнішній огляд апарата й апаратури керування. [20]

7.2 Підготовчі роботи перед проведенням ремонту

Підготовка устаткування до ремонту впливає на повноту усунення дефектів, а також на кількість ремонту. Крім того, правильна підготовка встаткування до ремонту досить важлива для забезпечення безпеки персоналу, зайнятого на ремонтних роботах. Послідовність і зміст операцій по виводу працюючого встаткування в ремонт обмовляється в технологічних інструкціях.

Устаткування виводиться з роботи в плановому порядку обслуговуючим персоналом за вказівкою особи відповідального за його стан і безпечну експлуатацію. Потім його від'єднують від діючих трубопроводів і від іншого встаткування установкою заглушок. Заглушки встановлювані у фланцевих розніманнях, виготовляють відповідно до вимог норм із пофарбованими в червоні кольори хвостовиками, із вказівкою привласнених номерів, D_y та P_y

Установка заглушок записується у вахтовому журналі із вказівкою номера, місця й часу установки й прізвища виконавця. Так само реєструється й зняття заглушок.

Абсорбер готують до ремонту в такий спосіб. Доводять тиск у абсорбері до атмосферного, з апарату видаляють робоче середовище, після чого його пропарюють водяною парою, що витісняє пару, що залишилася в абсорбері, і газів. Після пропарювання абсорбер промивають водою. У деяких випадках пропарювання та промивання чергують кілька разів.

Підготовленість абсорбера підтверджується в наряді-допуску, що видається ремонтній бригаді.

Після закінчення провітрювання варто зробити аналіз повітря, узятого з різних по висоті місць абсорбера. До робіт усередині абсорбера дозволяється приступати тільки тоді, коли аналіз покаже, що концентрація шкідливих газів і пари не перевищує гранично припустимих санітарних норм. [21]

7.3 Розбирання апарата, виявлення й усунення дефектів

Ремонт посудини роблять за технологією, розробленою ремонтною організацією до початку виконання ремонтних робіт. Всі види ремонтів повинні виконуватися в строгій відповідності із графіком ППР, затвердженому головним інженером.

При проведенні ремонтних робіт в апарату необхідно керуватися «Інструкцією з організації безпечного проведення газонебезпечних робіт на підприємстві».

При ремонті внутрішні пристрої очищають від бруду й інших відкладень. Ремонт внутрішніх пристроїв пов'язаний з багаторазовим підйомом нових і спуском зношених деталей, такі операції бажано механізувати. До верхньої частини корпусу абсорбера кріплять поворотний або нерухомий кран-укосину. Визначення зношування й відбраковування внутрішніх пристроїв виробляються

відповідно до діючих норм і методикам. Зношені деталі, а іноді й цілі вузли замінюються новими.

Ремонтні роботи із застосуванням відкритого вогню повинні проводитись відповідно до «Типової інструкції з організації безпечного проведення вогневих робіт на вибухонебезпечних об'єктах». Вогневі роботи проводяться тільки при наявності дозволу на виробництво вогневих робіт.

Не дозволяється знімати гайки зі шпильок або болтів доти, поки працюючий не переконається в тім, що апарат або ділянка трубопроводу не має тиску. Затягування гайок при ремонті повинна бути рівномірної щоб уникнути перенапруги в окремих болтах.

Перед зварюванням перевіряється якість підготовки й зборки елементів, що зварюють. Зсув крайок швів у стикових з'єднаннях не повинне перевищувати 10% більше тонкого листа, але не більше 3 мм. При зварюванні елементів різної товщини передбачається плавний перехід від одного елемента до іншого, при цьому кут скосу не повинен перевищувати 15°. Допускаються стикові шви без попереднього утонення стінки, якщо різниця між товщинами елементів, що з'єднують, не перевищує 30 % від товщини більше тонкого елемента, але не більше 5 мм.

При ремонті корпусів зварювальні роботи виконуються при позитивній температурі навколишнього повітря. Допускаються зварювальні роботи з попереднім підігрівом при температурі навколишнього повітря не нижче мінус 20° С.

При ремонті корпусів використовують ручне електродугове зварювання, крім того може бути використане автоматичне й напівавтоматичне зварювання. Зварні шви, виконувані при ремонті повинні забезпечувати необхідну міцність і бути доступними для контролю. Перетинання зварних швів виконуваних ручним електродуговим зварюванням не допускається.

Ушкоджену обичайку замінюють цілою і полістно. При заміні цілої проміжної обичайки використовують вантажопідйомні механізми. Вони втримують верхню неушкоджену частину апарата. Цю частину відокремлюють від дефектної

обичайки й опускають на землю. Ушкоджену обичайку за допомогою тих же механізмів також опускають на землю. Нову обичайку піднімають і стикують із нижньою частиною апарата. Потім піднімають верхню частину й після стикування з обичайкою й перевірки частин обоє стикових шва заварюються. При полистовій заміні використовують листи звальцьовані по радіусу, рівному радіусу корпусу.

Дефектні днища при неможливості їхнього ремонту на місці замінюють новими. [20]

7.4 Випробування апарата на міцність і герметичність

Установлений і вивірений апарат підлягає гідравлічному випробуванню на міцність і герметичність пробним тиском.

Гідравлічне випробування проводять на місці виготовлення або на місці монтажу. Гідравлічне випробування з метою перевірки на міцність і герметичність апарату проводиться пробним тиском, величину якого встановлюють залежно від розрахункового тиску і указують в паспорті або технологічній карті. Найбільш поширено гідравлічне випробування, яке полягає в наступному. В апарат нагнітають воду при відкритому на самій верхній точці апарату штуцері. Поява води у штуцері свідчить про заповнення апарата. Заглушивши штуцер, поволі підвищують тиск в колоні, поки воно не досягне значення тиску опресовування. При такому тиску апарат витримують протягом 10 хвилин, після чого тиск поволі знижують до робочого і приступають до огляду корпусу. Температура води при випробуванні повинна бути не нижче плюс 5 та не більше плюс 40°C. Апарат визнається готовим до роботи, якщо в ньому не виявиться ознак розриву, течії і підпрівання у зварених швах, видимих залишкових деформацій після випробування.

8 ОХОРОНА ПРАЦІ

8.1 Небезпечні і шкідливі виробничі фактори на виробництві

Для виробництва ацетилену характерними виробничими факторами, які підлягають лабораторним дослідженням і при впливі яких є ризик ушкодження здоров'я працівників, є:

- наявність шкідливих хімічних речовин;
- шум і вібрація у виробничих приміщеннях;
- мікроклімат у виробничих приміщеннях;
- освітленість виробничих приміщень.

Контроль над відповідністю фактичних значень зазначених факторів нормативним значенням систематично здійснюється промислово-санітарною лабораторією підприємства.

Основними профілактичними заходами, що дозволяють не допустити отруєння і опіків при роботі з токсичними й агресивними речовинами, є герметизація встаткування й комунікацій, автоматизація, ефективна робота загальнообмінної вентиляції, застосування засобів індивідуального захисту.

Для своєчасного попередження, виявлення й лікування професійних захворювань проводяться систематичні медичні огляди робітників, що мають контакт із токсичними речовинами.

Зони з рівнем шуму вище 80 дБ позначені знаками безпеки. Працюючих у цих зонах адміністрація забезпечує засобами індивідуального захисту органів слуху.

Показники температурно-вологого режиму і освітлення у виробничих приміщеннях доводять до рівня нормативних значень шляхом своєчасного ремонту й профілактики систем опалення, вентиляції й освітлення.

Причини, що викликають поразку небезпечними і шкідливими виробничими факторами:

- робота на несправному устаткуванні і несправному інструменті;

- порушення технологічного режиму;
 - незадовільна організація праці;
 - порушення правил охорони праці;
 - порушення порядку проведення оперативних і ремонтних робіт;
 - відсутність або несправність спецодягу і індивідуальних засобів захисту або не користування ними;
 - порушення виробничої і трудової дисципліни;
 - припинення подачі електроенергії;
 - припинення подачі природного газу;
 - припинення подачі охолодженої води;
 - припинення подачі повітря для потреб КВП і А;
 - припинення подачі пари або живильної води;
 - порушення герметичності встаткування і комунікації;
 - можливість поразки електричним струмом;
 - шум і вібрація;
 - можливість нагромадження статичної електрики;
 - порушення встановлених норм технологічного регламенту, правил експлуатації встаткування і трубопроводів;
 - механічні травми при неправильному обслуговуванні машин механізмів.
- [24], [5].

8.2 Заходи запобігання шкідливих і небезпечних виробничих факторів

Вентиляція виробничих приміщень

Вентиляція це комплекс взаємозалежних пристроїв і процесів, призначених для створення організованого повітрообміну, що полягає у видаленні з виробничого приміщення забрудненого або перегрітого (охолодженого) повітря з подачею замість нього чистого й охолодженого (нагрітого) повітря, що дозволяє створити в робочій зоні сприятливі умови повітряного середовища.

Вимоги до вентиляції і кондиціонування повітря, а також опаленню виробничих будівель визначаються «Санітарними нормами проектування промислових підприємств».

Вентиляційні системи можуть бути загально-обмінними, локальними (місцевими) і комбінованими. При загально-обмінній вентиляції зміна повітря відбувається у всьому обсязі приміщення. Призначенням локальної вентиляції є локалізація шкідливих виділень у місцях їхнього утворення і видалення їх із приміщення. При комбінованій системі одночасно з загальним повітрообміном локалізуються також і окремі найбільш інтенсивні джерела виділень.

В виробничих приміщеннях передбачається змішана (природна і механічна) вентиляція. Природна вентиляція здійснюється через віконні отвори. Природний неорганізований повітрообмін у приміщення обумовлений дією двох факторів: теплового тиску і вітрового тиску.

При проектуванні вентиляційних систем необхідно враховувати, що:

- у виробничих приміщеннях звичайно передбачається змішана вентиляція.
- в приміщеннях без шкідливих виділень слід подавати тільки припливне повітря, щоб усунути можливе надходження шкідливостей з сусідніх приміщень;
- в приміщеннях з можливим виділенням шкідливостей за відсутності постійних робочих місць необхідно використовувати витяжну вентиляцію з компенсацією повітря, яке видаляється, за рахунок надходження його з коридорів, інших сусідніх приміщень або через спеціальні будівельні конструкції;
- в приміщеннях з можливим виділенням шкідливостей за постійного перебування обслуговуючого персоналу слід організувати комбіновану систему вентиляції (природну і механічну);
- в приміщеннях з можливим виділенням шкідливостей повітрообмін за витяжкою слід приймати більшим за притоку згідно з інтенсивністю виділень.

Для оповіщення про порушення в роботі приточних вентиляційних агрегатів передбачена світлова й звукова сигналізація з виносом на щит у ЦПК. Передбачена також подача повітря до щитів у компресорній і в ЦПК, у яких найбільш тривалий час перебуває персонал.

Згідно до норм в виробничих приміщеннях з об'ємом на одного працюючого менше за 20 м^3 подача зовнішнього повітря на кожного працюючого повинна складати не менше за 30 м^3 /годину, а з об'ємом на одного працюючого більше 20 м^3 подача зовнішнього повітря повинна складати не менше 20 м^3 /годину. В виробничих приміщеннях без вікон подача зовнішнього повітря повинна складати не менш за 40 м^3 /годину на людину (кратність повітрообміну не менш за 3-5).

Аварійна вентиляція

Крім постійно діючих припливних систем, у машинному залі компресії (який знаходиться в корпусі піролізу метану) передбачений пристрій аварійної припливної вентиляції з видаленням повітря природним шляхом - через шахти в покрівлі будівлі, що забезпечує 8-кратний повітрообмін. Пряжки для конденсатних насосів і водопровідні канали обслуговуються постійно діючою припливною вентиляцією, що забезпечує в них 10-кратний повітрообмін.

При аварійній зупинці робочих вентиляторів припливних систем передбачене автоматичне включення електродвигунів резервних вентиляторів.

Припливні осьові вентилятори, установлені за зовнішніми стінами машинного залу корпусу компресії, виконуються в іскрозахищеному виконання з електродвигуном у вибухобезпечному виконання.

Аварійна вентиляція включається тільки автоматично по сигналізації датчика газоаналізатора типу ГХ-4, УГ-2.

Заходи боротьби з пилом

У виробництві ацетилену утворення пилу можливе на стадії приготування 10% розчину кальцинованої соди. Оскільки пиловиделенню повністю запобігти неможливо, передбачена витяжна вентиляція. При роботі з содою всі співробітники застосовують засоби індивідуального захисту: спецодяг, респіратори, захисні окуляри.

Заходи боротьби с шумом і вібраціями

Джерелами шуму в цеху є: компресори, насоси, вентиляційні системи, різні установки. Ці джерела шуму також є і джерелом вібрацій.

Ефективними засобами боротьби з шумом і вібрацією є:

- балансування двигунів і частин машин, що обертаються;
- ізоляція фундаменту;
- застосування демпфуючих матеріалів (азбесту, гуми);
- зниження рівня шуму, за рахунок збільшення діаметрів газовідводів.

Для зниження рівня шуму, який з'являється при переміщенні газів і рідин по трубопроводах, застосовують трубопроводи більшого діаметру для зниження швидкості руху і відповідно шуму.

Також ефективним засобом є індивідуальні засоби захисту. Для боротьби з шумом в цеху застосовуються:

Протишумні навушники марки «ВЦНІІОТ-2М»;

Протишумні вкладиші марки «Беруші».

Для захисту від вібрації застосовуються віброізолююче взуття і рукавички.

Заходи електробезпеки

До таких заходів відносяться: забезпечення недоступності струмоведучих частин, що знаходяться під напругою; електричний розподіл мережі; усунення небезпеки поразки за з'явлення напруги на корпусах, кожухах та частинах електроустаткування, що досягається використанням малих напруг, застосуванням подвійної ізоляції, вирівнюванням потенціалу, захисним заземленням, зануленням, захисним відключенням; застосування спеціальних електрозахисних засобів – переносних приладів і пристроїв; організація безпечної експлуатації електроустановок тощо.

Для усунення переходу напруги на корпус і на не струмоведучі частини електричного і технологічного обладнання за замкнення на них однієї з фаз застосовують захисне заземлення або занулення.

Пожежна безпека

Відповідальність за протипожежний стан і виконання правил пожежної безпеки по цеху покладена на начальника цеху.

Відповідальність за дотримання протипожежних правил і заходів, а також за справність первинних засобів пожежогасіння в зміні несе майстер зміни.

Відповідальність за дотримання встановлених протипожежних заходів на кожному робочому місці покладає на особу, що обслуговує дану ділянку роботи.

Розташування і використання протипожежних засобів повинне проводитися відповідно до « Правил пожежної безпеки в Україні ».

Весь пожежний інвентар і устаткування повинні перебувати на видних і доступних місцях і утримуватися в справному стані.

Для своєчасного оповіщення про пожежну небезпеку і виклик пожежної охорони в місцях передбачених проектом і вказаних в "Плані ліквідації аварій" повинні перебувати засоби повідомлення сигналізації і зв'язки. Пожежну охорону викликати по телефону 101.

Під'їзди і підходи до пожежного обладнання і пожежних гідрантів повинні бути завжди вільними. Біля пожежних гідрантів необхідно вивішувати надписи-показники, освітлені в нічний час, що дозволяють швидко визначити місце їхнього знаходження.

У зимовий час пожежні гідранти і під'їзди до них потрібно очищати від снігу, а дахи колодязів - від льоду.

Стаціонарні пожежні і аварійні сходи необхідно містити у справному стані.

Пожежні крани у всіх приміщеннях повинні бути обладнані рукавами і стовбурами. Один кінець пожежного рукава повинен бути приєднаний до пожежного крана.

Піногенератори зберігають у сухих приміщеннях і один раз у три місяці оглядають і прочищають від пилу і бруду.

При експлуатації один раз у квартал необхідно перевіряти рівень розчину піноутворювача і один раз у півроку - його якість.

Кожному вогнегаснику, що надходить в експлуатацію, необхідно привласнити порядковий номер, позначуваний червоною на корпусі вогнегасника і завести на нього паспорт.

Придатність заряду пінних вогнегасників перевіряють один раз у рік відповідно до "Інструкції для експлуатації ручних хімічних пінних вогнегасників".

Використання засобів гасіння пожежі не по прямому призначенню категорично забороняється. За втрату, псування пожежного інвентарю і обладнання або приведення його в непридатність винні залучаються до відповідальності.

Кожен працюючий у цеху повинен знати розташування протипожежного інвентарю, пожежного обладнання і уміти ним користуватися.

Кожен працюючий у цеху повинен розуміти, що загорання і вибух газу може відбутися при недотриманні заходів обережності і правил експлуатації устаткування.

У цеху застосовуються хімічні пінні вогнегасники типу ОП-10 і вуглекислотні ОУ-2, ОУ-5, ОУ-8, ОВП-100. Пінним вогнегасником не можна гасити пожежі електроустановок і електропроводки, що перебуває під струмом, а також спирт, тому що при зіткненні з парами спирту піна швидко руйнується. [23]

8.3 Ремонтно-монтажні роботи

Допуск на проведення робіт

Система допусків, дозволів і нарядів на проведення особливо небезпечних робіт є важливим заходом щодо забезпечення безпеки по проведенню ремонтних робіт.

Не можна починати ремонтні роботи без спеціального документа-допуску, в якому мають бути вказані: склад бригади, місце, час, і відповідальна особа за проведення робіт позначені заходи безпеки, які обов'язкові для проведення робіт, а так само факт перевірки цих заходів. Допуск необхідно погоджувати з іншими підрозділами виробництва (пожежною охороною, газорятівною службою) і затвердити з головним інженером підприємства.

Проведення робіт на висоті

Роботи на висоті вище 1,3м повинні виконуватися із застосуванням приставних сходів, драбин, подмостей, лісів, що мають обгороджування або при обов'язковому застосуванні перевірених або випробуваних запобіжних поясів, якщо роботи проводяться з необгороджених поверхонь.

Роботи, які виконуються на висоті більш 5м від поверхні землі, перекриття або робочого настилу, безпосередньо з конструкції, устаткування, машин і механізмів при їх монтажі і ремонті мають проводитися із застосуванням запобіжного поясу (поясу верхолаза).

До роботи на висоті допускаються особи не молодше 18 років, що пройшли медичний огляд, ввідний і первинний інструктаж по техніці безпеки і перевірку знань інструкції згідно переліку обов'язкових інструкцій для даної професії.

Ліси, підмости, і інші пристосування для виконання будівельно – монтажних і ремонтних робіт на висоті мають бути інвентарними. Навантаження на настили лісів, підмостів і вантажопідйомних майданчиків не повинні перевищувати встановлених проектом величин. Скупчення на настилах людей в одному місці не допускається.

При проведенні ремонтно – монтажних робіт робітник зобов'язаний бути одягнений в спецодяг, мати при собі сумку для інструментів і працювати з надітою на голову каскою.

Проведення зварювальних і вогневих робіт

До вогневих робіт відносять виробничі операції, зв'язані із застосуванням відкритого вогню, нагріванням до температур, здатних викликати займання матеріалів.

На проведення вогневих робіт оформляється наряд-допуск, що передбачає розробку і подальше здійснення комплексу заходів щодо підготовки і безпечного проведення робіт, вказаний термін його дії, і тривалість проведення робіт, склад бригади, вимоги до робітників.

Відповідальний за проведення вогневих робіт зобов'язаний:

- перевірити у виконавців наявність і справність засобів індивідуального захисту, інструменту і пристосувань, їх відповідність виконуваній роботі, наявність посвідчень і талонів – попереджень;

- проводити інструктаж виконавців про правила безпечного ведення робіт;

- забезпечити місце проведення робіт первинними засобами пожежогасінні.

Виконавці вогневих робіт несуть відповідальність за виконання всіх мір безпеки, передбачених в наряді – допуску.

Якщо вогневі роботи проводяться усередині ємкості, то вони вимагають письмового дозволу головного інженера, узгодженого з органами пожежної охорони, наявність акту огляду ємності і дотримання особливих заходів безпеки згідно спеціальної інструкції. До таких заходів відносять забезпечення максимального повітрообміну, якщо потрібно – примусового, обов'язкове заземлення ємності, цілісність ізоляції токопроводів, наявність повного комплексу захисного одягу (діелектричні рукавички, калоші, шлем або каска), неможливість зміни електродів при включеній напрузі.

Для проведення робіт усередині ємностей повинна призначатися бригада в складі не менш 2-х осіб.

Газонебезпечні роботи усередині ємностей проводяться при постійній присутності газорятівника. Перебування усередині ємностей допускається, як правило, одній людині. При необхідності перебування в ємності більшого числа працівників мають бути розроблені, внесені до наряду-допуску і додатково здійснені заходи безпеки, що передбачають призначення що не менш одного спостерігача персонально на того, що одного працює в апараті, порядок входу і евакуації працівників, порядок розміщення шлангів, забірних патрубків протигазів, сигнально-рятувальних мотузок, наявність засобів зв'язку і сигналізації на місці проведення робіт.

У всіх випадках на працівника що спускається в ємність, має бути надягнений рятувальний пояс з сигнально-рятувальним мотузком. [24]

9 ПРОМИСЛОВА ЕКОЛОГІЯ

9.1 Джерела викидів відходів виробництва ацетилену

Технологічними джерелами викидів в атмосферу є підігрівачі природного газу відділення піролізу, циклонні агрегати спалення сажевого шламу, підігрівачі кисню.

Стічними водами виробництва є:

Стічні води відділення піролізу і концентрування скидаються по лінії хімбрудних стоків на станцію перекачування, змішуються зі стоками цеху ацетилену і подаються на біохіміччнення в цех НОПС.

9.2 Вплив на здоров'я людини

Оксиди азоту NO_x – поглинання сонячного світла NO_2 , призводять до утворення фітохімічних туманів – смогів. Руйнування матеріалів, зниження врожайності, знищення лісів, в крові, сприяє руйнуванню озоносфери. Негативно впливають на листя рослин. У мембранах рослинних кліток порушуються обмінні процеси, а так само процеси в хлоропластах рослинної клітки, де відбувається фотосинтез.

Діоксид азоту має виражену дратівну й припікальну дію на дихальні шляхи, не виключена можливість загальної дії, у тому числі за рахунок легких продуктів, що всмоктуються в кров з поверхні, клітинного розпаду. У людей, що працюють при 0,008 - 0,005 мг/л (3-5 років) виявляються запальні зміни слизуватої оболонки ясен, хронічні бронхіти, емфізема легенів, метагемоглобінемія.

Діоксид азоту знижує вміст у крові еритроцитів і гемоглобіну, збільшується рівень білірубину. NO_2 проникає в організм людини через воду, їжу, повітря, є антогоністом. У крові людини NO забирає O_2 і перетворює гемоглобін у метагемоглобін, чим викликає важке захворювання крові – метгемоглоберію.

Діоксид вуглецю визиває гостре отруєння: вдихання 0,25 – 1% CO_2 змінює функції подиху й кровообігу, 2,5 – 5% CO_2 викликає головний біль, підвищення

кров'яного тиску, роздратування верхніх дихальних шляхів, 7% CO₂ – викликає пітливість, шум у вухах, запаморочення, блювоту, зниження температури тіла, порушення зору, поразку головного й спинного мозку. При вдиханні високих концентрацій CO₂ може наступити смерть від зупинки подиху.

Хронічне отруєння відрізняє лише головні болі й утруднений подих, а в цілому можливість його не доведена. При дії на шкіру з'являється почервоніння, поколювання, відділення поту (при високих концентраціях).

Ацетилен має слабку токсичну дію. На організм людини діє наркотично, викликаючи сп'яніння, балакучість, розлад координації руху. При високих концентраціях може викликати важке отруєння із втратою свідомості, слабкий не рівномірний пульс. Ознаки отруєння: сильне збудження, нерухомість зіниць.

9.3 Вплив промислових викидів на ґрунт і рослини

Оксиди азоту NO_x – поглинання сонячного світла NO₂, призводять до утворення фітохімічних туманів – смогів. Руйнування матеріалів, зниження врожайності, знищення лісів, зменшення вмісту гемоглобіну в крові, сприяє руйнуванню озоносфери. Негативно впливають на листя рослин. У мембранах рослинних кліток порушуються обмінні процеси, а так само процеси в хлоропластах рослинної клітки, де відбувається фотосинтез.

Діоксид вуглецю істотно впливає на клімат, тому CO₂ потрібно розглядати як один з найважливіших антропогенних забруднювачів атмосфери. Технологічні викиди CO₂ в останні десятиліття становлять 5 – 10 млрд. т/рік, що становить 10% його природних надходжень. CO₂ утворює так званий парниковий ефект, підвищення температури приземного повітря, пропускаючи більшу частину енергії сонячних променів і поглинаючи інфрачервоне теплове випромінювання. Підвищення загального вмісту CO₂ в атмосферу на 13% викликає середнє підвищення температури на Землі на 0,5 – 1⁰C. [25].

ВИСНОВКИ

В даному дипломному проекті розглянута тема: «Абсорбер у виробництві ацетилену потужністю 39 т/рік».

На основі аналітичного огляду вибрана конструкція абсорбера розміри якого отримані з технологічного розрахунку.

Підібрані конструкційні матеріали згідно з умов роботи абсорбера і характеристики робочого середовища.

Роботоспроможність абсорбера підтверджена розрахунками на міцність, жорсткість та стійкість, які виконані з діючою в хімічному машинобудуванні нормативно-технічною документацією.

Висвітлені питання технології виготовлення, монтажу і ремонт абсорбера.

Розглянуті питання охорона праці при ремонті та промислової екології.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

- 1 Меркулов В.В., Ряполов О.А., Мантлер С.Н., Меркулова Е.В. Экономическая привлекательность новых ацетиленовых технологий// Международный журнал экспериментального образования. – 2016. – № 5-2. – С. 183-186.
- 2 Chemical and Petroleum Engineering, Vol. 36, Nos. 1-2, 2000 INDUSTRIAL SAFETY OF EQUIPMENT AND PLANTS EVALUATING THE RISKS IN ACETYLENE PRODUCTION M. M. Grunina UDC 662.766:62-19.003.121
- 3 Коваливнич А. М. Автореферат. Физико-химические исследования газовых систем и технологическое оформление процесса производства ацетилена. – Л. 2005.
- 4 Oršula I et al., Simulation of calcium acetylide and acetylene production. Presented at the 3rd International Conference on Chemical Technology, April 13-15, 2015, Mikulov, Czech Republic: Czech Society of Industrial Chemistry
- 5 Постоянный технологический регламент № 51 производства ацетилена 2003г.
- 6 Антонов В.Н., Лapidус А.С. Производство ацетилена.-М.: Химия, 1970.
- 7 Павлов К. Ф., Романков П. Г. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. – М.: Химия, 1987. –576 с.
- 8 ГОСТ 14249—89 (СТ СЭВ 3648-82). Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность.
- 9 ГОСТ 6533—78. Днища эллиптические отбортованные стальные для сосудов, аппаратов. Основные размеры. – М.: Издательство стандартов, 1985.
- 10 ГСТУ 3-17-192-2000. Опоры вертикальных апаратів. Типи, конструкція та розміри. – К.: Державний комітет промислової політики України 2000. – 11 с.
- 11 Справочник химика. – М.: Химия, 1971.
- 12 ДНАОП 0.00-1.07-94 Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением. Харьков.: Форт. 2009.175с.
- 13 Основы расчета и конструирования массообменных колонн: Учебное

- пособие / Тютюнников А.Б., Товажнянский Л.Л., Готлинская А.П. – К.: Вища шк. Головное изд-во, 1989. – 223с.
- 14 Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии.- М: Химия, 1973. -752 с
 - 15 Воронков А.П., Борисов П.П., Гранжан В.А., Муший Р.Я. Промышленная химия «пиролизного ацетилен» Хімічна промисловість України – 2000 - №1-2-с.41-51
 - 16 Лебедев Н.Н. Химия и технология основного органического и нефтехимического синтеза.- М.: Химия, 1988
 - 17 Гликин М.А., Лахманчук Л.С., Крупник Л.И. и др. Закалка газов пиролиза в кипящем слое твердого теплоносителя. – В сб.: Хим. технология, Киев. Отд. хим. и хим. техн., АН УССР. – 1977 - №1- с.26-28.
 - 18 Воробьева Г. Я. Коррозионная стойкость материалов в агрессивных средах химических производств. – М.: Химия, 1975. –816 с.
 - 19 Ю. И. Берлинер Технология изготовления химического и нефтяного аппаратостроения. – М.: Машиностроение, 1976. –856 с.
 - 20 Ермаков В.И., Шеин В.С. Ремонт и монтаж химического оборудования: Учебное пособие для вузов. – Л.: Химия, 1981. – 368 с.
 - 21 Фарамазов С. А. Ремонт и монтаж оборудования химических и нефтеперерабатывающих заводов. 2-е изд., перераб. – М.: Химия, 1980. – 312 с.
 - 22 Поникаров И. И., Перелыгин О. А., Доронин В. Н., Гайнуллин М. Г. Учебник для ВУЗов по специальности «Машины и аппараты химических производств и предприятий строительных материалов /. — М.: Машиностроение, 1989. — 368 с.
 - 23 Соловьев Н. В., Стрельчук Н. В. Охрана труда в химической промышленности. – М.: Химия, 1969. –512 с.
 - 24 Медведева В.С. Охрана труда и противопожарная защита в химической промышленности. – М.: Химия, 1989
 - 26 Беспамятнов Г.П., Кротов Ю.А. «Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде. – Л.: Химия, 1985 – 528 с.