

ЗМІСТ

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ	7
ВСТУП	9
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД	10
1.1 Огляд найкращих доступних технологій виробництва аміаку	10
1.2 Перспективні напрями в технології виробництва аміаку	11
1.3 Порівняння технологічних схем відділення конверсії оксиду вуглецю в агрегатах АМ-70, АМ-76, ТЕС, Chemico	14
1.4 Технології для створення нових виробництв. Виробництво аміаку потужністю 2000÷2400 т на добу	15
1.5 Обґрунтування обраного методу виробництва	17
1.6 Конструкції конверторів оксиду вуглецю	20
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	23
2.1 Опис технологічної схеми конверсії оксиду вуглецю	23
2.2 Параметричні розрахунки апарата	25
2.2.1 Матеріальний баланс	25
2.2.2 Тепловий баланс	29
2.2.3 Технологічний розрахунок	32
3 КОНСТРУКЦІЯ ТА ПРИНЦИП ДІЇ КОНВЕРТОРА СО ДРУГОГО СТУПЕНЯ	33
4 ВИБІР КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ	36
5 РОЗРАХУНОК ЕЛЕМЕНТІВ АПАРАТА НА МІЦНІСТЬ, ЖОРСТКІСТЬ І СТІЙКІСТЬ	37
5.1 Визначення товщини стінки корпусу	38
5.1.1 Визначення товщини стінки обичайки апарату	38
5.1.2 Розрахунок еліптичного днища корпусу	40
5.2 Розрахунок зміцнення отворів	41
5.2.1 Розрахунковий діаметру одиночного отвору, що не вимагає зміцнення для обичайки	41

5.2.2 Штуцери В ₁₋₁₀ та Г _{1,2}	41
5.2.3 Розрахунковий діаметру одиночного отвору, що не вимагає зміцнення для еліптичного днища	42
5.2.4 Штуцери А та Б	42
5.2.5 Облік взаємного впливу отворів	48
5.3 Розрахунок фланцевого з'єднання люка	49
5.3.1 Визначення розрахункових параметрів	50
5.3.2 Визначення допустимої напружини	50
5.3.3 Розрахунок допоміжних величин	53
5.3.4 Розрахунок навантажень, які діють у фланцевому з'єднанні	56
5.3.5 Розрахунок болтів	57
5.3.6 Розрахунок фланця на міцність	58
5.3.7 Умова жорсткості фланцевого з'єднання	65
5.3.8 Розрахунок кришки люка	65
5.4 Вибір опори	67
6 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ КОНВЕРТОРА СО ДРУГОГО СТУПЕНЯ	70
6.1 Вимоги до виготовлення	70
6.2 Різання металу й обробка кромки	70
6.3 Виготовлення корпусу апарата	71
6.3.1 Виготовлення обичайок	71
6.3.2 Виготовлення днищ	73
6.3.3 Вирізка отворів	74
6.3.4 Зварювання апарата	74
6.4 Збирання апарата	76
7 РЕМОНТ І МОНТАЖ	77
7.1 Вимоги до монтажу та експлуатації	78
7.2 Підготовчі роботи перед проведенням ремонту	76
7.3 Розбирання апарата, виявлення й усунення дефектів	80
7.4 Випробування апарата на міцність і герметичність	82

8 ОХОРОНА ПРАЦІ	83
8.1 Небезпечні і шкідливі виробничі фактори на виробництві	83
8.2 Класифікація і категорійність виробництва і його приміщень	84
8.3 Заходи запобігання шкідливих і небезпечних виробничих факторів	85
8.4 Ремонтно-монтажні роботи	90
9 ПРОМИСЛОВА ЕКОЛОГІЯ	92
9.1 Джерела викидів	92
9.2 Вплив шкідливих речовин на здоров'я людини	93
9.3 Вплив промислових викидів на ґрунт і рослини	94
ВИСНОВКИ	96
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	97

СКОРОЧЕННЯ ТА УМОВНІ ПОЗНАКИ

- A - кількість робочих діб у році, діб;
- B - кількість діб на ремонт устаткування і технічні простої в році, діб;
- G_{Γ} – річна продуктивність, т/рік;
- V_{κ} – Об'єм каталізатора, м^3 ;
- V – об'ємна витрата газу, $\text{м}^3/\text{год}$
- ω – швидкість газу, м/с;
- P - розрахунковий тиск в апараті, МПа
- H_c – висота середовища в апараті, м;
- g – прискорення вільного падіння, $\text{м}/\text{с}^2$;
- φ_p – коефіцієнт міцності подовжніх зварних швів корпусу;
- φ_1 – коефіцієнт міцності зварного шва для штуцера;
- S_p – розрахункова товщина стінки корпусу, мм;
- C - сума добавок до розрахункової товщини стінки, мм;
- \tilde{N}_1 – добавка для компенсації корозії і ерозії до розрахункової товщини стінки корпусу, мм;
- \tilde{N}_2 – добавка для компенсації мінусового допуску на товщину сталевого листа, мм;
- C_s – сума надбавок до розрахункової товщини стінок штуцера;
- R – радіус кривизни в вершині днища по внутрішній поверхні, мм;
- $[\sigma]$ – допустима напружина матеріалу при розрахунковій температурі, МПа;
- $[\sigma]_{II}$ – допустима напружина матеріалу штуцера при розрахунковій температурі;
- ρ_c – густина робочого середовища в апараті, $\text{кг}/\text{м}^3$;
- T – температура в зоні реакції, К;
- a – вміст CO в початковому газі, моль. частки;
- b – вміст H_2 в початковому газі, моль. частки;
- c – вміст CO_2 в початковому газі, моль. частки;

d – вміст інертів в початковому газі, моль. частки;

$\Sigma Q_{\text{вх.}}$ – загальна кількість теплоти, що вноситься в апарат зі всіма матеріальними потоками, а також теплота, яка виділяється або поглинається в результаті протікання хімічної реакції або фізичних процесів, кДж;

$\Sigma Q_{\text{вих.}}$ – загальна кількість теплоти, яка виноситься з апарату зі всіма матеріальними потоками, затрачується на нагрівання частин апарату, а також втрати тепла в оточуючу середовище, кДж.

Q_1 – загальне тепло, яке виділяється в результаті протікання реакції, кДж;

Q_2 – тепло, яке вноситься з парогазовою сумішшю, кДж;

Q_3 – тепло, яке необхідно підвести, кДж;

Q_4 – тепло, яке виноситься з апарату газами, кДж;

Q_5 – втрати тепла в оточуюче середовище, кДж;

C_i – мольна теплоємність компонентів парогазової суміші, Дж/(моль·К);

$t_{\text{вх.}}$ – температура парогазової суміші на вході в конвертор I ступеню, °С;

ВСТУП

Бурхливий розвиток азотної промисловості диктується необхідністю задоволення населення продуктами землеробства. Без мінеральних добрив, і насамперед азотних, неможливо вирішити завдання інтенсифікації сільського господарства, а значить дефіцит в зв'язаному азоті в оброблюваних ґрунтах.

Виробництву аміаку і на його основі азотних добрив, завжди приділялася першочергова увага. Середньорічний темп приросту виробництва аміаку за останні 20 років складав 10—19%. Зростання виробництва азотних добрив продовжуватиметься і далі. За відносно короткий термін свого існування, вітчизняне виробництво синтетичного аміаку вчинило в буквальному розумінні стрімкий зліт. Перша вітчизняна установка мала річну потужність 8 тис. т/рік аміаку, сучасний агрегат виробництва аміаку має потужність до 500 тис. т/рік.

Аміачне виробництво відрізняється великою енергоємністю. Сучасні енерготехнологічні агрегати аміаку практично автономні і мають продуктивність 450-500 тис. т/рік і спільний енергетичний ККД 50-52%.

У розвитку азотної промисловості велике значення мав перехід виробництва на економічніший і менш дефіцитний вид сировини – природний газ, оскільки при отриманні аміаку з природного газу удається максимально знизити собівартість продукту і питомі капіталовкладення.

Подальше вдосконалення виробництва аміаку направлене на підвищення його коефіцієнта корисної дії, на раціональніше використання сировинних і енергетичних ресурсів, на збільшення надійності роботи енергетичних машин і технологічних апаратів, системи автоматизації і виконавчих механізмів, каталізаторів, адсорбентів і розчинників.

У виробництві аміаку відбулися корінні зміни, які були підготовлені теорією хімічної технології, що розробила принцип побудови енерготехнологічних схем виробництва. Цей принцип передбачає генерацію всієї енергії, необхідної для здійснення процесу виробництва усередині схеми.

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД

1.1 Огляд найкращих доступних технологій виробництва аміаку

Найважливішим показником технічного рівня виробництва аміаку разом з показником експлуатаційної надійності є споживання енергії на тонну продукту, оскільки доля вартості енергоресурсів в собівартості аміаку досягає 50 % ÷ 80%.

У таблиці 1.1 приведені проектні показники енергоспоживання агрегатів аміаку.

Таблиця 1.1 - Проектні показники енергоспоживання агрегатів аміаку

Індекс агрегату	Проектний показник		
	Сумарне споживання енергії усіх видів, Гкал/т	Споживання природного газу, Гкал/т (ст. м ³ /т)	Проектна потужність, тис. т NH ³ /рік
ТЕС	ТЕС	9,82(1218)	450
Chemico	Chemico	10,25(1271)	450
АМ-70	АМ-70	9,87(1224)	450
АМ-76	АМ-76	9,74(1208)	450

Характерною особливістю агрегатів, наведених в таблиці 1.1, є та обставина, що усі вони піддалися модернізаціям або техпереозброєнню в тій або іншій мірі, а крім того, працюють з високим коефіцієнтом використання потужності.

Усі агрегати виробництва аміаку, що експлуатуються нині, мають порівнянні показники по рівню енергоспоживання і дії на довкілля. Це викликано тим, що усі вони побудовані за однотипною схемою, що розрізняється в основному апаратурним оформленням окремих стадій технологічного процесу і що включає:

- стискування природного газу до тиску не більше 4,5 МПа;
- очищення від сірчистих з'єднань (до вмісту сірки не вище $0,5 \cdot 10^{-4} \%$);

- пароповітряну двоступінчасту конверсію природного газу (до залишкового вмісту метану не більше 0,5 %);
- середньо - і низькотемпературну конверсію оксиду вуглецю (до вмісту $0,5 \div 0,8$ об. %);
- очищення конвертованого газу від діоксиду вуглецю (до не більше 0,05 % в очищеному газі);
- метанування залишків оксиду і діоксиду вуглецю (до їх вмісту $5 \div 10 \cdot 10^{-4}$ %);
- стискування азотоводневої суміші до тиску $20 \div 32$ МПа з проміжним відбором частини азотоводневої суміші на стадію сіркоочищення;
- синтез аміаку і виділення його з циркуляційного газу.

Таким чином, агрегати АМ- 70, АМ- 76, ТЕС, Chemico, в тій або іншій мірі піддані модернізації, слід віднести до найкращих доступних технологій (НДТ).

Для технологій виробництва аміаку (агрегати АМ- 70, АМ- 76, ТЕС, Chemico) нині існує можливість для подальшої модернізації з метою збільшення продуктивності, зниження загального енергоспоживання і негативної дії на довкілля. [1]

1.2 Перспективні напрями в технології виробництва аміаку

У таблиці 1.2 представлений перелік перспективних технологій у виробництві аміаку, розділених на два підрозділи:

- перспективні технології, призначені для приватних модернізацій існуючих виробництв;
- перспективні технології для радикальних модернізацій існуючих виробництв. [2]

Таблиця 1.2 - Перелік перспективних технологій у виробництві аміаку

Опис заходу	Ефект від впровадження			Обмеження застосовності	Основне устаткування
	Зниження емісії основних забруднюючих речовин	Енергоефективність, відн. од.	Ресурсосбереження, відн. од.		
1	2	3	4	5	6
Перспективні технології для приватних модернізацій існуючих виробництв					
Установка сатурації природного газу	Зниження викидів NO _x і CO з димовими газами	Зниження енергоємності виробництва; зниження витрати пари на привід насосів поживної води і привід димососів; зменшення споживання пари середнього тиску за рахунок додаткової кількості пари, що виробляється в установці сатурації	Зниження споживання природного газу (на паливо)	-	Сатураційна колона, теплообмінник, циркуляційний насос, змійовик-підігрівач сатураційної води, змійовик-підігрівач сатураційного газу
Установка паралельного трубчастого реактора у відділенні риформингу	Зниження викидів NO _x з димовими газами	Зниження питомої енергоємності виробництва	-	-	Додатковий змійовик в БТА і трубчастий реактор
Установка додаткової колони синтезу аміаку	-	Зниження питомої енергоємності виробництва; зменшення споживання пари високого тиску	Зниження споживання природного газу	-	Колона синтезу, теплообмінник, підігрівач поживної води
Установка котла-утилізатора після колони синтезу	-	Зниження енергоємності виробництва; виробляється додаткова кількість пари середнього тиску	Зниження споживання природного газу	-	Додаткова колона синтезу аміаку, блок генерації пари середнього тиску (парогенератор, парозбірник, економайзер), пароперегрівач

Продовження табл.. 1.2

1	2	3	4	5	6
Перспективні технології для радикальних модернізацій існуючих виробництв					
Установка рекуперативного риформінгу «Тандем»	На установці «Тандем» відсутні постійні викиди в атмосферу	Зниження енергоємності виробництва	Зниження споживання природного газу (пряма витрата природного газу на тонну аміаку складе 676,88м ³ при потужності 1600 т/добу)	Виконується повна заміна зношеного обладнання риформінгу природного газу	Обладнання установки «Тандем», трубчастий конвертор, шахтний конвертор, обладнання системи використання тепла підходящих потоків для підігріву вихідних потоків, в тому числі перед стадією сірко очистки природного газу від сірчаних з'єднань (додаткові теплообмінники) Додаткове обладнання: кисневий компресор, блок розділення повітря, парогенератор

1.3 Порівняння технологічних схем відділення конверсії оксиду вуглецю в агрегатах АМ-70, АМ-76, ТЕС, Chemico

Конверсія оксиду вуглецю протікає за двоступінчастою схемою:

- I ступінь - на середньотемпературному каталізаторі;
- II ступінь - на низькотемпературному каталізаторі.

Технологічні схеми відділення конверсії оксиду вуглецю в агрегатах АМ-70, АМ-76, ТЕС, Chemico схожі, відрізняється апаратурним оформленням процесу і способом використання тепла після I і II ступенів конверсії.

У конверторі СО першого ступеня на середньотемпературному каталізаторі при температурі на виході не більше 450°C відбувається конверсія оксиду вуглецю з водяною парою по реакції:



Залишковий вміст СО після конвертора першого ступеня складає не більше 4 об. % (на сухий газ).

Після конвертора СО першого ступеня тепло конвертованого газу використовується:

- для виробництва пари тиском не більше 10,5 МПа в котлі-утилізаторі (агрегати АМ-70, АМ-76, ТЕС);
- для виробництва пари тиском не більше 1,13 МПа (частина агрегатів ТЕС);
- для виробництва пари тиском 4,2 МПа в котлі-утилізаторі (агрегати Chemico);
- для нагріву конвертованого газу перед метануванням (агрегати АМ-70, АМ-76, ТЕС, Chemico).

Після утилізації тепла конвертований газ поступає в конвертор СО другого ступеня.

У конверторі СО другого ступеня на низькотемпературному (цинк-мідному) каталізаторі при температурі на виході до 280°C відбувається глибша

конверсія оксиду вуглецю з водяною парою до вмісту CO в конвертованому газі 0,5 % ÷ 0,8 %.

Після конвертора CO другого ступеня конвертований агрегат охолоджується:

- для агрегатів AM-70, AM-76 - послідовно у вузлі охолодження за рахунок уприскування в газ технологічного конденсату, в газових кип'ятильниках розчину відділення очищення від CO₂, в апаратурі аміачно-холодильних установок, в підігрівачі неочищеної азотоводневої суміші, що йде на метанування. Остаточне охолодження конвертованого газу перед абсорбером відділення очищення від CO₂ відбувається в апараті повітряного охолодження;

- для агрегатів ТЕС, Chemico - послідовно у вузлі охолодження за рахунок уприскування в газ технологічного конденсату (поживної води), в кип'ятильниках розчину відділення очищення від CO₂. Остаточне охолодження конвертованого газу перед абсорбером відділення очищення від CO₂ відбувається в теплообміннику, де підігрівається поживна вода.

Газовий конденсат, що утворюється при охолодженні конвертованого газу, відділяється в сепараторі і прямує на установку розгону газового конденсату. Є можливість використання конденсату для отримання пари в котлах-утилізаторах. Відпарний газ прямує на спалювання або скидається в атмосферу. [6]

1.4 Технології для створення нових виробництв. Виробництво аміаку потужністю 2000÷2400 т на добу

Головною особливістю схеми виробництва аміаку потужністю до 830 тис. т/рік являється те, що в ній може бути використана значна частина відомого, надійного устаткування, використовуваного в агрегатах AM-76, яке має істотні запаси по продуктивності.

Енергоємність виробництва за цією технологічною схемою складає $7,0 \div 7,2$ Гкал/т, споживання природного газу на технологію - $598,9$ $\text{нм}^3/\text{т}$. Технологічний процес складається з наступних основних стадій:

1) Каталітичне гідрування органічних сполук сірки, що містяться в природному газі, який подається. Підігрівання природного газу перед стадією гідрування здійснюється в змійовику блоку тепловикористовуючої апаратури (БТА) трубчастої печі за рахунок тепла димового газу.

2) Очищення газу від сірководня за допомогою окислу цинку.

3) Каталітична конверсія вуглеводнів природного газу, яка здійснюється в трубчастій печі і в паралельній установці пароповітряної конверсії метану по технології "Тандем".

4) Двоступінчата конверсія оксиду вуглецю.

5) Очищення газу від діоксиду вуглецю розчином метилдіетаноламіну (МДЕА).

6) Метанування залишкового оксиду і діоксиду вуглецю.

7) Компресія очищеного синтез-газу до тиску $18,14 \div 19,12$ МПа.

8) Синтез аміаку під тиском $17,65 \div 18,63$ МПа.

Таблиця 1.3 - Основні відмінності і особливості схеми, що описується, в порівнянні з схемою агрегату типу АМ-76 [3]

Найменування стадії або апарата	Короткий опис, відмінність від АМ-76
1	2
Компримірування природного газу	Здійснюється в одноступінчастому компресорі з паровим приводом. Тиск на всасу $-2,45$ МПа
Компримірування повітря	Виробляється чотириступінчастим компресором збільшеної потужності з паровим приводом
Підігрів природного газу перед сіркоочисткою	Виробляється у змійовику БТА трубчастої печі. Підігрівач природного газу, в якому використовується паливний природний газ, відсутній
Сіркоочистка	Виробляється в апаратах тих самих габаритів, як в АМ-76, Апарати сіркоочистки зберігаються в тих же габаритах, як в АМ-76.
Конверсія метану першого і другого ступеня	Здійснюється в трубчастій печі, трубчастому і шахтному реакторах. Для цього в БТА трубчастої печі абудовується додатковий змійовик підігріву парогазової суміші для подачі її в трубчастий реактор. Труби трубчастого реактора обігріваються конвертованим газом після шахтного реактора. Модернізується змішувач шахтного реактора. Реактор вторинного риформінгу зберігаються в тих же габаритах, як в АМ-76.

Продовження табл. 1.3

1	2
Охолодження конвертованого газу	Теплообмінник неочищеної азотоводневої суміші замінюється
Котли-утилізатори першого ступеня	Повністю зберігаються
Котел-утилізатор другого ступеня	Котел замінюється на котел, аналогічний котлу-утилізатору, який встановлений після конвертора СО першого ступеня
Конвертор СО другого ступеня	Встановлюється аналогічний конвертору СО першого ступеня з однополочною насадкою радіального типу
Очистка газу від CO ₂	Використовується метидіетаноламінова очистка. Змінюється система утилізації тепла після стадії очистки без зв'язку з аміачною холодильною установкою (АХУ). Насоси, що перекачують МДАЕ-розчин - з паровим приводом від конденсаційної турбіни. Встановлюється агрегат мотор-насос-турбіна для зменшення витрати енергії при перекачуванні розчину.
Метанування	Змінюється система утилізації тепла на стадії метанування. Замінюються підігрівачі недеаерованої живильної води. Метанатор зберігається в тих же габаритах.
Компресор синтез-газу	Компресор синтез-газу потужністю 27 МВт, трьохступінчастий з системою осушення газу після першого ступеня з паровим приводом від модернізованої турбіни. Тиск нагнітання третьої ступені 8,14÷19,12 МПа (у залежності від активності каталізатора синтезу аміаку)
Циркуляційний компресор	Циркуляційний компресор потужністю 2500 кВт
Синтез аміаку	Синтез аміаку з предреактором. Основний реактор синтезу – трьохполочний з міжполочними теплообмінниками і об'ємом каталізатора 50÷55м ³ , що розміщується в трьох корпусах. В циркуляційній суміші з основного реактора – 17,5÷19% NH ₃ . Максимальний циркуляційний потік – 920 тис. нм ³ /год. Предреактор - двохполочний з міжполочним теплообмінником і об'ємом каталізатора 20÷22м ³
Система охолодження і конденсації аміаку	Для охолодження і конденсації аміаку встановлюється компресійна машина з приводом від парової турбіни.

1.5 Обґрунтування обраного методу виробництва

В залежності від застосовуваного тиску азотоводневої суміші відомі наступні системи синтезу аміаку:

- системи, що працюють при низьких тисках (9-19МПа);
- системи, що працюють при середніх тисках (27-31МПа);
- системи, що працюють при високих тисках (44-98МПа);

Системи при низьких тисках зв'язані з застосуванням турбокомпресорів високого тиску (замість поршневих машин) для стискання азотоводневої

суміші до тиску процесу синтезу. Турбокомпресори при тиску 16 МПа мають продуктивність не менш 70-75 тис. м³/рік азотоводневої суміші. При підвищенні продуктивності компресора до 150-180 тис. м³/рік газ удається стиснути до високого тиску.

В промисловості найбільш поширені агрегати синтезу при середніх тисках, у яких при циркуляції газу і компенсації тиску в системі застосовуються відцентрові чи поршневі циркуляційні компресори. При використанні поршневого циркуляційного компресора газ забруднюється мастилом, яке, потрапляючи в колону синтезу, отруєє каталізатор і знижує його продуктивність. У зв'язку з цим, поршневий циркуляційний компресор установлюють перед конденсаційною колоною, завдяки чому циркуляційний газ до подачі на каталізатор промивається рідким аміаком і очищається від мастила. У випадку застосування поршневого циркуляційного компресора з циркуляційного газу попередньо видаляють рідкий аміак, що сконденсувався у водяному конденсаторі.

Відцентровий циркуляційний компресор найчастіше розташовують перед колоною синтезу, тому що циркуляційні гази в цьому випадку не забруднюються мастилом. При установці відцентрового циркуляційного компресора перед колоною синтезу забезпечується більш високий тиск у колоні і підвищується її продуктивність. Для такого розміщення відцентрового циркуляційного компресора не потрібно спеціального машинного залу, тому він може розташовуватися на відкритій площадці.

При синтезі аміаку під високим тиском (50МПа) для циркуляції газу звичайно використовується інжектор. Установка дозволяє спростити схему, що дає деякий економічний ефект. Однак використання інжектора зв'язане із значним перепадом тиску (8 -10 МПа) між свіжим і циркуляційним газами.

Вибір тиску процесу синтезу аміаку диктується низкою розумінь. Термодинамічні і кінетичні фактори (рівноважний вміст аміаку і швидкість реакції) свідчать на користь високих тисків. Конденсація аміаку з газової суміші також полегшується при високих тисках. Однак при цьому мають місце

значна витрата енергії на компресію і підвищення вимог до машин, апаратів і арматури. При знижених тисках спрощується апаратне оформлення процесу, знижується витрата енергії на компресію, при цьому трохи збільшується енерговитрати на циркуляцію газу і виділення аміаку.

Перехід до агрегатів великої потужності (600 - 1500 т/добу) із застосуванням турбокомпресорів знову зажадав вирішити питання про оптимальний тиск синтезу аміаку. Так, фірми «Келлог» і «Хеміко» довели перевагу низьких тисків 15МПа, потім 22÷24МПа. І хоча низькі тиски представляються оптимальними на основі техніко-економічних розрахунків, є підстави думати, що основною причиною зниження тиску є обмежені можливості (по тиску) турбокомпресорів.

Як критерій оптимальності в роботі були приведені витрати, що складаються із собівартості продукту і частки капіталовкладень з урахуванням нормативного коефіцієнту ефективності. Проведені розрахунки показали, що при прийнятих вихідних даних найбільш економічним є середній тиск порядку 30 МПа. Приведені витрати зі зниженням тиску збільшуються, що зв'язано з великими енергоматеріальними і капітальними витратами на стадіях виділення аміаку з газової суміші.

У крупнотонажних агрегатах виробництва аміаку об'ємна швидкість у колоні синтезу прийнята рівної 18000 годин⁻¹(по входу).

У промисловості найбільш доцільно проводити процес конверсії оксиду вуглецю в таких умовах, щоб забезпечити найбільш повне перетворення оксиду вуглецю для одержання великої кількості водню, що є цільовим продуктом. Розроблено промислові способи схеми виробництва аміаку, зокрема стадії конверсії оксиду вуглецю, у яких використовуються більш активні каталізатори, працюючі при порівняно низьких температурах і забезпечуючі більш високий ступінь перетворення вихідних речовин в одержувані продукти, а також виробництво ведуть при різних температурах, тисках, співвідношеннях пара:газ, об'ємних швидкостях процесу.

Проведення процесу конверсії оксиду вуглецю у два ступеня на низькотемпературному і середньотемпературному каталізаторах при низьких температурах з використанням тепла для одержання водяної пари високого тиску найбільш ефективно. Воно дозволяє знизити питомі капіталовкладення і експлуатаційні витрати, а також знизити собівартість аміаку. [4]

1.6 Конструкції конверторів оксиду вуглецю

В результаті двоступінчатої конверсії природного газу з урахуванням повітря, що додається, об'єм газової суміші в перерахунку на сухий газ зростає приблизно в 5 разів і складає близько 200 000 м³/год. При об'ємній швидкості на стадії конверсії CO 2000 м³/(м³·год.) об'єм завантаженого каталізатора на кожному ступені повинен скласти близько 100 м³. Тому для конверсії оксиду вуглецю застосовують два типи апаратів - радіальні апарати (рис. 1.1) і поличні аксіальні апарати (рис. 1.2).

У радіальних реакторах каталізатор розміщується в кошиках, утворених коаксіально розташованими центральною трубою і зовнішньою обичайкою, робочі поверхні яких перфоровані і покриті сіткою з боку каталізатора.

Між корпусом реактора і зовнішньою обичайкою каталізаторного кошику утворюється кільцевий канал, по якому або вводять сировину, або відводять продукти реакції. Таким чином, в радіальному реакторі має місце складний рух потоку одночасно в осьовому напрямку (по кільцевому каналу і центральній трубі) і в радіальному напрямку - через шар каталізатора. Радіальні реактори можуть бути двох типів: Z- і П-образні. У Z-образному реакторі газ в центральній трубі і кільцевому проміжку рухається в одному напрямі, в П-образному - в протилежних. Число каталізаторних кошиків в реакторі зазвичай не перевищує трьох. Основною перевагою радіальних апаратів є малий гідравлічний опір, що дозволяє використовувати дрібнозернисті каталізатори і досягати високих об'ємних швидкостей газу.

У апаратах аксіального типу каталізатор розміщують шарами на полицях в циліндричному корпусі. Полиці можуть працювати по газу як послідовно, так і паралельно.

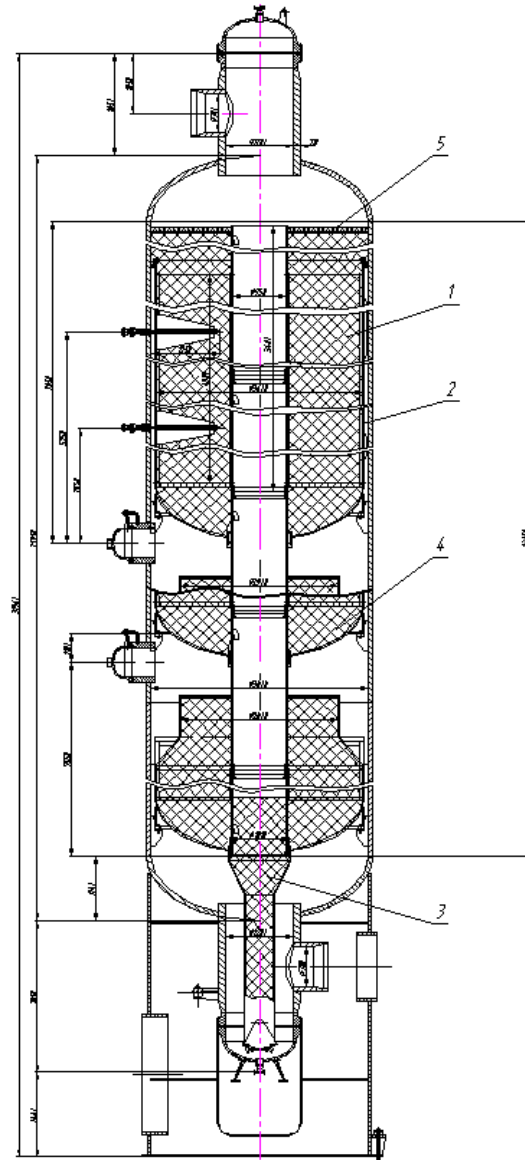


Рисунок 1.1 - Конвертор СО першого ступеня

1 – насадка; 2 – сітка; 3 – каталізатор для затвору насадки;

4 – середньотемпературний каталізатор; 5 – прижимна решітка

У апараті на опорну балочну конструкцію укладають колосникову решітку, яку покривають металевою сіткою з розмірами осередків, дещо меншими розміру зерна каталізатора. Поверх сітки насипають шар керамічної або металевої насадки (наприклад, кільця Рашига, сідла Інталокс та ін.), яка перешкоджає забиванню сітки частками каталізатора, а потім завантажують

каталізатор. Згори знову укладають металеву сітку, під якою розміщують шар насадки. Останній захищає каталізатор від солей, що містяться в парі, які переважно відкладаються на елементах насадки. Цей шар вирівнює також температури і швидкості потоку по перерізу апарату. Бажано, щоб розподільний шар мав високу ефективну теплопровідність, що перешкоджає конденсації пари на охолоджених ділянках.

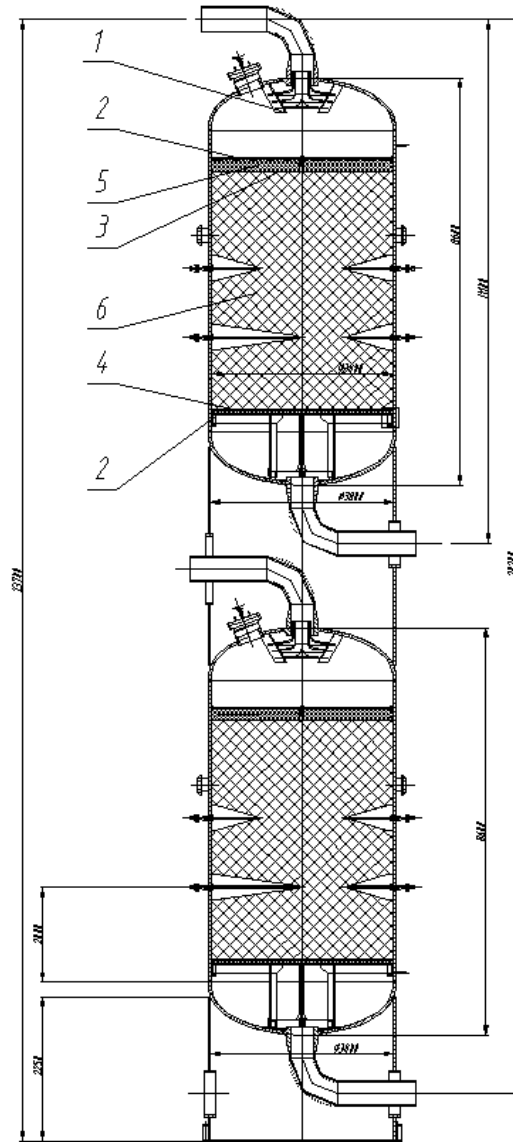


Рисунок 1.2 - Конвертор CO другого ступеня

1 - розподільний пристрій; 2 - притисні решітки; 3 - насадка; 4 - сітка; 5 - поглинач каталітичних отрут; 6 - низькотемпературний каталізатор

У поличному конверторі каталізатор розташовується на двох полицях, що працюють паралельно. [7]

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Опис технологічної схеми конверсії оксиду вуглецю

Конвертований газ з реактора вторинного риформінгу, пройшовши котли-утилізатори I і II ступеню, з тиском не більш 3,02 МПа через електроздвижку з дистанційним керуванням і зволожувач поз. 13В надходить у конвертор CO першого ступеня поз. 2К.

Конверсія оксиду вуглецю прийнята по двохсхідчастій схемі:

I ступінь – на середньотемпературному каталізаторі,

II ступінь – на низькотемпературному каталізаторі.

Конвертований газ надходить у конвертор CO першого ступеня поз. 2К з температурою 583÷653К (320÷380°C).

Об'ємне співвідношення пар÷газ перед конвертором CO першого ступеня поз. 2К складає близько 0,58 м³, пари на 1 м³ газу.

Для зменшення діаметра апарату, рівномірного розподілу газу, а також для зниження втрат тиску в системі, конвертор CO першого ступеня поз. 2К прийнятий радіальної конструкції.

У конверторі першого ступеня поз. 2К на залізохромовому каталізаторі при температурі на виході не більш 723К (450°C) відбувається конверсія оксиду вуглецю з водяною парою по реакції:



Об'ємна залишкова частина оксиду вуглецю після конвертора CO першого ступеня складає не більш 4% (на сухий газ).

Склад газу після конверсії CO першого ступеня (у перерахуванні на сухий газ):

CO₂ - не більш 17,0 % (об.)

CO - не більш 4,0 % (об.)

H₂ - не менш 57 % (об.)

CH₄ - 0,2 ÷ 0,5 % (об.)

N₂ - не менш 21,0 % (об.)

Після конвертора CO першого ступеня поз. 2К тепло парогазової суміші використовується для одержання пари в котлі-утилізаторі поз. 3КУ. При цьому парогазова суміш охолоджується до температури не більш 608К (335°C). Температура парогазової суміші перед конвертором CO другого ступеня поз. 5К може регулюватися перепуском конвертованого газу по байпасу котла-утилізатора поз. 3КУ через заслонку (щоб уникнути прориву конвертованого газу в навколишнє середовище передбачена подача пари в ущільнення заслонки). Однак регулювання зазвичай здійснюється шляхом зміни температури неочищеної АВС на вході в підігрівач поз. 4П заслонками вхідної і байпасної ліній теплообмінника.

У підігрівачу поз. 4П парогазова суміш охолоджується до температури 473÷513К (200÷250°C), нагріваючи при цьому неочищену АВС перед метануванням до 553÷593К (280÷320°C).

Після підігрівача поз. 4П парогазова суміш через засувку надходить у конвертор CO другого ступеня поз. 5К з об'ємним співвідношенням пар÷газ близько 0,46 м³ пари на 1 м³ газу.

У конверторі CO другого ступеня поз. 5К розміщено дві паралельно працюючі полиці. Рівномірна подача газу на кожен полицю забезпечується перерозподільними заслонками.

У конверторі CO другого ступеня поз. 5К на низькотемпературному каталізаторі відбувається конверсія оксиду вуглецю з водяною парою до об'ємної частини оксиду вуглецю в конвертованому газі не більш 0,85% (на сухий газ). У низькотемпературному конверторі оксиду вуглецю можливо також утворення в незначних кількостях метанолу, формальдегіду і мурашиної кислоти.

Температура в шарах каталізатора конвертора CO другого ступеня поз. 5К не повинна перевищувати 533К (260°C). Тиск на виході з конвертора – н/б 3,00 МПа (30,0 кгс/см²); опір апаратів - н/б 0,05 МПа (0,5 кгс/см²).

Після низькотемпературного конвертора газ направляється на МЕА очищення від CO₂ [2].

2.2 Параметричні розрахунки апарата

2.2.1 Матеріальний баланс

2.2.1.1 Матеріальний розрахунок конвертора CO першого ступеня

Продуктивність (т/добу) установки визначаємо за формулою:

$$G = \frac{G_A}{(A - \hat{A})} \quad (2.1)$$

де G_G – річна продуктивність, т/рік;

A - кількість робочих діб у рік, діб;

B - кількість діб на ремонт устаткування й технічні простої в рік, діб;

$$G = \frac{463000}{(365 - 24)} = 1358 \text{ т/добу}$$

Конверсія оксиду вуглецю водяною парою здійснюється згідно реакції:



Розрахунки ведемо на 1000 м³ сухого газу, що поступає на конверсію оксиду вуглецю.

Початкові дані:

Об'ємне відношення пара : газ рівно 0,66 : 1. Температура парогазової суміші на вході 350°C. Вміст CO в сухому газі на виході 3 %. Температура на виході 450°C.

Склад сухого газу, що поступає на конверсію першого ступеня, зведений у таблицю 2.1

Таблиця 2.1 - Склад сухого газу, що поступає на конверсію першого ступеня

Компоненти	кмоль	м ³	об.%	мол. долі
H ₂	25,45	570	57	0,57
CO	5,58	125	12,5	0,125
N ₂	10	224	22,4	0,224
CO ₂	3,35	75	7,5	0,075
Ar	0,11	2,5	0,25	0,0025
CH ₄	0,16	3,5	0,35	0,0035
Σ	74,11	1000	100	1

Константа рівноваги реакції знаходиться за формулою:

$$\lg \hat{E}_\delta = -\frac{2059}{\hat{O}} + 1,5904 \lg \hat{O} - 1,817 \cdot 10^{-3} \hat{O} + 5,65 \cdot 10^{-7} \hat{O}^2 - 8,24 \cdot 10^{-11} \hat{O}^3 - 1,5313 \quad (2.3)$$

$$T = 450 + 273 = 723 \text{ K.}$$

$$\lg \hat{E}_\delta = -\frac{2059}{723} + 1,5904 \lg 723 - 1,817 \cdot 10^{-3} \cdot 723 + 5,65 \cdot 10^{-7} \cdot 723^2 - 8,24 \cdot 10^{-11} \cdot 723^3 - 1,5313 = -0,881$$

$$\text{Тоді } K_p = 0,131.$$

Ступінь конверсії при рівновазі в першій ступені можна знайти за формулою:

$$\alpha' = \frac{-a(\hat{E}_\delta b + K_p c + a + n)}{2a^2(K_p - 1)} \pm \frac{\sqrt{[a(K_p b + K_p c + a + n)]^2 - 4a^2(K_p - 1)(K_p bc - an)}}{2a^2(K_p - 1)} \quad (2.4)$$

де n – число молі водяної пари, $n = 0,66$.

Тоді ступінь конверсії при рівновазі в конверторі CO першого ступеня складе:

$$\alpha' = \frac{-0,125 \cdot (0,131 \cdot 0,57 + 0,131 \cdot 0,075 + 0,125 + 0,66)}{2 \cdot 0,125^2 \cdot (0,131 - 1)} \pm \frac{\sqrt{[0,125 \cdot (0,131 \cdot 0,57 + 0,131 \cdot 0,075 + 0,125 + 0,66)]^2 - 4 \cdot 0,125^2 (0,131 - 1)(0,131 \cdot 0,57 \cdot 0,075 - 0,125 \cdot 0,66)}}{2 \cdot 0,125^2 \cdot (0,131 - 1)} = 0,782$$

Ступінь конверсії CO в конверторі першого ступеня приймається рівній 0,95 від рівноважної

$$\alpha = 0,782 \cdot 0,95 = 0,743$$

Склад вологого газу після конвертора CO першого ступеня:

$$\text{CO:} \quad \frac{a - a \cdot \alpha}{1 + n} = \frac{0,125 - 0,125 \cdot 0,743}{1 + 0,66} = 0,0194$$

$$\text{H}_2\text{O:} \quad \frac{n - a \cdot \alpha}{1 + n} = \frac{0,66 - 0,125 \cdot 0,743}{1 + 0,66} = 0,3416$$

$$\text{H}_2: \quad \frac{b + a \cdot \alpha}{1 + n} = \frac{0,57 + 0,125 \cdot 0,743}{1 + 0,66} = 0,3993$$

$$\text{CO}_2: \quad \frac{\tilde{n} + a \cdot \alpha}{1 + n} = \frac{0,075 + 0,125 \cdot 0,743}{1 + 0,66} = 0,1011$$

$$\text{N}_2 + \text{Ar} + \text{CH}_4: \quad \frac{d}{1 + n} = \frac{0,23}{1 + 0,66} = 0,1386$$

де d – вміст інертів в початковому газі, моль. частки;

$$d = 0,224 + 0,025 + 0,035 = 0,23;$$

Склад газу після конвертора CO першого ступеня наведений в таблиці 2.2

Таблиця 2.2 - Склад газу після конвертора CO першого ступеня

Компоненти	Вологий газ		Сухий газ		кмоль
	м ³	% об.	м ³	% об.	
H ₂	662,84	39,93	662,84	60,65	29,59
CO	32,2	1,94	32,2	2,95	1,44
N ₂	223,93	13,49	223,93	20,49	10
CO ₂	167,83	10,11	167,83	15,35	7,49
Ar	2,49	0,15	2,49	0,23	0,11
CH ₄	3,65	0,22	3,65	0,33	0,16
H ₂ O	567,06	34,16	–	–	–
Σ	1660	100	1092,94	100	48,79

2.2.1.2 Матеріальний розрахунок конвертора CO другого ступеня

Початкові дані.

Об'ємне відношення пара : газ дорівнює 0,73 : 1. Температура парогазової суміші на вході 210°C. Вміст CO в сухому газі на виході 0,3 %. Температура на виході 250°C.

Склад сухого газу, що поступає на конверсію другого ступеня, зведений в таблицю 2.3

Таблиця 2.3 - Склад сухого газу, що поступає на конверсію другого ступеня

Компоненти	м ³	об.%	мол. доли
H ₂	662,84	60,65	0,6065
CO	32,2	2,95	0,0295
N ₂	223,93	20,49	0,2049
CO ₂	167,83	15,35	0,1535
Ar	2,49	0,23	0,0023
CH ₄	3,65	0,33	0,0033
Σ	1092,94	100	1

Константа рівноваги реакції знаходиться за формулою:

$$\lg \hat{E}_\delta = -\frac{2059}{\hat{O}} + 1,5904 \lg \hat{O} - 1,817 \cdot 10^{-3} \hat{O} + 5,65 \cdot 10^{-7} \hat{O}^2 - 8,24 \cdot 10^{-11} \hat{O}^3 - 1,5313 \quad (2.5)$$

$$T = 250 + 273 = 523 \text{ K.}$$

$$\lg \hat{E}_0 = -\frac{2059}{523} + 1,5904 \lg 523 - 1,817 \cdot 10^{-3} \cdot 523 + 5,65 \cdot 10^{-7} \cdot 523^2 - 8,24 \cdot 10^{-11} \cdot 523^3 - 1,5313 = -1,952$$

$$\text{Тоді } K_p = 0,011$$

Ступінь конверсії при рівновазі в другій ступені можна знайти за формулою (2.4):

Тоді ступінь конверсії при рівновазі в конверторі CO другого ступеня складе:

$$\alpha' = \frac{-0,0295 \cdot (0,011 \cdot 0,6065 + 0,011 \cdot 0,1535 + 0,0295 + 0,73) \pm \sqrt{[0,0295 \cdot (0,011 \cdot 0,6065 + 0,011 \cdot 0,1535 + 0,0295 + 0,73)]^2 - 4 \cdot 0,0295^2 \cdot (0,011 - 1)(0,011 \cdot 0,6065 \cdot 0,1535 - 0,0295 \cdot 0,73)}}{2 \cdot 0,0295^2 \cdot (0,011 - 1)} = 0,939$$

Ступінь конверсії в конверторі другого ступеня приймаємо 0,9 від рівноважної

$$\alpha = 0,939 \cdot 0,9 = 0,845$$

Склад вологого газу після конвертора CO другого ступеня

$$\text{CO: } \frac{a - a \cdot \alpha}{1 + n} = \frac{0,0295 - 0,0295 \cdot 0,845}{1 + 0,73} = 0,0026$$

$$\text{H}_2\text{O: } \frac{n - a \cdot \alpha}{1 + n} = \frac{0,73 - 0,0295 \cdot 0,845}{1 + 0,73} = 0,4076$$

$$\text{H}_2: \frac{b + a \cdot \alpha}{1 + n} = \frac{0,6065 + 0,0295 \cdot 0,845}{1 + 0,73} = 0,3650$$

$$\text{CO}_2: \frac{\tilde{n} + a \cdot \alpha}{1 + n} = \frac{0,1535 + 0,0295 \cdot 0,845}{1 + 0,73} = 0,1031$$

$$\text{N}_2 + \text{Ar} + \text{CH}_4: \frac{d}{1 + n} = \frac{0,2105}{1 + 0,73} = 0,1217$$

$$d = 0,2049 + 0,0023 + 0,0033 = 0,2105$$

Склад газу після конвертора II ступеню приведений в таблиці 2.4

Таблиця 2.4 - Склад газу після конвертора CO другого ступеня

Компоненти	Вологий газ		Сухий газ		Кмоль
	м ³	% об.	м ³	% об.	
H ₂	674,85	36,50	674,85	61,61	30,13
CO	4,81	0,26	4,81	0,44	0,21
N ₂	219,1	11,85	219,1	20	9,78
CO ₂	190,62	10,31	190,62	17,41	8,51
Ar	2,4	0,13	2,4	0,22	0,11
CH ₄	3,51	0,19	3,51	0,32	0,16
H ₂ O	753,62	40,76	—	—	—
Σ	1848,91	100	1095,29	100	48,9

2.2.2 Тепловий баланс

2.2.2.1 Тепловий баланс конвертора першого ступеня

Початкові дані:

Температура на вході в конвертор першого ступеня, °С 210

Температура в зоні реакції, °С 250

За законом збереження енергії кількість енергії, що вноситься в апарат, рівно кількості енергії, яка відводиться з нього:

$$\Sigma Q_{\text{вх.}} = \Sigma Q_{\text{вих.}}, \quad (2.6)$$

Тоді тепло, що вноситься в апарат, визначається за формулою:

$$\Sigma Q_{\text{вх.}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 \quad (2.7)$$

$$Q_1 = 44650 - 6,03T - 1,67 \cdot 10^{-4}T^2 + 0,351 \cdot 10^{-6}T^3, \quad (2.8)$$

$$Q_1 = 44650 - 6,03 \cdot 723 - 1,67 \cdot 10^{-4} \cdot 723^2 + 0,351 \cdot 10^{-6} \cdot 723^3 = 40335,67 \text{ кДж}$$

Прихід тепла з парогазовою сумішшю, що поступає в конвертор I ступеню, розраховується за формулою:

$$Q_2 = \Sigma n \cdot C_i \cdot t_{\text{вх.}} \quad (2.9)$$

де n - кількість парогазової суміші, що поступає, моль;

C_i - мольна теплоємність компонентів парогазової суміші, Дж/(моль·К);

$t_{\text{вх.}}$ - температура парогазової суміші на вході в конвертор I ступеню, °С

Теплоємність компонентів парогазової суміші:

$$C_{\text{PCO}} = 29,15 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{°С)}$$

$$C_{\text{PCO}_2} = 37,13 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{°С)}$$

$$C_{\text{PN}_2} = 29,10 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{°С)}$$

$$C_{\text{PH}_2} = 28,83 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{°С)}$$

$$C_{\text{PCNH}_4} = 35,79 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{°С)}$$

$$C_{\text{PH}_2\text{O}} = 33,56 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{°С)}$$

Тоді тепло, що приноситься компонентами аміачно-повітряної суміші:

$$Q_{2(\text{CO})} = 5,58 \cdot 10^3 \cdot 29,15 \cdot 350 = 56,93 \cdot 10^3 \text{ кДж};$$

$$Q_{2(\text{CO}_2)} = 3,35 \cdot 10^3 \cdot 37,13 \cdot 350 = 43,53 \cdot 10^3 \text{ кДж};$$

$$Q_{2(\text{N}_2)} = 10^4 \cdot 29,10 \cdot 350 = 101,85 \cdot 10^3 \text{ кДж};$$

$$Q_2 (H_2) = 25,45 \cdot 10^3 \cdot 28,83 \cdot 350 = 256,8 \cdot 10^3 \text{ кДж};$$

$$Q_2 (CH_4) = 0,16 \cdot 10^3 \cdot 35,79 \cdot 350 = 2 \cdot 10^3 \text{ кДж};$$

$$Q_2 (H_2O) = 29,46 \cdot 10^3 \cdot 33,56 \cdot 350 = 346,03 \cdot 10^3 \text{ кДж};$$

$$Q_2 = Q_2 (CO) + Q_2 (CO_2) + Q_2 (N_2) + Q_2 (H_2) + Q_2 (CH_4) + Q_2 (H_2O) = (56,93 + 43,53 + 101,85 + 256,8 + 2 + 346,03) \cdot 10^3 = 807,14 \cdot 10^3 \text{ кДж};$$

Загальний прихід тепла:

$$\Sigma Q_{\text{вх.}} = 807,14 \cdot 10^3 + 40,34 \cdot 10^3 = 847,48 \cdot 10^3 \text{ кДж};$$

Тепло, яке виноситься з апарату, визначається за формулою:

$$\Sigma Q_{\text{вих}} = Q_3 + Q_4 + Q_5$$

Тепло, яке виноситься з газами, при температурі конверсії 450°C.

$$Q_4 (CO) = 1,44 \cdot 10^3 \cdot 29,15 \cdot 450 = 18,89 \cdot 10^3 \text{ кДж};$$

$$Q_4 (CO_2) = 7,49 \cdot 10^3 \cdot 37,13 \cdot 450 = 125,15 \cdot 10^3 \text{ кДж};$$

$$Q_4 (N_2) = 10^4 \cdot 29,10 \cdot 450 = 130,95 \cdot 10^3 \text{ кДж};$$

$$Q_4 (H_2) = 29,59 \cdot 10^3 \cdot 28,83 \cdot 450 = 388,56 \cdot 10^3 \text{ кДж};$$

$$Q_4 (CH_4) = 0,16 \cdot 10^3 \cdot 35,79 \cdot 450 = 2,58 \cdot 10^3 \text{ кДж};$$

$$Q_4 (H_2O) = 25,32 \cdot 10^3 \cdot 33,56 \cdot 450 = 382,38 \cdot 10^3 \text{ кДж};$$

$$Q_4 = Q_4 (CO) + Q_4 (CO_2) + Q_4 (N_2) + Q_4 (H_2) + Q_4 (CH_4) + Q_4 (H_2O) = (18,89 + 125,15 + 130,95 + 388,56 + 2,58 + 382,38) \cdot 10^3 = 1048,51 \cdot 10^3 \text{ кДж};$$

Втрати тепла складають 3% від приходу, тоді:

$$Q_5 = 0,03 \cdot (Q_1 + Q_2) = 0,03 \cdot 847,48 \cdot 10^3 = 25,42 \cdot 10^3 \text{ кДж};$$

$$\text{Загальний прихід тепла: } \Sigma Q_{\text{вих}} = 1048,51 \cdot 10^3 + 25,42 \cdot 10^3 = 1073,93 \cdot 10^3 \text{ кДж};$$

Оскільки $\Sigma Q_{\text{вх.}} < \Sigma Q_{\text{вих}}$, то тепло необхідно підводити. Тепло підводу:

$$Q_3 = \Sigma Q_{\text{вих}} - \Sigma Q_{\text{вх.}} = 1073,93 \cdot 10^3 - 847,48 \cdot 10^3 = 226,45 \cdot 10^3 \text{ кДж}.$$

Таблиця 2.5 - Тепловий баланс конвертора СО першого ступеня

ПРИХІД		ВИТРАТА	
Стаття	$\Sigma Q_{\text{вх.}}$, кДж	Стаття	$\Sigma Q_{\text{вих.}}$, кДж
1. По реакції	$40,34 \cdot 10^3$	1. З парогазовою сумішшю:	$1048,51 \cdot 10^3$
2. З парогазовою сумішшю	$807,14 \cdot 10^3$	2. Втрати в оточуюче	
3. Тепло підводиться	$226,45 \cdot 10^3$	середовище	$25,42 \cdot 10^3$
Всього	$1073,93 \cdot 10^3$	Всього	$1073,93 \cdot 10^3$

2.2.2.2 Тепловий баланс конвертора СО другого ступеня

Початкові дані:

Температура на вході в конвертор СО другого ступеня, °С 350

Температура в зоні реакції, °С 450

$$Q_1 = 44650 - 6,03 \cdot 523 - 1,67 \cdot 10^{-4} \cdot 523^2 + 0,351 \cdot 10^{-6} \cdot 523^3 = 41491,78 \text{ кДж};$$

Теплоємність компонентів парогазової суміші:

$$C_{pCO} = 29,15 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{°C)}$$

$$C_{pCO_2} = 37,13 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{°C)}$$

$$C_{pN_2} = 29,10 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{°C)}$$

$$C_{pH_2} = 28,83 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{°C)}$$

$$C_{pCH_4} = 35,79 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{°C)}$$

$$C_{pH_2O} = 33,56 \text{ Дж/(моль} \cdot \text{°C)}$$

Тоді тепло, яке приноситься компонентами аміачно-повітряної суміші:

$$Q_2 = Q_2(CO) + Q_2(CO_2) + Q_2(N_2) + Q_2(H_2) + Q_2(CH_4) + Q_2(H_2O) = (8,81 + 58,4 + 61,11 + 179,15 + 1,2 + 178,45) \cdot 10^3 = 487,12 \cdot 10^3 \text{ кДж};$$

Загальний прихід тепла:

$$\Sigma Q_{\text{вх.}} = 487,12 \cdot 10^3 + 41,49 \cdot 10^3 = 528,61 \cdot 10^3 \text{ кДж};$$

Тепло виноситься з газами при температурі конверсії 250°С.

$$Q_4(CO) = 0,21 \cdot 10^3 \cdot 29,15 \cdot 250 = 1,53 \cdot 10^3 \text{ кДж};$$

$$Q_4(CO_2) = 8,51 \cdot 10^3 \cdot 37,13 \cdot 250 = 78,99 \cdot 10^3 \text{ кДж};$$

$$Q_4(N_2) = 9,78 \cdot 10^3 \cdot 29,10 \cdot 250 = 71,15 \cdot 10^3 \text{ кДж};$$

$$Q_4(H_2) = 30,13 \cdot 10^3 \cdot 28,83 \cdot 250 = 217,16 \cdot 10^3 \text{ кДж};$$

$$Q_4(CH_4) = 0,16 \cdot 10^3 \cdot 35,79 \cdot 250 = 1,43 \cdot 10^3 \text{ кДж};$$

$$Q_4(H_2O) = 33,64 \cdot 10^3 \cdot 33,56 \cdot 250 = 282,24 \cdot 10^3 \text{ кДж};$$

$$Q_4 = Q_4(CO) + Q_4(CO_2) + Q_4(N_2) + Q_4(H_2) + Q_4(CH_4) + Q_4(H_2O) = (1,53 + 78,99 + 71,15 + 217,16 + 1,43 + 282,24) \cdot 10^3 = 652,5 \cdot 10^3 \text{ кДж};$$

Втрати тепла складають 3% від приходу, тоді:

$$Q_5 = 0,03 \cdot (Q_1 + Q_2) = 0,03 \cdot 528,61 \cdot 10^3 = 15,86 \cdot 10^3 \text{ кДж};$$

Загальна витрата тепла:

$$\Sigma Q_{\text{вих}} = 652,5 \cdot 10^3 + 15,86 \cdot 10^3 = 668,36 \cdot 10^3 \text{ кДж};$$

Оскільки $\Sigma Q_{\text{вх.}} < \Sigma Q_{\text{вих.}}$, то тепло необхідно підводити. Тепло підводу:

$$Q_3 = \Sigma Q_{\text{вих}} - \Sigma Q_{\text{вх.}} = 668,36 \cdot 10^3 - 528,61 \cdot 10^3 = 139,75 \cdot 10^3 \text{ кДж.}$$

Тепловий баланс конвертора СО другого ступеня наведений в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 - Тепловий баланс конвертора СО другого ступеня

ПРИХІД		ВИТРАТА	
Стаття	$\Sigma Q_{\text{вх.}}$, кДж	Стаття	$\Sigma Q_{\text{вих.}}$, кДж
1. По реакції	$41,49 \cdot 10^3$	1. З парогазовою сумішшю:	$652,5 \cdot 10^3$
2. З парогазовою сумішшю	$487,12 \cdot 10^3$	2. Втрати в оточуюче середовище	$15,86 \cdot 10^3$
3. Тепло підводиться	$138,75 \cdot 10^3$		
Всього	$668,36 \cdot 10^3$	Всього	$668,36 \cdot 10^3$

2.2.3 Технологічний розрахунок

Вихідні дані:

Кількість газу на виході з конвертора СО II ступеню беремо з таблиці 2.4, яка дорівнює $1848,91 \text{ м}^3$ на 1т аміаку

$$\text{Об'ємна витрата газу} \quad 1848,91 \cdot 1358/24 = 104617 \text{ м}^3/\text{год}$$

$$\text{Об'ємна швидкість газу} \quad 1350 \text{ год}^{-1}$$

Необхідний Об'єм каталізатора

$$V_k = V/\omega \quad (2.10)$$

де V_k – Об'єм каталізатора, м^3 ;

V – об'ємна витрата газу, $\text{м}^3/\text{год}$

ω – об'ємна швидкість газу, год^{-1} ;

$$\omega = 1350 \text{ год}^{-1}$$

$$V_k = 104617/1350 = 77,5 \text{ м}^3$$

Фактичний об'єм каталізатора у конверторі СО другого ступеня за регламентом 91 м^3

Запас каталізатора

$$(91 - 77,5) \cdot 100/77,5 = 17\%.$$

3 КОНСТРУКЦІЯ ТА ПРИНЦИП ДІЇ КОНВЕРТОРА СО ДРУГОГО СТУПЕНЯ

Конвертор СО другого ступеня призначений для проведення процесу низько-температурної конверсії оксиду вуглецю водяною парою. Корпус конвертора поз. 1 являє собою зварний вертикальний циліндричний апарат з еліптичними днищами. Внутрішній діаметр конвертора СО другого ступеня складає 3800 мм, висота – 20200 мм, вага 152000 кг. Робоче середовище - пара-газова суміш.

У конверторі СО другого ступеня розміщено дві паралельно працюючі полиці.

У верхній частині кожної полиці розташований шар металевих кілець Рашига розміром 25x25x0,8мм. Товщина шару 250мм. Щоб забезпечити рівномірний розподіл газу на вході, запобігти віднесенню кілець Рашига і утворенню воронки зверху на шарі лежить прижимна решітка поз. 3.

Вся середня частина конвертору заповнена каталізатором – КСО-С, який завантажуються на опорну решітку поз. 2.

Конвертор нижнім еліптичним днищем встановлений на циліндричну опору і закріплений на бетонному фундаменті. Опора обладнана лазом для забезпечення вільного доступу обслуговуючого персоналу до зварних з'єднань під днищем конвертора, для огляду і ремонту.

Для завантаження та вивантаження каталізатора на верхньому еліптичному днищі розташований люк Ду 500 поз. 4. Монтаж, обслуговування, ремонт і огляд колосникової і прижимної решіток і внутрішніх пристроїв, виконують також через люки.

Внаслідок високої екзотермічної реакції при завищеному вмісті оксиду вуглецю в газі, що подається в конвертор, можливе значне розігрівання кілець "Рашига". Для контролю температури передбачені термомпари поз. 5.

Конвертор обладнаний сходами і майданчиками для обслуговування і ремонту. На конверторі є також стропові пристрої - монтажні штуцери (схема

строповки приведена на кресленні загального вигляду), пристрої для вивіряння конвертора, встановленого на фундаменті розташовані вгорі і внизу конвертора у взаємно перпендикулярній площині. На рисунку 3.1 представлений конвертор СО другого ступеня.

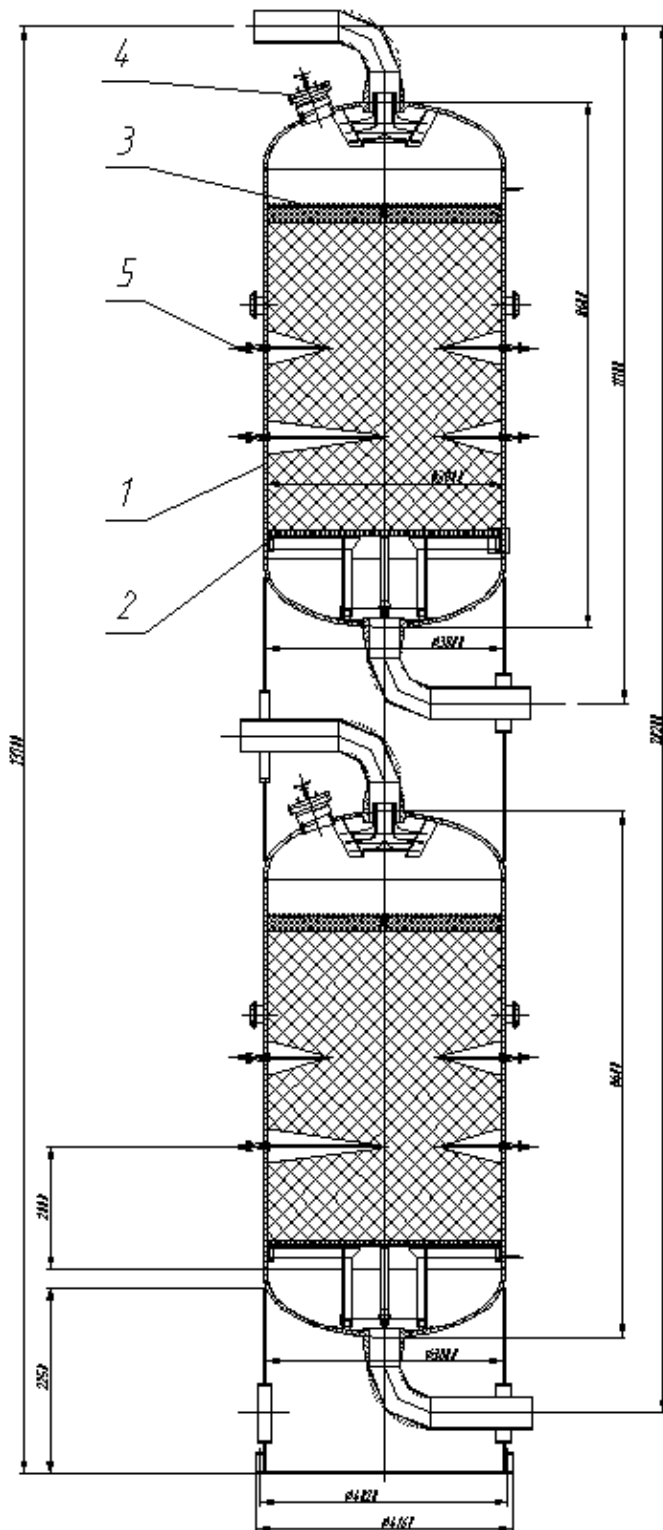


Рисунок 3.1 – Конвертор СО другого ступеня

Парогазова суміш з температурою 200÷250 °С поступає в конвертор СО другого ступеня з об'ємним співвідношенням «пара/газ» 0,46 м³ пари на 1 м³ газу.

Конвертований газ подається паралельними потоками у верхню частину полиць низькотемпературного конвертора окиду вуглецю і виходить з нижніх частин полиць. Потім потоки об'єднуються в один.

У конверторі СО другого ступеня на низькотемпературному каталізаторі ($V_{\text{завант.}} = 91 \text{ м}^3$) при об'ємній швидкості по сухому газу на вході 1350 нм³/м³ кат. в годину відбувається конверсія окиду вуглецю з водяною парою до об'ємної частини окиду вуглецю в конвертованому газі не більш 0,85 % (на сухий газ).

У низькотемпературному конверторі окислу вуглецю можливо також виникнення в незначних кількостях метанолу, формальдегіду і мурашиної кислоти.

Температура в шарах каталізатора конвертора СО другого ступеня контролюється автоматично і не повинна перевищувати 260°С (сигналізація максимального значення 260°С вынесена на ЦПК). Тиск на виході з конвертора не повинен перевищувати 3,0 МПа (сигналізація максимального значення 3,0 МПа вынесена на ЦПК); опір апарата не більше 0,05 МПа.

4 ВИБІР КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Матеріали для виготовлення конвертора СО другого ступеня підбираються з урахуванням властивостей робочого середовища в апараті, тиску і температури.

На виробництві передбачено використання для різних частин апарату наступні матеріали:

- корпус апарата зі сталі 15ХМ ГОСТ 4543-71
- фланці штуцерів корпусу апарата зі сталі 38ХА ГОСТ 4543-71
- патрубки корпусу зі сталі 15ХМ ГОСТ 4543-71
- опора зі сталі СтЗсп5 по ГОСТ 2651-94 (ГОСТ 380-94)

Матеріал кріпильних виробів для фланцевих з'єднань корпусу:

- шпильок - сталь 25Х2М1Ф ГОСТ 4543-71
- гайок - сталь 35Х ГОСТ 4543-71

Стропові пристрої (монтажні штуцери) апарату виготовлені зі СтЗсп5 за ГОСТ 2651-94.

Для люка за ГОСТ 28759.7 – 90 вибираємо азбOMETALEVУ прокладку виконання 1 в оболонці із алюмінію $S = 3,6$ й [16]

5 РОЗРАХУНКОК ЕЛЕМЕНТІВ АПАРАТА НА МІЦНІСТЬ, ЖОРСТКІСТЬ І СТІЙКІСТЬ

Вихідні дані:

Внутрішній діаметр конвертора СО другого ступеня, мм	3800
Матеріал обичайки	15ХМ
Матеріал фланців корпусу	38ХА
Матеріал днища та кришки	15ХМ
Матеріал опори	Ст3сп5
Робочий тиск в апараті $P_{\text{оіа}}$, МПа	3,2
Розрахункова температура в апараті t , °С	300
Модуль подовжньої пружності для сталі 15ХМ при розрахунковій температурі, МПа	$\overset{\circ}{A} = 1,9 \cdot 10^5$
Модуль подовжньої пружності для сталі 15ХМ при температурі $t = 20$ °С, МПа	$\overset{\circ}{A}^{20} = 2,15 \cdot 10^5$
Допустима напружина для сталі 15ХМ при розрахунковій температурі 300°С, МПа	147
Допустима напружина для сталі 15ХМ при температурі $t = 20$ °С, МПа	155
Умовна межа текучості для сталі 15ХМ $R_{p0,2}^{20}$, МПа	233
Група апарату за СОУ МПП 71.120-217:2009	1

5.1 Визначення товщини стінки корпусу

5.1.1 Визначення товщини стінки обичайки апарату

Тиск в конверторі СО другого ступеня під час дії запобіжного клапана визначаємо за формулою:

$$P_k = 1,15 P_{\text{раб}} \quad (5.1)$$

$$P_k = 1,15 \cdot 3,2 = 3,68 \text{ МПа}$$

Розрахунковий тиск без урахування гідростатичного тиску визначаємо за формулою

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

$$D_0 = 0,9 \cdot 3,68 = 3,31 \text{ Їа}$$

Гідростатичний тиск середовища визначаємо за формулою

$$P_r = \rho_c \cdot g \cdot H_c \cdot 10^{-6} \quad (5.3)$$

$$D_a = 230 \cdot 9,81 \cdot 8,6 \cdot 10^{-6} = 0,019 \text{ Їа}$$

Так як гідростатичний тиск середовища складає менше 5 % робочого тиску $D_a = 0,019 \text{ Їа} < 0,05 \cdot 3,2 = 0,16 \text{ Їа}$, то розрахунковий тиск приймаємо

$$D = D_0 = 3,31 \text{ Їа}$$

Допустима напружина при розрахунковій температурі

$$[\sigma]_{300} = 147 \text{ Їа}$$

Пробний тиск визначаємо за формулою

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

де P – розрахунковий тиск в апараті, МПа

$$D_{\text{іо}} = 1,25 \cdot 3,31 \cdot \frac{155}{147} = 4,25 \text{ Їа}$$

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

$$D_{\text{а́а́а́}} = \rho_{\text{а́}} \cdot g \cdot I_{\text{а́}} \cdot 10^{-6} \quad (5.5)$$

$$D_{\text{а́а́а́}} = 1000 \cdot 9,81 \cdot 11,1 \cdot 10^{-6} = 0,109 \text{ мм}$$

Так як гідростатичний тиск води

$$D_{\text{а́а́а́}} = 0,109 \text{ мм} < 0,05 \cdot 4,25 = 0,2 \text{ мм}$$

складає менше 5 % від пробного тиску, розрахунковий тиск в умовах випробувань $P_{\text{в}}$ приймаємо рівним

$$D_{\text{а́}} = D_{\text{ю}} \quad (5.6)$$

$$D_{\text{а́}} = 4,25 \text{ мм}$$

Перевіряємо необхідність розрахунку на міцність в умовах випробувань

$$D_{\text{А}} \leq 1,35 \cdot D \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} \quad (5.7)$$

$$D_{\text{А}} = 4,25 \text{ мм} \leq 1,35 \cdot 3,31 \cdot \frac{155}{147} = 4,7 \text{ мм}$$

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

Розрахункову товщину стінки корпусу апарату визначаємо за формулою

$$S_{\text{р}} = \frac{P \cdot D}{2[\sigma] \cdot \varphi_{\text{р}} - P} \quad (5.8)$$

Коефіцієнт міцності подовжніх зварних швів корпусу $\varphi_{\text{р}}$ приймаємо відповідно групі апарату. Для 1-ї групи апарату $\varphi_{\text{р}} = 1$.

Розрахункова товщина стінки корпусу

$$S_{\text{р}} = \frac{3,31 \cdot 3800}{2 \cdot 147 \cdot 1 - 3,31} = 43,3 \text{ мм}$$

Виконавчу товщину стінки конвертора визначаємо за формулою

$$S \geq S_{\text{р}} + C, \quad (5.9)$$

Сума добавок до розрахункової товщини стінки корпусу апарату складає

$$C = C_1 + C_2, \quad (5.10)$$

$$\tilde{N} = 2 + 1,8 = 3,8 \text{ ì}$$

Виконавчу товщину стінки конвертора визначаємо по розрахунковій товщиною для робочих умов, враховуючи що вона є найбільшою

$$S \geq 43,3 + 3,8 = 47,1 \text{ ì}$$

Приймаємо

$$S = 50 \text{ ì}$$

Для прийнятого значення товщини стінки розраховуємо допустимий внутрішній надлишковий тиск в робочих умовах за формулою

$$[P] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p \cdot (S - C)}{D + (S - C)} \quad (5.11)$$

$$[P] = \frac{2 \cdot 147 \cdot 1 \cdot (50 - 3,8)}{3800 + (50 - 3,8)} = 3,53 \text{ ì}$$

Умова міцності

$$P \leq [P] \quad (5.12)$$

$$D = 3,31 \text{ ì} < [P] = 3,53 \text{ ì} \quad - \text{ виконується}$$

Перевірка умов застосування розрахункових формул

$$\frac{S_1 - C}{D} < 0,1 \quad (5.13)$$

$$\frac{50 - 3,8}{3800} = 0,0012 < 0,1 \quad - \text{ умова виконується}$$

5.1.2 Розрахунок еліптичного днища корпусу

Розрахункову товщину стінки еліптичного днища визначаємо за формулою

$$S_{1p} = \frac{P \cdot R}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_\delta - 0,5 \cdot P}, \quad (5.14)$$

$R = D$ – для стандартних еліптичних днищ

$$S_{1p} = \frac{3,31 \cdot 3800}{2 \cdot 147 \cdot 1 - 0,5 \cdot 3,31} = 43,02 \text{ ì}$$

Виконавча товщина стінки днища

$$S_1 \geq S_{1p} + C \quad (5.15)$$

$$S_1 = 43,02 + 3,8 = 46,82 \text{ ì}$$

Приймаємо виконавчу товщину стінки еліптичного днища

$$S_1 = 50 \text{ ì}$$

Визначення допустимого внутрішнього надлишкового тиску, МПа

Допустимий внутрішній надлишковий тиск

$$[P] = \frac{2 \cdot (S_1 - C) \cdot \varphi \cdot [\sigma]}{R + 0,5(S_1 - C)} \quad (5.16)$$

$$[P] = \frac{2 \cdot (50 - 3,8) \cdot 1 \cdot 147}{3800 + 0,5 \cdot (50 - 3,8)} = 3,55 \text{ МПа}$$

Умова міцності

$$P \leq [P]$$

$$D = 3,31 \text{ МПа} < [P] = 3,55 \text{ МПа} \quad - \text{ умова виконується}$$

Перевірка умови застосування розрахункових формул

$$0,002 \leq \frac{S_1 - C}{D} \leq 0,1 \quad (5.17)$$

$$0,002 \leq \frac{50 - 3,8}{3800} = 0,012 \leq 0,1$$

$$0,002 < 0,012 < 0,1 \quad - \text{ умова виконується}$$

5.2 Розрахунок зміцнення отворів [13]

5.2.1 Розрахунковий діаметру одиночного отвору, що не вимагає зміцнення

- для обичайки

$$d_0 = 2 \cdot \left(\frac{S - C}{S_p} - 0,8 \right) \cdot \sqrt{D_p \cdot (S - C)}, \quad (5.18)$$

де D_p – розрахунковий діаметр укріплюваного елемента, мм;

S_p – розрахункова товщина стінки укріплюваного елемента

$$D_p = D = 3800 \text{ ì}$$

$$d_0 = 2 \cdot \left(\frac{50 - 3,8}{43,3} - 0,8 \right) \cdot \sqrt{3800 \cdot (50 - 3,8)} = 223 \text{ ì}$$

5.2.2 Штуцери В₁₋₁₀ та Г_{1,2} (штуцер Ø90x29,5, матеріал сталь 15ХМ):

Розрахунковий діаметр штуцера

$$d_p = d + 2 \cdot C_s, \quad (5.19)$$

де C_s – надбавки до розрахункової товщини стінки штуцера

Суму надбавки до розрахункової товщини стінки штуцера визначаємо за формулою (5.10)

$$\tilde{N}_s = 2 + 1,8 = 3,8 \text{ ì}$$

Внутрішній діаметр штуцера

$$d = d_H - 2 \cdot S_1 \quad (5.20)$$

$$d = 90 - 2 \cdot 29,5 = 31 \text{ ì} ,$$

де d_i – зовнішній діаметр штуцера, мм;

S_1 – товщина стінки штуцера

$$d_p = 31 + 2 \cdot 3,8 = 38,6 \text{ ì}$$

Умова $d_p = 38,6 \text{ ì} < d_0 = 223 \text{ ì}$ - виконується, отже отвір не потребує зміцнення

5.2.3 Розрахунковий діаметру одиночного отвору, що не вимагає зміцнення

- для еліптичного днища

$$d_0 = 2 \cdot \left(\frac{S - C}{S_p} - 0,8 \right) \cdot \sqrt{D_p \cdot (S - C)} \quad (5.21)$$

$$D_p = 2 \cdot D = 7600 \text{ ì}$$

$$d_0 = 2 \cdot \left(\frac{50 - 3,8}{43,02} - 0,8 \right) \cdot \sqrt{7600 \cdot (50 - 3,8)} = 324,6 \text{ ì}$$

5.2.4 Штуцери А (штуцер $\varnothing_{\text{вн}} 490 \times 80 \text{ мм}$, матеріал сталь 15ХМ) та

люка Д ($\varnothing_{\text{вн}} 500 \times 30 \text{ мм}$, матеріал сталь 15ХМ)

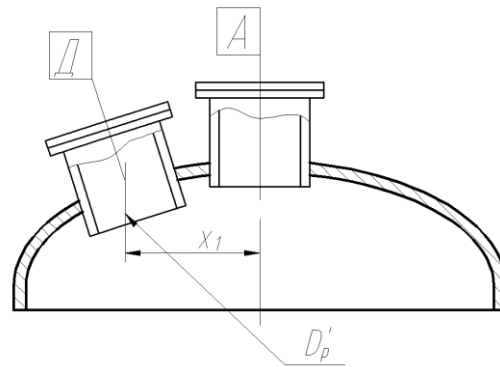


Рисунок 5.1 - Розрахункова схема розташування штуцера А та люка Д
 Розрахунковий діаметр укріплюваного елемента - для люка при $\tilde{\sigma}_1 = 1100$ ì визначається за формулою

$$D_p = 2 \cdot D \cdot \sqrt{1 - 3 \cdot \left(\frac{x}{D}\right)^2} \quad (5.22)$$

$$D'_p = 2 \cdot 3800 \cdot \sqrt{1 - 3 \cdot \left(\frac{1100}{3800}\right)^2} = 6576 \text{ ì}$$

- для штуцера

$$D''_p = 2 \cdot 3800 = 7600 \text{ ì}$$

Розрахункову товщину стінки днища, навантаженого внутрішнім надлишковим тиском, визначаємо за формулою

$$S_{1p} = \frac{P \cdot D_D}{4 \cdot \varphi \cdot [\sigma] - P} \quad (5.23)$$

-для люка

$$S'_{1p} = \frac{3,31 \cdot 6576}{4 \cdot 147 \cdot 1 - 3,31} = 37,2 \text{ ì}$$

-для штуцера

$$S''_{1p} = \frac{3,31 \cdot 7600}{4 \cdot 147 \cdot 1 - 3,31} = 43,02 \text{ ì}$$

Розрахунковий діаметру одиночного отвору, що не вимагає зміцнення, визначаємо за формулою (5.18)

-для люка

$$d_0 = 2 \cdot \left(\frac{50 - 3,8}{37,2} - 0,8 \right) \cdot \sqrt{6576 \cdot (50 - 3,8)} = 487,2 \text{ ì}$$

-для штуцера:

$$d''_0 = 324,6 \text{ мм}$$

Розрахунковий діаметр твору для зміщеного штуцера на еліптичному днищі визначаємо за формулою (5.19):

- для люка

$$d_p = 500 + 2 \cdot 2,9 = 505,8 \text{ мм}$$

- для штуцера

$$d_p = 490 + 2 \cdot 4,2 = 498,4 \text{ мм}$$

Умова для люка

$$d'_p = 505,8 \text{ мм} < d'_0 = 487,2 \text{ мм} \quad - \text{ не виконується, отже отвір потребує зміцнення}$$

Умова для штуцера

$$d''_p = 498,4 \text{ мм} < d''_0 = 324,6 \text{ мм} \quad - \text{ не виконується, отже отвір потребує}$$

зміцнення

Зміцнення штуцера А

Умова зміцнення одиночного отвору має вигляд:

$$\hat{A}_1 + \hat{A}_2 + \hat{A}_3 + \hat{A}_4 \geq \hat{A}, \quad (5.24)$$

де \hat{A}_1 – площа перетину «надлишкового» металу зовнішньої частки штуцера;

\hat{A}_2 – площа зміцнюючого кільця;

\hat{A}_3 – площа внутрішній частині штуцера;

\hat{A}_4 – площа укріплюваного елемента;

\hat{A} – площа перетину металу, що компенсується, видаленого із стінки апарата для вварки штуцера,

Розрахункову товщину стінки штуцера, навантаженого внутрішнім надлишковим тиском визначаємо за формулою

$$S_{1p} = \frac{P_1 \cdot (d + 2 \cdot C_s)}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_1 - P_1}, \quad (5.25)$$

$$S_{1p} = \frac{3,31 \cdot (490 + 2 \cdot 4,2)}{2 \cdot 147 \cdot 1 - 3,31} = 5,68 \text{ мм}$$

Розрахункову довжину зовнішньої частини штуцера визначаємо за формулою

$$l_{1p} = \min \left\{ l_1; 1,25 \cdot \sqrt{(d + 2 \cdot C_s) \cdot (S_1 - C_s)} \right\} \quad (5.26)$$

$$l_{1p} = \min \left\{ 150; 1,25 \cdot \sqrt{(490 + 2 \cdot 4,2) \cdot (80 - 4,2)} \right\} = \min \{150; 243\} = 150 \text{ мм}$$

Визначаємо відношення допустимих напружин для матеріалів штуцера і днища

$$\chi_1 = \min \left\{ 1,0; \frac{[\sigma]_1}{[\sigma]} \right\} \quad (5.27)$$

$$\chi_1 = \min \left\{ 1,0; \frac{147}{147} \right\} = \min \{1,0; 1,0\} = 1,0$$

"Надлишковий" метал зовнішньої частини штуцера визначаємо за формулою

$$A_1 = l_{1p} \cdot (S_1 - S_{1p} - C_s) \cdot \chi_1 \quad (5.28)$$

$$A_1 = 150 \cdot (80 - 5,68 - 4,2) \cdot 1,0 = 10518 \text{ мм}^2$$

Довжину внутрішньої частини штуцера l_3 приймаємо рівною

$$l_3 = 80 \text{ мм}$$

Розрахункову довжину внутрішньої частини штуцера визначаємо за формулою

$$l_{3p} = \min \left\{ l_3; 0,5 \sqrt{(d + 2 \cdot C_s) \cdot (S_1 - C_s)} \right\}, \quad (5.29)$$

$$l_{3p} = \min \left\{ 80; 0,5 \sqrt{(490 + 2 \cdot 4,2) \cdot (80 - 4,2)} \right\} = \min \{80; 97,2\} = 80 \text{ мм}$$

Розрахункову ширину зони зміцнення визначаємо за формулами

$$l_p = L_0 \quad (5.30)$$

$$L_0 = \sqrt{D_p \cdot (S - C)} \quad (5.31)$$

$$L_0 = \sqrt{7600 \cdot (50 - 3,8)} = 592,6 \text{ мм}$$

Розрахунковий діаметр визначаємо за формулою

$$d_{0p} = 0,4 \cdot \sqrt{D_p \cdot (S - C)} \quad (5.32)$$

$$d_{0p} = 0,4 \cdot \sqrt{7600 \cdot (50 - 3,8)} = 237 \text{ мм}$$

"Надлишковий" метал внутрішньої частини штуцера

$$A_3 = l_{3p} \cdot (S_1 - C_s) \cdot \chi_1 \quad (5.33)$$

$$A_3 = 80 \cdot (80 - 4,2) = 6064 \text{ мм}^2$$

"Надлишковий" метал укріплюваного елемента (обичайки), що бере

участь в зміцненні, визначаємо за формулою:

$$\dot{A}_4 = l_p \cdot (S - S_p - C) \quad (5.34)$$

$$\dot{A}_4 = 592,6 \cdot (50 - 43,02 - 3,8) = 1844,5 \text{ ù }^2$$

Площу отвору, що компенсується, визначаємо за формулою:

$$\dot{A} = 0,5 \cdot (d_p - d_{op}) \cdot S_p \quad (5.35)$$

$$\dot{A} = 0,5 \cdot (497,6 - 237) \cdot 43,02 = 5606 \text{ ù}$$

Умова зміцнення штуцера без використання зміцнюючого кільця:

$$10518 + 6064 + 1844,5 = 18426,5 \text{ ù }^2 > A = 5606 \text{ ù }^2 - \text{ виконується}$$

Коефіцієнт пониження міцності визначається за формулою

$$V = \min \left\{ 1; \frac{1 + \frac{l_{1p} \cdot (S_1 - C) \cdot \chi_1 + l_{2p} \cdot S_2 \cdot \chi_2 + l_{3p} \cdot (S_1 - C - C_{sl}) \cdot \chi_1}{l_p \cdot (S - C)}}{1 + 0,5 \cdot \frac{d_p - d_{op}}{l_p} + K_1 \cdot \frac{d + 2 \cdot C_s \cdot \frac{\varphi}{\varphi_1} \cdot \frac{l_{1p}}{l_p}}{D_p}} \right\}, \quad (5.36)$$

де K_1 – коефіцієнт $\hat{E}_1 = 2$

$$V = \min \left\{ 1,0; \frac{1 + \frac{150 \cdot (80 - 4,2) \cdot 1 + 0 + 80(80 - 4,2)}{592,6 \cdot (50 - 3,8)}}{1 + 0,5 \cdot \frac{497,6 - 237}{592,6} + 2 \cdot \frac{490 + 2 \cdot 4,2 \cdot \frac{1}{1} \cdot \frac{150}{592,6}}{7600}} \right\} = \min\{1,0; 1,2\} = 1$$

Допустимий внутрішній надлишковий тиск в зоні штуцера визначаємо

за формулою

$$[P] = \frac{2 \cdot K_1 \cdot (S - C) \cdot \varphi \cdot [\sigma] \cdot V}{D_p + (S - C) \cdot V} \quad (5.37)$$

$$[P] = \frac{2 \cdot 2 \cdot (50 - 3,8) \cdot 1 \cdot 147}{7600 + (50 - 3,8) \cdot 1} \cdot 1 = 3,55 \text{ ùà}$$

Умова міцності :

$$D \leq [D]$$

$$D = 3,31 \text{ ùà} < [D] = 3,55 \text{ ùà} - \text{ умова виконується.}$$

Зміцнення люка Д

Розрахункову товщину стінки штуцера, навантаженого внутрішнім надлишковим тиском визначаємо за формулою (5.25)

$$S_{1p} = \frac{3,31 \cdot (500 + 2 \cdot 2,9)}{2 \cdot 147 \cdot 1 - 3,31} = 5,76 \text{ ì}$$

Розрахункову довжину зовнішньої частини штуцера визначаємо за формулою (5.26)

$$l_{1p} = \min \{150; 1,25 \cdot \sqrt{(500 + 2 \cdot 2,9) \cdot (30 - 2,9)}\} = \min \{150; 146,3\} = 146,3 \text{ ì}$$

"Надлишковий" метал зовнішньої частини штуцера визначаємо за формулою (5.28)

$$\dot{A}_1 = 146,3 \cdot (30 - 5,76 - 2,9) \cdot 1 = 3122 \text{ ì}^2$$

Довжину внутрішньої частини штуцера l_3 приймаємо рівною

$$l_3 = 40 \text{ ì}$$

Розрахункову довжину внутрішньої частини штуцера визначаємо за формулою (5.29)

$$l_{3p} = \min \{40; 0,5 \sqrt{(500 + 2 \cdot 2,9) \cdot (30 - 2,9)}\} = \min \{40; 58,5\} = 40 \text{ ì}$$

Розрахункову ширину зони зміцнення визначаємо за формулами (5.30) та (5.31)

$$l_0 = \sqrt{6576 \cdot (37,2 - 3,8)} = 468,7 \text{ ì}$$

Розрахунковий діаметр визначаємо за формулою (5.32):

$$d_{0p} = 0,4 \cdot \sqrt{6576 \cdot (37,2 - 3,8)} = 187,5 \text{ ì}$$

"Надлишковий" метал внутрішньої частини штуцера визначаємо за формулою (5.33)

$$A_3 = 40 \cdot (30 - 2,9) = 1084 \text{ ì}$$

"Надлишковий" метал укріплюваного елемента (обичайки), що бере участь в зміцненні, визначаємо за формулою (5.34)

$$\dot{A}_4 = 468,7 \cdot (50 - 37,2 - 3,8) = 4218 \text{ ì}^2$$

Площа отвору, що компенсується, визначаємо за формулою (5.35):

$$\dot{A} = 0,5 \cdot (507,6 - 187,5) \cdot 37,2 = 5954 \text{ ì}$$

Умова зміцнення штуцера без використання зміцнюючого кільця

$$\dot{A}_1 + \dot{A}_3 + \dot{A}_4 \geq \dot{A}$$

$$3122 + 1084 + 4218 = 8424 \text{ ì}^2 > \dot{A} = 5954 \text{ ì}^2 - \text{виконується}$$

Коефіцієнт пониження міцності визначається визначаємо за формулою (5.37)

$$V = \min \left\{ 1,0; \frac{1 + \frac{146,3 \cdot (30 - 2,9) \cdot 1 + 0 + 40(30 - 2,9)}{468,7 \cdot (50 - 3,8)}}{1 + 0,5 \cdot \frac{507,6 - 187,5}{468,7} + 2 \cdot \frac{500 + 2 \cdot 2,9}{6576} \cdot \frac{1}{1} \cdot \frac{146,3}{468,7}} \right\} = \min \{1,0; 0,9\} = 0,9$$

Внутрішній надлишковий тиск, що допускається, в зоні штуцера визначаємо

за формулою (5.38):

$$[P] = \frac{2 \cdot 2 \cdot (50 - 3,8) \cdot 1 \cdot 147}{6576 + (50 - 3,8) \cdot 0,9} \cdot 0,9 = 4,1 \text{ МПа}$$

Умова міцності

$$D \leq [D]$$

$$D = 3,31 \text{ МПа} < [D] = 4,1 \text{ МПа} \quad - \text{ умова виконується.}$$

5.2.5 Облік взаємного впливу отворів

На рисунку 5.2 зображені отвори, що взаємо впливають

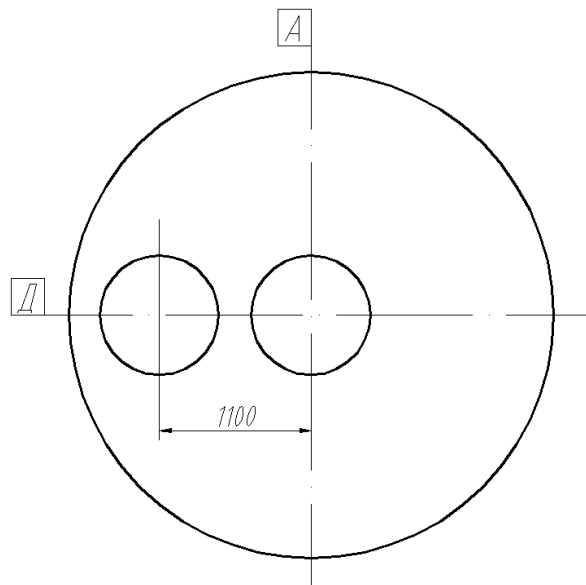


Рисунок 5.2 - Облік взаємного впливу отворів

Отвір вважається за одиночним, якщо найближчий до нього отвір не оказує на нього впливу, що має місце, коли відстань між зовнішніми поверхнями суміжних штуцерів b задовольняє умові

$$b \geq \sqrt{D'_p \cdot (S - C)} + \sqrt{D''_p \cdot (S - C)} \quad (5.38)$$

Обчислюємо праву частину нерівності:

$$\sqrt{D'_p \cdot (S - C)} + \sqrt{D''_p \cdot (S - C)} = \sqrt{6576 \cdot (50 - 3,8)} + \sqrt{7600 \cdot (50 - 3,8)} = 1143,8 \text{ мм}$$

Визначаємо фактичну відстань b між зовнішніми поверхнями штуцерів.

Для штуцера A і люка D відстань b приблизно дорівнює

$$b = \delta_1 - \frac{(d_1 + 2 \cdot S_2) + (d_2 + 2 \cdot S_2)}{2} \quad (5.39)$$

$$b = 1100 - \frac{(500 + 2 \cdot 30) + (490 + 2 \cdot 80)}{2} = 495 \text{ мм}$$

Умова для штуцера A і люка D

$$b = 495 \text{ мм} > \sqrt{D'_p \cdot (S - C)} + \sqrt{D''_p \cdot (S - C)} = 1143,8 \text{ мм}$$

не виконується отже, отвори A і D є взаємовпливовими.

Обчислюємо коефіцієнт пониження міцності за формулою

$$V_1 = \min \left\{ 1; \frac{1 + \frac{l'_{1p} \cdot (S'_1 - C'_s) \cdot \chi'_1 + l'_{2p} \cdot S'_2 \cdot \chi'_2 + l'_{3p} \cdot (S'_1 - C'_s - C'_{s1}) \cdot \chi'_1}{b \cdot (S - C)} + \frac{K_3 \cdot \left(0,8 + \frac{d'_p + d''_p}{2b}\right) + K_1 \cdot \left(\frac{d' + 2C'_s}{D'_p} \cdot \frac{\varphi'}{\varphi'_1} \cdot \frac{l'_{1p}}{b} + \frac{l''_{1p} \cdot (S''_1 - C''_s) \cdot \chi''_1 + l''_{2p} \cdot S''_2 \cdot \chi''_2 + l''_{3p} \cdot (S''_1 - C''_s - C''_{s1}) \cdot \chi''_1}{b \cdot (S - C)} + \frac{d'' + 2C''_s}{D''_p} \cdot \frac{\varphi''}{\varphi''_1} \cdot \frac{l''_{1p}}{b}\right)}{b \cdot (S - C)} \right\} \quad (5.40)$$

$$V = \min \left\{ 1,0; \frac{1 + \frac{146,3 \cdot (30 - 2,9) \cdot 1 + 0 + 40(30 - 2 \cdot 2,9) + 150 \cdot (80 - 4,2) \cdot 1 + 0 + 80(80 - 2 \cdot 4,2)}{465 \cdot (80 - 4,2)}}{1 \cdot \left(0,8 + \frac{505,8 + 498,4}{2 \cdot 495}\right) + 2 \cdot \left(\frac{500 + 2 \cdot 2,9}{6576} \cdot \frac{1,0}{1,0} \cdot \frac{146,3}{495} + \frac{490 + 2 \cdot 4,2}{7200} \cdot \frac{1,0}{1,0} \cdot \frac{150}{495}\right)} \right\} = \min \{ 1,0; 0,88 \} = 0,88$$

Визначаємо тиск, що допускається, для перемички між штуцерами A і люком Γ за формулою

$$[P] = \frac{2 K_1 \cdot (S - C) \cdot \varphi \cdot [\sigma]}{0,5 (D'_p + D''_p) + (S - C) \cdot V_1} \cdot V_1 \quad (5.41)$$

$$[P] = \frac{2 \cdot 2 \cdot (50 - 3,8) \cdot 1 \cdot 147}{0,5 \cdot (6576 + 7600) + (50 - 3,8) \cdot 0,88} \cdot 0,88 = 3,34 \text{ МПа}$$

Умова міцності

$\Phi = 3,31 \text{ МПа} < [\Phi] = 3,34 \text{ МПа}$ - виконується. Перемичка між

штуцерами не вимагає додаткового зміцнення.

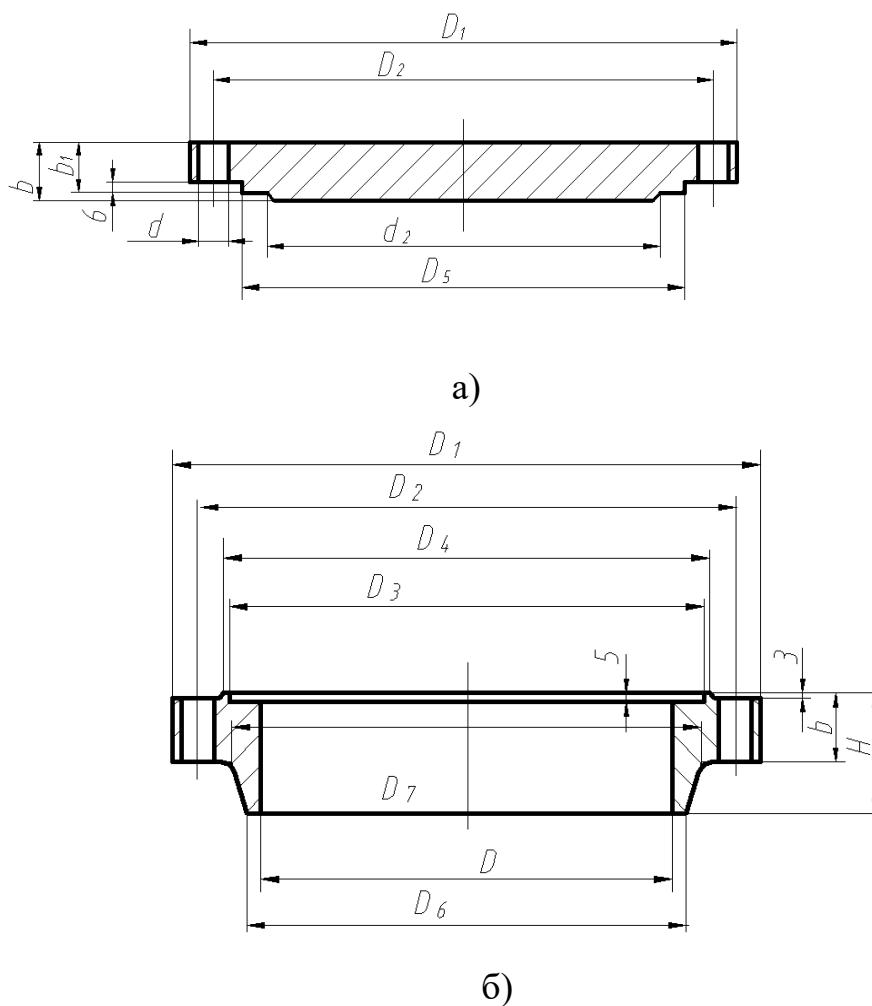
5.3 Розрахунок фланцевого з'єднання люка

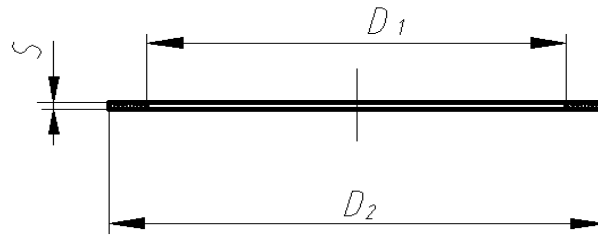
За групою апарату вибираємо тип поверхні ущільнення – «виступ-западина». За ГОСТ 28759.3 – 90 вибираємо приварний встик фланець з поверхнею ущільнення «виступ-западина». Матеріал фланця і кришки – сталь 15ХМ

Матеріал шпильок за ГОСТ – 28759.5 – 90: сталь 25Х2М1Ф

За ГОСТ 28759.1 – 90 при $\Phi_0 = 4,0 \text{ МПа}$ і матеріалі 15ХМ і розрахунковій температурі $t = 300 \text{ }^\circ\text{C}$ $[\Phi_1] = 3,9 \text{ МПа} > P_1 = 3,31 \text{ МПа}$

На рисунку 5.3 зображені елементи фланцевого з'єднання люка





в)

а- кришка; б – фланець; в – прокладка
Рисунок 5.3 – Елементи фланцевого з'єднання люка

Умовне позначення вибраного люка:

Люк 2-500-4,0-6-3-2 ОСТ 26–2005–83

За ГОСТ 28759.7 – 90 [11] вибираємо азбометалеву прокладку виконання 1 в оболонці із алюмінію $S = 3,6$ ì

5.3.1 Визначення розрахункових параметрів

Температура для неізольованих фланців:

- фланця:

$$t_{\delta} = 0,96 \cdot t \quad (5.42)$$

$$t_{\delta} = 0,96 \cdot 300 = 288 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

-болтів:

$$t_{\dot{a}} = 0,85 \cdot t \quad (5.43)$$

$$t_{\dot{a}} = 0,85 \cdot 300 = 255 \text{ }^{\circ}\text{Ñ}$$

5.3.2 Визначення допустимої напружини

Допустиму напружину матеріалу болтів $[\sigma]_{\dot{a}}$, Ìà при розрахунковій температурі $t_{\dot{a}} = 255^{\circ}\text{Ñ}$ визначаємо по [9]:

$$\text{при } t_{\dot{a}} = 255^{\circ}\text{Ñ} \quad [\sigma]_{\dot{a}} = 223,6 \text{ Ìà}$$

Допустиму напружину для матеріалу фланця визначаємо по методичними вказівками [8]. При розрахунковій температурі $t_{\delta} = 288^{\circ}\text{C}$ допустиму напружину приймаємо

$$\text{при } t = 288^{\circ}\text{C} \quad [\sigma] = 148,2 \text{ Ìà}$$

при $t = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $[\sigma] = 155 \text{ МПа}$

Мінімальні значення границі текучості для сталі 15ХМ приймаємо по методичним вказівкам [8]:

при $t = 288 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $R_{\delta 0,2} = 221,9 \text{ МПа}$

при $t = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $R_{\delta 0,2} = 233 \text{ МПа}$

Мінімальні значення тимчасового опору сталі 15ХМ приймаємо по методичних вказівках [8]:

при $t = 288 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $R_m = 443 \text{ МПа}$

при $t = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$ $R_m = 450 \text{ МПа}$

Визначаємо допустиму напружину для матеріалу фланця в перетині S_0

– у робочих умовах

$$[\sigma]_{S_0} = \left(4,5 - 2,0 \cdot \frac{R_{P0,2}}{R_m} \right) \cdot [\sigma] \quad (5.44)$$

$$[\sigma]_{S_0} = \left(4,5 - 2,0 \cdot \frac{221,9}{443} \right) \cdot 148,2 = 518 \text{ МПа}$$

– в умовах затягування фланцевого з'єднання

$$[\sigma]_{S_0}^{20} = \left(4,5 - 2,0 \cdot \frac{R_{P0,2}^{20}}{R_m^{20}} \right) \cdot [\sigma]^{20} \quad (5.45)$$

$$[\sigma]_{S_0}^{20} = \left(4,5 - 2,0 \cdot \frac{233}{450} \right) \cdot 155 = 537 \text{ МПа}$$

– в умовах випробувань

$$[\sigma]_{S_0}^{\hat{a}} = \left(6,0 - 2,7 \cdot \frac{R_{P0,2}^{20}}{R_m^{20}} \right) \cdot [\sigma]^{20} \quad (5.46)$$

$$[\sigma]_{S_0}^{\hat{a}} = \left(6,0 - 2,7 \cdot \frac{233}{450} \right) \cdot 155 = 713 \text{ МПа}$$

Визначаємо допустиму напружину для матеріалу приварних встик фланців в перетині S_1

– у робочих умовах

$$[\sigma]_{S_1} = 1,5 [\sigma] = 1,5 \cdot 148,2 = 222,3 \text{ МПа}; \quad (5.47)$$

– в умовах затягування фланцевого з'єднання

$$[\sigma]_{SI}^{20} = 1,5 [\sigma]^{20} = 1,5 \cdot 155 = 232,5 \text{ МПа};$$

$$(5.48)$$

– в умовах випробувань

$$[\sigma]_{SI}^{\epsilon} = 2,0 [\sigma]^{20} = 2,0 \cdot 155 = 310 \text{ МПа} \quad (5.49)$$

Оскільки розрахунковий тиск D в робочих умовах, помножений на величину $1,35[\sigma]_{20}/[\sigma]$

$$D_{\epsilon} = 4,25 \text{ МПа} < 1,35 \cdot D \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} = 1,35 \cdot 3,31 \cdot \frac{155}{147} = 4,36 \text{ МПа}$$

більше розрахункового тиску D_{ϵ} в умовах випробування, то розрахунок фланцевого з'єднання для умов випробувань не проводимо.

5.3.3 Розрахунок допоміжних величин

Відповідно рис. 5.4 визначаємо виконавчу ширину прокладки:

$$b_i = \frac{D_1 - D_2}{2} \quad (5.50)$$

$$b_i = \frac{557 - 529}{2} = 14 \text{ мм}$$

Середній діаметр прокладки:

$$D_{\text{ср}} = \frac{D_1 + D_2}{2} \quad (5.51)$$

$$D_{\text{ср}} = \frac{557 + 529}{2} = 543 \text{ мм}$$

Ефективна ширина прокладки:

при: $b_n \leq 15 \text{ мм}$:

$$b_0 = b_n = 14 \text{ мм} \quad (5.52)$$

Лінійна податливість азбOMETАЛЕВИХ прокладок дорівнює

$$\sigma_n = 0 \quad (5.53)$$

Відстань між опорними поверхнями гайки і голівки болта

$$l_{\dot{a}_0} = h_{\delta} + h_{\delta\delta} + h_i \quad (5.54)$$

$$l_{\dot{a}_0} = (60 - 5) + (41 + 6) + 3,6 = 105,6 \text{ мм}$$

Розрахункову довжину шпильки визначаємо за формулою

$$l_{\dot{a}} = l_{\dot{a}_0} + 0,56 \cdot d \quad (5.55)$$

$$l_{\dot{a}} = 105,6 + 0,56 \cdot 30 = 122,4 \text{ мм}$$

Площина поперечного перетину шпильки М30 по внутрішньому діаметру:

$$f_a = 520 \text{ мм}^2 \quad [9]$$

Модуль подовжньої пружності матеріалу болта (сталь 25Х2М1Ф) при $t = 20^\circ\text{C}$:

$$E_a^{20} = 2,0 \cdot 10^5 \text{ Па} \quad [8]$$

Податливість болтів визначаємо за формулою

$$\sigma_a = \frac{l_a}{E_a^{20} \cdot f_a \cdot n} \quad (5.56)$$

$$\sigma_a = \frac{122,4}{2,0 \cdot 10^5 \cdot 520 \cdot 20} = 5,88 \cdot 10^{-8} \frac{1}{\text{І}} \cdot \text{мм}$$

Розміри конічної втулки відповідно до стандарту [10] складають:

– товщина у місці з'єднання з обичайкою

$$S_0 = 12 \text{ мм};$$

– товщина в місці з'єднання з фланцем

$$S_1 = 30 \text{ мм};$$

– довжина конічної втулки

$$l = 55 \text{ мм}$$

Коефіцієнти β , X , K_1 обчислюємо за формулами

$$\beta = \frac{S_1}{S_0} = \frac{30}{12} = 2,5; \quad (5.57)$$

$$X = \frac{l}{\sqrt{D \cdot S_0}} = \frac{55}{\sqrt{500 \cdot 12}} = 0,7; \quad (5.58)$$

$$K_1 = 1 + (\beta - 1) \cdot \frac{X}{X + 0,25(1 + \beta)} =$$

$$= 1 + (2,5 - 1) \cdot \frac{0,7}{0,7 + 0,25(1 + 2,5)} = 1,67 \quad (5.59)$$

Еквівалентну товщину втулки приварного встик фланця визначаємо за формулою

$$S_a = K_1 \cdot S_0 = 1,67 \cdot 12 = 20 \text{ мм} \quad (5.60)$$

Значення коефіцієнтів $\lambda, j, \psi_1, \psi_2, \omega$ визначаємо за формулами

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{D \cdot S_0}} \quad (5.61)$$

$$\lambda = \frac{55}{\sqrt{500 \cdot 12}} = 0,7$$

$$\psi_1 = 1,28 \cdot \lg\left(\frac{D_1}{D}\right) \quad (5.62)$$

$$\psi_1 = 1,28 \cdot \lg\left(\frac{695}{500}\right) = 0,18$$

$$\psi_2 = \frac{D_1 + D}{D_1 - D} \quad (5.63)$$

$$\psi_2 = \frac{695 + 500}{695 - 500} = 6,1$$

$$j = \frac{h}{S_0} \quad (5.64)$$

$$j = \frac{55}{12} = 4,6$$

$$\omega = \frac{1}{1 + 0,9 \cdot \lambda \cdot (1 + \psi_1 \cdot j^2)} \quad (5.65)$$

$$\omega = \frac{1}{1 + 0,9 \cdot 0,7 \cdot (1 + 0,18 \cdot 4,6^2)} = 0,25$$

Модуль подовжньої пружності матеріалу фланців при $t = 20^\circ\text{C}$

$$E^{20} = 2,0 \cdot 10^5 \text{ Їа} \quad [8]$$

Кутову податливість фланця визначаємо за формулою

$$\acute{o}_\delta = \frac{[1 - \omega \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda)] \cdot \psi_2}{E^{20} \cdot h^3} \quad (5.66)$$

$$\acute{o}_\delta = \frac{[1 - 0,25 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,7)] \cdot 6,1}{2,0 \cdot 10^5 \cdot 55^3} = 1,1 \cdot 10^{-10} \text{ 1/Ї} \cdot \ddot{\text{а}}$$

Товщина кришки в місці ущільнення $h_{\acute{e}\delta}$ і на зовнішньому діаметрі $\delta_{\acute{e}\delta}$ відповідно складає:

$$h_{\acute{e}\delta} = 47 \text{ мм}$$

$$\delta_{\acute{e}\delta} = 41 \text{ мм}$$

Значення коефіцієнтів $\hat{E}_{\acute{e}\delta}$ і $K_{\acute{e}\delta}$ знаходимо за формулами

$$\hat{E}_{\acute{e}\delta} = \frac{D_1}{D_{\text{нї}}} \quad (5.67)$$

$$K_{\acute{e}\delta} = \frac{695}{543} = 1,28$$

$$\tilde{O}_{\acute{e}\delta} = \frac{0,67 \cdot [K_{\acute{e}\delta}^2 \cdot (1 + 8,55 \cdot \lg K_{\acute{e}\delta}) - 1]}{(K_{\acute{e}\delta} - 1) \cdot [K_{\acute{e}\delta}^2 - 1 + (1,857 \cdot \hat{E}_{\acute{e}\delta}^2 + 1) \cdot (h_{\acute{e}\delta} / \delta_{\acute{e}\delta})^3]} \quad (5.68)$$

$$\tilde{\sigma}_{\epsilon\delta} = \frac{0,67 \cdot [1,28^2 \cdot (1 + 8,55 \cdot \lg 1,28) - 1]}{(1,28 - 1) \cdot [1,28^2 - 1 + (1,857 \cdot 1,28^2 + 1) \cdot (47/41)^3]} = 0,76$$

Кутову податливість кришки визначаємо за формулою

$$\acute{\sigma}_{\epsilon\delta} = \frac{X_{\epsilon\delta}}{E_{\epsilon\delta}^{20} \cdot h_{\epsilon\delta}^3} \quad (5.69)$$

$$y_{\epsilon\delta} = \frac{0,76}{2 \cdot 10^5 \cdot 47^3} = 0,37 \cdot 10^{-10} \text{ 1/}\acute{\text{I}} \cdot \grave{\text{I}}$$

Плечі моментів сил визначаємо за формулами

$$b = 0,5 \cdot (D_{\grave{\text{a}}} - D_{\grave{\text{H}}}) \quad (5.70)$$

$$b = 0,5 \cdot (635 - 543) = 46 \text{ }\grave{\text{I}}$$

$$\acute{\text{a}} = 0,5 \cdot (D_{\grave{\text{H}}} - D - S_{\grave{\text{a}}}) \quad (5.71)$$

$$\acute{\text{a}} = 0,5 \cdot (543 - 500 - 20) = 11,5 \text{ }\grave{\text{I}}$$

Коефіцієнт η знаходимо за формулою

$$\eta = \acute{\sigma}_i + \acute{\sigma}_a + (\acute{\sigma}_\delta + \acute{\sigma}_{\epsilon\delta}) \cdot b^2 \quad (5.72)$$

$$\eta = 0 + 5,88 \cdot 10^{-8} + (1,1 \cdot 10^{-10} + 0,37 \cdot 10^{-10}) \cdot 46^2 = 3,7 \cdot 10^{-7}$$

Коефіцієнт жорсткості фланцевого з'єднання знаходимо за формулою

$$J = 1 - \frac{\acute{\sigma}_i - (\acute{\sigma}_\delta \cdot \acute{\text{a}} + \acute{\sigma}_{\epsilon\delta} \cdot b) \cdot b}{\eta} \quad (6.73)$$

$$J = 1 - \frac{0 - (1,1 \cdot 10^{-10} \cdot 11,5 + 0,37 \cdot 10^{-10} \cdot 46) \cdot 46}{3,7 \cdot 10^{-7}} = 1,37$$

5.3.4 Розрахунок навантажень, які діють у фланцевому з'єднанні

Рівнодійну внутрішнього надлишкового тиску визначаємо за формулою

$$Q_{\grave{\text{a}}} = 0,785 \cdot D_{\grave{\text{H}}}^2 \cdot \text{D} \quad (5.74)$$

$$Q_{\grave{\text{a}}} = 0,785 \cdot 543^2 \cdot 3,31 = 766121\acute{\text{I}}$$

Реакцію прокладки в робочих умовах і в умовах випробування знаходимо по формулі, визначивши по [9] коефіцієнт питомого тиску на прокладку:

$$m = 3,25$$

$$R_i = \pi \cdot D_{\grave{\text{H}}} \cdot b_0 \cdot m \cdot |P| \quad (5.75)$$

$$R_i = 3,14 \cdot 543 \cdot 14 \cdot 3,25 \cdot 3,31 = 256785\text{H}$$

Коефіцієнти лінійного розширення матеріалів фланців та болтів визначаємо методом лінійної інтерполяції по [9]:

$$\alpha_\delta = \alpha_{\epsilon\delta} = 13,13 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^0\grave{\text{N}}$$

$$\alpha_{\grave{\text{a}}} = 13,12 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^0\grave{\text{N}}$$

Модулі подовжньої пружності матеріалів фланців та болтів при розрахунковій температурі визначаємо методом лінійної інтерполяції по [8]:

$$\dot{A} = \dot{A}_{\epsilon\delta} = 1,91 \cdot 10^5 \text{ Їа}$$

$$\dot{A}_a = 1,94 \cdot 10^5 \text{ Їа}$$

Коефіцієнт η_1 знаходимо за формулою

$$\eta_1 = \acute{o}_i + \acute{o}_a \cdot \frac{\dot{A}_a^{20}}{\dot{A}_a} + \left(\acute{o}_\delta \cdot \frac{\dot{A}^{20}}{\dot{A}} + \acute{o}_{\epsilon\delta} \cdot \frac{\dot{A}_{\epsilon\delta}^{20}}{\dot{A}_{\epsilon\delta}} \right) \cdot b^2 \quad (5.76)$$

$$\eta_1 = 0 + 5,88 \cdot 10^{-8} \cdot \frac{2,0 \cdot 10^5}{1,94 \cdot 10^5} + \left(1,1 \cdot 10^{-10} \cdot \frac{2,0 \cdot 10^5}{1,91 \cdot 10^5} + 0,37 \cdot 10^{-10} \cdot \frac{2,0 \cdot 10^5}{1,91 \cdot 10^5} \right) \cdot 46^2 = 3,86 \cdot 10^{-7}$$

Навантаження Q_t , яке виникає від температурних деформацій фланцевого з'єднання, визначаємо за формулою

$$Q_t = \frac{1}{\eta_1} \cdot [\alpha_\delta \cdot h \cdot (t_\delta - 20) + \alpha_{\epsilon\delta} \cdot h_{\epsilon\delta} \cdot (t_\delta - 20) - \alpha_a \cdot l_{a_0} \cdot (t_a - 20)] \quad (5.77)$$

$$Q_t = \frac{1}{3,86 \cdot 10^{-7}} \cdot [13,13 \cdot 10^{-6} \cdot 55 \cdot (288 - 20) + 13,13 \cdot 10^{-6} \cdot 47 \cdot (288 - 20) - 13,12 \cdot 10^{-6} \cdot 105,6 \cdot (255 - 20)] = 86363 \text{ Н}$$

Болтове навантаження P_{a1} розраховуємо за формулою

$$D_{a1} = J \cdot Q_a + R_i - Q_t \quad (5.78)$$

$$P_{a1} = 1,37 \cdot 766121 + 256785 = 1306371 \text{ Ї}$$

Питомий коефіцієнт обтискання азбометалевої прокладки в оболонці з алюмінію:

$$q_{i\acute{a}\delta} = 38 \text{ Їа} \quad [9]$$

Болтове навантаження, необхідне для початкового зім'яння прокладки:

$$D_{a2} = 0,5 \cdot \pi \cdot D_{ni} \cdot b_0 \cdot q_{i\acute{a}\delta} \quad (5.79)$$

$$D_{a2} = 0,5 \cdot 3,14 \cdot 543 \cdot 14 \cdot 38 = 453535 \text{ Ї}$$

Болтове навантаження D_{a3} з умови забезпечення міцності болтів:

$$P_{a3} = 0,4 \cdot [\sigma]_a^{20} \cdot n \cdot f_a \quad (5.80)$$

$$P_{a3} = 0,4 \cdot 238 \cdot 20 \cdot 520 = 990080 \text{ Ї}$$

Болтове навантаження в умовах монтажу P_a визначаємо за формулою:

$$P_a = \max\{P_{a1}; P_{a2}; P_{a3}\} \quad (5.81)$$

$$D_a = \max\{1306371; 453535; 990080\} = 1306371 \text{ Н}$$

5.3.5 Розрахунок болтів

Умова міцності болтів в умовах монтажу:

$$\sigma_{\dot{a}1} = \frac{D_{\dot{a}}}{n \cdot f_{\dot{a}}} \leq [\sigma]_{\dot{a}}^{20} \quad (5.82)$$

$$\sigma_{\dot{a}1} = \frac{1306371}{20 \cdot 520} = 125,6 \text{ МПа} < [\sigma]_{\dot{a}}^{20} = 238 \text{ МПа} \quad - \text{ умова виконується}$$

Приріст навантаження на болти в робочих умовах визначаємо за формулою

$$\Delta P_{\dot{a}} = (1 - J) \cdot Q_{\dot{a}} + Q_t \quad (5.83)$$

$$\Delta D_{\dot{a}} = (1 - 1,37) \cdot 766121 + 86363 = -197102 \text{ Н}$$

Умова міцності болтів в робочих умовах:

$$\sigma_{\dot{a}2} = \frac{P_{\dot{a}1} + \Delta P_{\dot{a}}}{n \cdot f_{\dot{a}}} \leq [\sigma]_{\dot{a}} \quad (5.84)$$

$$\sigma_{\dot{a}2} = \frac{1306371 + (-197102)}{20 \cdot 520} = 106,7 \text{ МПа} < [\sigma]_{\dot{a}} = 223,6 \text{ МПа} \quad - \text{ умова виконується}$$

5.3.6 Розрахунок фланця на міцність

Спільний момент від болтового навантаження визначаємо за формулою:

$$M_{01} = P_{\dot{a}} \cdot b \quad (5.85)$$

$$M_{01} = 1306371 \cdot 46 = 6,0 \cdot 10^7 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Кут повороту фланця при затягуванні з'єднання визначаємо за формулою:

$$\theta = \dot{I}_{01} \cdot \frac{[1 - \omega \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda)] \cdot \psi_2}{\dot{A}^{20} \cdot h^3} \quad (5.86)$$

$$\theta = 6,0 \cdot 10^7 \cdot \frac{[1 - 0,25 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,7)] \cdot 6,1}{2,0 \cdot 10^5 \cdot 55^3} = 6,5 \cdot 10^{-3} \text{ рад}$$

Приріст моменту, що вигинає, від болтового навантаження ΔM_{01} визначаємо за формулою:

$$\Delta M_{01} = \Delta D_{\dot{a}} \cdot b + Q_{\dot{a}} \cdot \dot{a} \quad (5.87)$$

$$\Delta \dot{I}_{01} = -197102 \cdot 46 + 766121 \cdot 11,5 = -0,26 \cdot 10^7 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Приріст кута повороту фланця в робочих умовах визначаємо за формулою:

$$\Delta \theta = \Delta \dot{I}_{01} \cdot \frac{[1 - \omega \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda)] \cdot \psi_2}{\dot{A} \cdot h^3} \quad (5.88)$$

$$\Delta \theta = -0,26 \cdot 10^7 \cdot \frac{[1 - 0,25 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,7)] \cdot 6,1}{1,91 \cdot 10^5 \cdot 55^3} = -0,28 \cdot 10^{-3} \text{ рад}$$

Максимальну згинальну напружину σ_{ϵ} в перетині товщиною S_1 визначаємо за формулою

$$\sigma_{\xi} = \frac{T \cdot \omega \cdot M_{01}}{D^* \cdot (S_1 - C)^2} \quad (5.89)$$

$$\sigma_{\xi} = \frac{1,75 \cdot 0,25 \cdot 6,0 \cdot 10^7}{512 \cdot (30 - 2)^2} = 65,4 \text{ МПа}$$

Розрахунковий діаметр D^* визначаємо за формулою

$$D^* = D + S_0 \text{ при } D < 20S_1 \text{ та } f > 1 \quad (5.90)$$

$$\text{при } 500 \text{ мм} < 20 \cdot 30 \text{ мм} = 600 \text{ мм} \text{ та } f = 1,5$$

$$D^* = 500 + 12 = 512 \text{ мм}$$

Коефіцієнт T визначаємо за формулою

$$T = \frac{\left(\frac{D_1}{D}\right)^2 \cdot \left[1 + 8,55 \cdot \lg\left(\frac{D_1}{D}\right)\right] - 1}{\left[1,05 + 1,945 \cdot \left(\frac{D_1}{D}\right)^2\right] \cdot \left[\left(\frac{D_1}{D}\right) - 1\right]} \quad (5.91)$$

$$T = \frac{\left(\frac{695}{500}\right)^2 \cdot \left[1 + 8,55 \cdot \lg\left(\frac{695}{500}\right)\right] - 1}{\left[1,05 + 1,945 \cdot \left(\frac{695}{500}\right)^2\right] \cdot \left[\left(\frac{695}{500}\right) - 1\right]} = 1,75$$

Меридіональні напружини в перерізі товщиною S_1 кінчної втулки приварного встик фланця при затягненні фланцевого з'єднання σ_{11} і σ_{12} , МПа, визначають за формулами

– на зовнішній поверхні втулки

$$\begin{aligned} \sigma_{11} &= \sigma_{\xi}; \\ \sigma_{11} &= 65,4 \text{ МПа} \end{aligned} \quad (5.92)$$

– на внутрішній поверхні втулки

$$\begin{aligned} \sigma_{12} &= -\sigma_{\xi}, \\ \sigma_{12} &= -65,4 \text{ МПа} \end{aligned} \quad (5.93)$$

Меридіональні напружини в перерізі товщиною S_0 кінчної втулки приварного встик фланця при затягненні фланцевого з'єднання σ_{21} і σ_{22} , МПа, визначають за формулами

– на зовнішній поверхні втулок

$$\sigma_{21} = f \cdot \sigma_{\xi} = 1,5 \cdot 65,4 = 98,1 \text{ МПа} \quad (5.94)$$

– на внутрішній поверхні втулки

$$\sigma_{22} = -f \cdot \sigma_{\varepsilon} = 1,5 \cdot (-65,4) = -98,1 \text{ МПа} \quad (5.95)$$

Прирошення меридіональних напружин в перерізі товщиною S_1 конічної втулки приварного встик фланця в робочих умовах $\Delta\sigma_{11}$ і $\Delta\sigma_{12}$, МПа, визначають за формулами:

– на зовнішній поверхні втулки

$$\Delta\sigma_{11} = \Delta\sigma_i + \Delta\sigma_{\varepsilon}; \quad (5.96)$$

$$\Delta\sigma_{11} = 17,4 + (-2,8) = 14,6 \text{ МПа}$$

– на внутрішній поверхні втулки

$$\Delta\sigma_{12} = \Delta\sigma_i - \Delta\sigma_{\varepsilon}, \quad (5.97)$$

$$\Delta\sigma_{12} = 17,4 - (-2,8) = 20,2 \text{ МПа}$$

де $\Delta\sigma_i$ – прирощення напружини, яка виникає в меридіональному напрямку в перерізі товщиною S_1 конічної втулки від дії зовнішніх навантажень в робочих умовах, МПа;

$\Delta\sigma_{\varepsilon}$ – прирощення напружини, яка виникає в меридіональному напрямку в перерізі товщиною S_1 конічної втулки від зміни згинального моменту в робочих умовах, МПа.

$$\Delta\sigma_i = \frac{Q_{\dot{a}} + 4 M/D_{cn} + F}{\pi \cdot D \cdot (S_1 - C)}; \quad (5.98)$$

$$\Delta\sigma_i = \frac{766121 + 4 \cdot 0/543 + 0}{3,14 \cdot 500 \cdot (30 - 2)} = 17,4 \text{ МПа}$$

$$\Delta\sigma_{\varepsilon} = \frac{T \cdot \omega \cdot \Delta M_{01}}{D * (S_1 - C)^2} \quad (5.99)$$

$$\Delta\sigma_{\varepsilon} = \frac{1,75 \cdot 0,25 \cdot (-0,26) \cdot 10^7}{512 \cdot (30 - 2)^2} = -2,8 \text{ МПа}$$

Прирощення меридіональних напружин у перерізі товщиною S_0 конічної втулки приварного встик фланця в робочих умовах $\Delta\sigma_{21}$ і $\Delta\sigma_{22}$, МПа, визначають за формулами

– на зовнішній поверхні втулки

$$\Delta\sigma_{21} = \Delta\sigma'_i + f \cdot \Delta\sigma_{\varepsilon}; \quad (5.99)$$

$$\Delta\sigma_{21} = 48,8 + 1,5 \cdot (-2,8) = 44,6 \text{ МПа}$$

– на внутрішній поверхні втулки

$$\Delta\sigma_{22} = \Delta\sigma'_i - f \cdot \Delta\sigma_\epsilon, \quad (5.100)$$

$$\Delta\sigma_{22} = 48,8 - 1,5 \cdot (-2,8) = 53,8 \text{ МПа}$$

де $\Delta\sigma'_i$ – прирощення напружини, що виникає в меридіональному напрямку в перерізі товщиною S_0 конічної втулки від дії зовнішніх навантажень в робочих умовах, МПа

$$\Delta\sigma'_i = \frac{Q_{\dot{a}} + 4M/D_{\text{сн}} + F}{\pi \cdot D \cdot (S_0 - C)} \quad (5.101)$$

$$\Delta\sigma'_i = \frac{766121 + 4 \cdot 0/543 + 0}{3,14 \cdot 500 \cdot (12 - 2)} = 48,8 \text{ МПа}$$

Окружні напружини в перерізі товщиною S_1 конічної втулки приварного встик фланця при затягненні фланцевого з'єднання σ_{13} і σ_{14} , МПа, визначають за формулами

– на зовнішній поверхні втулки

$$\sigma_{13} = \frac{E^{20} \cdot h \cdot \theta}{D} + 0,3 \sigma_\epsilon; \quad (5.102)$$

$$\sigma_{13} = \frac{2,0 \cdot 10^5 \cdot 55 \cdot 5 \cdot 10^{-3}}{500} + 0,3 \cdot 65,4 = 129,6 \text{ МПа}$$

– на внутрішній поверхні втулки

$$\sigma_{14} = \frac{E^{20} \cdot h \cdot \theta}{D} - 0,3 \sigma_\epsilon \quad (5.103)$$

$$\sigma_{14} = \frac{2,0 \cdot 10^5 \cdot 55 \cdot 5 \cdot 10^{-3}}{500} - 0,3 \cdot 65,41 = 90,4 \text{ МПа}$$

Окружні напружини в перерізі товщиною S_0 конічної втулки приварного встик фланця при затягненні фланцевого з'єднання σ_{23} і σ_{24} , МПа, визначають за формулами

– на зовнішній поверхні втулки

$$\sigma_{23} = 0,3 f \cdot \sigma_\epsilon; \quad (5.104)$$

$$\sigma_{23} = 0,3 \cdot 1,5 \cdot 65,4 = 29,4 \text{ МПа}$$

– на внутрішній поверхні втулки

$$\sigma_{24} = -0,3 f \cdot \sigma_\epsilon \quad (5.105)$$

$$\sigma_{24} = -0,3 \cdot 1,5 \cdot 65,4 = -29,4 \text{ МПа}$$

Прирощення окружних напружин в перерізі товщиною S_1 конічної втулки приварного встик фланця в робочих умовах $\Delta\sigma_{13}$ і $\Delta\sigma_{14}$, МПа, визначають за формулами

– на зовнішній поверхні втулки

$$\Delta\sigma_{13} = \frac{E \cdot h \cdot \Delta\theta}{D} + \frac{P \cdot D}{D_\zeta - D} + 0,3 \Delta\sigma_\varepsilon ; \quad (5.106)$$

$$\Delta\sigma_{13} = \frac{1,91 \cdot 10^5 \cdot 55 \cdot (-0,28) \cdot 10^{-3}}{500} + \frac{3,31 \cdot 500}{695 - 500} + 0,3 \cdot (-2,8) = 1,8 \text{ МПа}$$

– на внутрішній поверхні втулки

$$\Delta\sigma_{14} = \frac{E \cdot h \cdot \Delta\theta}{D} + \frac{P \cdot D}{D_\zeta - D} - 0,3 \Delta\sigma_\varepsilon \quad (5.107)$$

$$\Delta\sigma_{14} = \frac{1,91 \cdot 10^5 \cdot 55 \cdot (-0,28) \cdot 10^{-3}}{500} + \frac{3,31 \cdot 500}{695 - 500} - 0,3 \cdot (-2,8) = 3,5 \text{ МПа}$$

Прирощення окружних напружин в перерізі товщиною S_0 конічної втулки приварного встик фланця в робочих умовах $\Delta\sigma_{23}$ і $\Delta\sigma_{24}$, МПа, визначають за формулами:

– на зовнішній поверхні втулки

$$\Delta\sigma_{23} = \frac{P \cdot D}{2(S_0 - C)} + 0,3 f \cdot \Delta\sigma_\varepsilon ; \quad (5.108)$$

$$\Delta\sigma_{23} = \frac{3,31 \cdot 500}{2(12 - 2)} + 0,3 \cdot 1,5 \cdot (-2,8) = 81,5 \text{ МПа}$$

– на внутрішній поверхні втулки

$$\Delta\sigma_{24} = \frac{P \cdot D}{2(S_0 - C)} - 0,3 f \cdot \Delta\sigma_\varepsilon \quad (5.109)$$

$$\Delta\sigma_{24} = \frac{3,31 \cdot 500}{2(12 - 2)} - 0,3 \cdot 1,5 \cdot (-2,8) = 84,0 \text{ МПа}$$

Умова статичної міцності приварних встик фланців у перерізі товщиною S_1 :

– при затягненні з'єднання

$$\sigma_{S1} = \max \left\{ \frac{\sqrt{\sigma_{11}^2 + \sigma_{13}^2 - \sigma_{11} \cdot \sigma_{13}}}{\sqrt{\sigma_{12}^2 + \sigma_{14}^2 - \sigma_{12} \cdot \sigma_{14}}} \right\} \leq [\sigma]_{S1}^{20} ; \quad (5.110)$$

$$\sigma_{S_1} = \max \left\{ \frac{\sqrt{65,4^2 + 129,6^2 - 65,4 \cdot 129,6}}{\sqrt{(-65,4)^2 + 90,4^2 - (-65,4) \cdot 90,4}} \right\} = \max\{112,2; 135,5\} = 135,5 \text{ МПа}$$

Умова $135,5 \text{ МПа} < [\sigma]_{S_1} = 232,5 \text{ МПа}$ - виконуються

– в робочих умовах

$$\sigma_{S_1} = \max \left\{ \frac{\sqrt{(\sigma_{11}^p)^2 + (\sigma_{13}^p)^2 - \sigma_{11}^p \cdot \sigma_{13}^p}}{\sqrt{(\sigma_{12}^p)^2 + (\sigma_{14}^p)^2 - \sigma_{12}^p \cdot \sigma_{14}^p}} \right\} \leq [\sigma]_{S_1}, \quad (5.111)$$

σ_{11}^δ – меридіональна напружина в перерізі товщиною S_1 на зовнішній поверхні конічної втулки приварного встик фланця в робочих умовах, МПа;

σ_{12}^δ – меридіональна напружина в перерізі товщиною S_1 на внутрішній поверхні конічної втулки приварного встик фланця в робочих умовах, МПа;

σ_{13}^δ – окружна напружина в перерізі товщиною S_1 на зовнішній поверхні конічної втулки приварного встик фланця в робочих умовах, МПа;

σ_{14}^δ – окружна напружина в перерізі товщиною S_1 на внутрішній поверхні конічної втулки приварного встик фланця в робочих умовах, МПа;

$[\sigma]_{S_1}$ – допустима напружина для матеріала приварного встик фланця в перерізі товщиною S_1 в робочих умовах (при розрахунковій температурі), МПа

$$\sigma_{S_1} = \max \left\{ \frac{\sqrt{80^2 + 131,4^2 - 80 \cdot 131,4}}{\sqrt{(-45,2)^2 + 93,9^2 - (-45,2) \cdot 93,9}} \right\} = \max\{114,7; 80,8\} = 114,7 \text{ МПа}$$

Умова $114,7 \text{ МПа} < [\sigma]_{S_1} = 222,3 \text{ МПа}$ - виконуються

Меридіональні і окружні напружини в перерізі товщиною S_1 конічної втулки приварного встик фланця в робочих умовах σ_{11}^δ , σ_{12}^δ , σ_{13}^δ , σ_{14}^δ , МПа, визначають за формулами:

$$\sigma_{11}^\delta = \sigma_{11} + \Delta\sigma_{11}; \quad (5.112)$$

$$\sigma_{11}^\delta = 65,4 + 14,6 = 80 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{12}^\delta = \sigma_{12} + \Delta\sigma_{12}; \quad (5.113)$$

$$\sigma_{12}^\delta = -65,4 + 20,2 = -45,2 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{13}^{\delta} = \sigma_{13} + \Delta\sigma_{13}$$

(5.114)

$$\sigma_{13}^{\delta} = 129,6 + 1,8 = 131,4 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{14}^{\delta} = \sigma_{14} + \Delta\sigma_{14} \quad (5.115)$$

$$\sigma_{14}^{\delta} = 90,4 + 3,5 = 93,9 \text{ МПа}$$

Умови статичної міцності приварних встик і плоских приварних фланців у перерізі товщиною S_0 визначають за формулами:

– при зтягненні з'єднання

$$\sigma_{S_0} = \max \left\{ \frac{\sqrt{\sigma_{21}^2 + \sigma_{23}^2 - \sigma_{21} \cdot \sigma_{23}}}{\sqrt{\sigma_{22}^2 + \sigma_{24}^2 - \sigma_{22} \cdot \sigma_{24}}} \right\} \leq [\sigma]_{S_0}^{20}; \quad (5.116)$$

– в робочих умовах

$$\sigma_{S_0} = \max \left\{ \frac{\sqrt{(\sigma_{21}^p)^2 + (\sigma_{23}^p)^2 - \sigma_{21}^p \cdot \sigma_{23}^p}}{\sqrt{(\sigma_{22}^p)^2 + (\sigma_{24}^p)^2 - \sigma_{22}^p \cdot \sigma_{24}^p}} \right\} \leq [\sigma]_{S_0}, \quad (5.117)$$

де σ_{21}^{δ} – меридіональна напружина в перерізі товщиною S_0 на зовнішній поверхні конічної втулки приварного встик і циліндричної втулки плоского приварного фланця в робочих умовах, МПа;
 σ_{22}^{δ} – меридіональна напружина в перерізі товщиною S_0 на внутрішній поверхні конічної втулки приварного встик і циліндричної втулки плоского приварного фланця в робочих умовах, МПа;
 σ_{23}^{δ} – окружна напружина в перерізі товщиною S_0 на зовнішній поверхні конічної втулки приварного встик і циліндричної втулки плоского приварного фланця в робочих умовах, МПа;
 σ_{24}^{δ} – окружна напружина в перерізі товщиною S_0 на внутрішній поверхні конічної втулки приварного встик і циліндричної втулки плоского приварного фланця в робочих умовах, МПа;
 $[\sigma]_{S_0}$ – допустима напружина для матеріалу приварного встик фланця в перерізі товщиною S_0 конічної втулки і циліндричної втулки плоского приварного фланця в робочих умовах (при розрахунковій температурі), МПа.

– при зтягненні з'єднання

$$\sigma_{s0} = \max \left\{ \frac{\sqrt{98,1^2 + 29,4^2 - 98,1 \cdot 29,4}}{\sqrt{(-98,1)^2 + (-29,4)^2 - (-98,1) \cdot (-29,4)}} \right\} = \max\{87,2; 87,2\} = 87,2 \text{ МПа}$$

Умова $87,2 \text{ МПа} < [\sigma]_{s0} = 537 \text{ МПа}$ - виконуються

– в робочих умовах

$$\sigma_{s0} = \max \left\{ \frac{\sqrt{142,7^2 + 110,9^2 - 142,7 \cdot 110,9}}{\sqrt{(-45,1)^2 + 54,6^2 - (-45,1) \cdot 54,6}} \right\} = \max\{129,6; 50,5\} = 129,6 \text{ МПа}$$

Умова $129,6 \text{ МПа} < [\sigma]_{s0} = 518 \text{ МПа}$ - виконуються

Меридіональні і окружні напружини в перерізі товщиною S_0 конічної втулки приварного встик і циліндричної втулки плоского приварного фланця в робочих умовах σ_{21}^{δ} , σ_{22}^{δ} , σ_{23}^{δ} , σ_{24}^{δ} , МПа, визначають за формулами

$$\sigma_{21}^{\delta} = \sigma_{21} + \Delta\sigma_{21}; \quad (5.118)$$

$$\sigma_{21}^{\delta} = 98,1 + 44,6 = 142,7 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{22}^{\delta} = \sigma_{22} + \Delta\sigma_{22}; \quad (5.119)$$

$$\sigma_{22}^{\delta} = -98,1 + 53 = -45,1 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{23}^{\delta} = \sigma_{23} + \Delta\sigma_{23}; \quad (5.120)$$

$$\sigma_{23}^{\delta} = 29,4 + 81,5 = 110,9 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{24}^{\delta} = \sigma_{24} + \Delta\sigma_{24} \quad (5.121)$$

$$\sigma_{24}^{\delta} = -29,4 + 84 = 54,6 \text{ МПа}$$

5.3.7 Умова жорсткості фланцевого з'єднання:

$$\theta + \Delta\theta \leq [\theta] \quad (5.122)$$

$$6,5 \cdot 10^{-3} + (-0,26) \cdot 10^{-3} = 0,00624 \text{ рад} < 0,009 \text{ рад} - \text{виконується}$$

де $[\theta] = 0,009 \text{ рад}$ – допустимий кут повороту для плоских приварних фланців в робочих умовах при діаметрі $D \leq 2000 \text{ мм}$

5.3.8 Розрахунок кришки люка

Розрахункову товщину плоских круглих кришок з додатковим краєвим моментом, навантажених внутрішнім надлишковим тиском визначаємо за формулою

$$S_{1p} = K_0 \cdot K_\sigma \cdot D_p \cdot \sqrt{\frac{P}{\varphi \cdot [\sigma]}}$$

(5.123)

де K_0 – коефіцієнт ослаблення; $K_0 = 1$ – для кришок без отворів;
 K_σ – безрозмірний коефіцієнт
 D_p – розрахунковий діаметр кришки, дорівнює середньому діаметру прокладки $D_{\text{нi}}$

$$K_\sigma = 0,41 \cdot \sqrt{\frac{1 + 3 \cdot \psi \cdot \left(\frac{D_{\text{a}}}{D_{\text{нi}}} - 1 \right)}{\frac{D_{\text{a}}}{D_{\text{нi}}}}}, \quad (5.124)$$

де ψ – безрозмірний коефіцієнт;
 D_{a} – діаметр болтового кола

Значення коефіцієнта ψ визначаємо по формулі:

$$\psi = \max \left\{ \begin{array}{l} 1 + \frac{F_i}{F_Q} \\ \frac{F_{\text{aи}}}{F_Q} \end{array} \right\}, \quad (5.125)$$

де F_i – реакція прокладки;
 $F_{\text{aи}}$ – болтове навантаження в умовах монтажу;
 F_Q – рівнодіюча внутрішнього тиску

$$F_i = R_i = 256785 \text{ Ї}$$

$$F_{\text{aи}} = D_{\text{a}} = 1306371 \text{ Ї}$$

$$F_Q = Q_{\text{a}} = 766121 \text{ Ї}$$

$$\psi = \max \left\{ \begin{array}{l} 1 + 256785/766121 \\ 1306371/766121 \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 1,34 \\ 1,71 \end{array} \right\} = 1,71$$

$$K_\sigma = 0,41 \cdot \sqrt{\frac{1 + 3 \cdot 1,71 \cdot \left(\frac{635}{543} - 1 \right)}{\frac{635}{543}}} = 0,46$$

$$S_{1p} = 1 \cdot 0,46 \cdot 543 \cdot \sqrt{\frac{3,31}{1 \cdot 147}} = 37,5 \text{ и}$$

Виконавчу товщину кришки, мм, визначаємо за формулою

$$S_1 \geq S_{1p} + C \quad (5.126)$$

$$S_1 \geq 37,5 + 2,8 = 40,3 \text{ и}$$

Приймаємо

$$S_1 = 50 \text{ ì}$$

Товщину плоскої кришки в місці ущільнення S_2 відповідно до рисунку 5.3 визначаємо за формулою

$$S_2 \geq \max \left\{ K_7 \cdot \sqrt{\hat{O}}; 0,6 \cdot \hat{O} / D_{\text{нр}} \right\} + C \quad (5.127)$$

$$\hat{O} = \max \left\{ F_{\text{ао}} / [\sigma]_{\text{ао}}; F_{\text{аі}} / [\sigma]_{\text{аі}} \right\} \quad (5.128)$$

$$\hat{E}_7 = 0,8 \cdot \sqrt{\left(\frac{D_{\text{а}}}{D_{\text{нр}}} \right) - 1} \quad (5.129)$$

$$\hat{E}_7 = 0,8 \cdot \sqrt{\left(\frac{635}{543} \right) - 1} = 0,33$$

Болтове навантаження в робочих умовах

$$F_{\text{ор}} = P_{\text{о1}} + \Delta P_{\text{о}},$$

$$F_{\text{ор}} = 1306371 + (-197102) = 1109269 \text{ Í}$$

Допустима напружина для матеріалу кришки в робочих умовах

$$[\sigma]_{\text{ор}} = [\sigma] = 147 \text{ Ìà}$$

Болтове навантаження в умовах монтажу

$$F_{\text{ом}} = D_{\text{а}} = 1306371 \text{ Í}$$

Допустима напружина для матеріалу кришки в умовах монтажу

$$[\sigma]_{\text{ом}} = [\sigma]_{20} = 155 \text{ Ìà}$$

$$\hat{O} = \max \{ 1109269 / 147; 1306371 / 155 \} = \max \{ 7546; 8428 \} = 8428$$

$$S_2 \geq \max \left\{ 0,33 \cdot \sqrt{8428}; 0,6 \cdot 8428 / 543 \right\} + 2 = \max \{ 30,3; 9,3 \} + 2,8 = 31,3 \text{ ì}$$

Приймаємо

$$S_2 = 47 \text{ ì}$$

Товщину краю плоскої круглї кришки поза зоною ущільнення S_3 визначаємо за формулою

$$S_3 \geq \max \left\{ K_7 \cdot \sqrt{\hat{O}}; 0,6 \cdot \hat{O} / D_2 \right\} + C \quad (5.130)$$

$$S_3 \geq \max \left\{ 0,33 \cdot \sqrt{8428}; 0,6 \cdot 8428 / 490 \right\} + 2 = \max \{ 30,3; 10,3 \} + 2,8 = 33,1 \text{ ì}$$

Приймаємо

$$S_3 = 41 \text{ ì}$$

Допустимий тиск для плоскої круглої кришки з додатковим краєвим моментом визначають за формулою

$$[P_1] = \left(\frac{S_1 - C}{K_0 \cdot K_\sigma \cdot D_p} \right)^2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi \quad (5.131)$$

$$[D_1] = \left(\frac{50 - 2,8}{1 \cdot 0,46 \cdot 543} \right)^2 \cdot 147 \cdot 1 = 5,2 \text{ Ї} \grave{\text{a}}$$

Умова $D_1 = 3,31 \text{ Ї} \grave{\text{a}} < [P_1] = 5,2 \text{ Ї} \grave{\text{a}}$ - виконується

5.4 Вибір опори

Вихідні данні:

Внутрішній діаметр апарата D , мм	3800
Маса апарата, кг:	
– в робочих умовах m_1	343800
– в умовах випробувань m_2	420000
– в умовах монтажу без ізоляції і внутрішніх пристроїв m_4	149080

Визначаємо вагу апарата:

– в робочих умовах

$$G_1 = m_1 \cdot g = 343800 \cdot 9,81 = 337,3 \cdot 10^4 \text{ Н}; \quad (5.132)$$

– в умовах гідравлічних випробувань

$$G_2 = m_2 \cdot g = 420000 \cdot 9,81 = 412,02 \cdot 10^4 \text{ Н}; \quad (5.133)$$

– в умовах монтажу без ізоляції та внутрішніх пристроїв

$$G_4 = m_4 \cdot g = 149080 \cdot 9,81 = 146,25 \cdot 10^4 \text{ Н} \quad (5.134)$$

Осьове стискальне зусилля в перерізі підшви складає:

– в робочих умовах

$$F_{1\grave{\text{a}}} = G_1 = 337,3 \cdot 10^4 \text{ Н}; \quad (5.135)$$

– в умовах випробувань

$$F_{2\grave{\text{a}}} = G_2 = 412,02 \cdot 10^4 \text{ Н}; \quad (6.136)$$

– в умовах монтажу без ізоляції та внутрішніх пристроїв

$$F_{4\bar{a}} = G_4 = 146,25 \cdot 10^4 \text{ Н} \quad (5.137)$$

Максимальне зведене навантаження визначаємо за формулою

$$Q_{\max} = \max \left\{ \frac{4M_{1\bar{a}}}{D} + F_{1\bar{a}}; \frac{4M_{2\bar{a}}}{D} + F_{2\bar{a}} \right\} \quad (5.138)$$

$$\begin{aligned} Q_{\max} &= \max \left\{ \frac{4 \cdot 0}{3800} + 337,3 \cdot 10^4; \frac{4 \cdot 0}{3800} + 412,02 \cdot 10^4 \right\} = \\ &= \max \{ 337,3 \cdot 10^4; 412,02 \cdot 10^4 \} = 412,02 \cdot 10^4 \text{ Н} \end{aligned}$$

Мінімальне зведене навантаження визначаємо за формулою

$$Q_{\min} = \frac{4M_{3\bar{a}}}{D} - F_{4\bar{a}} \quad (5.139)$$

$$Q_{\min} = \frac{4M_{3\bar{a}}}{D} - F_{4\bar{a}} = \frac{4 \cdot 0}{3800} - 146,25 \cdot 10^4 = 146,25 \cdot 10^4 \text{ Н}$$

По зведеним навантаженням Q_{\max} і Q_{\min} вибираємо опору [14].

Для апарата діаметром $D = 3800$ мм на максимальне зведене навантаження

$$Q_{\max} = 412,02 \cdot 10^4 \text{ Н (4,1202 МН)} \text{ і мінімальне зведене навантаження}$$

$$Q_{\min} = 146,25 \cdot 10^4 \text{ Н (1,4625 МН)} \text{ приймаємо циліндричну опору типу 4 з}$$

кільцевим опорним поясом і навантаженнями: $Q_{\max} = 6,3 \text{ Ї}$ і $Q_{\min} = 5,0 \text{ Ї}$

Умовне позначення циліндричної опори з кільцевим опорним поясом для апарата діаметром 3800 мм, із максимальним зведеним навантаженням $Q_{\max} = 6,3 \text{ Ї}$ та мінімальним зведеним навантаженням $Q_{\min} = 5,0 \text{ МН}$, висотою 2250 мм: Опора 4-3800-6,3-5,0-2250 ГСТУ 3-17-193-2000

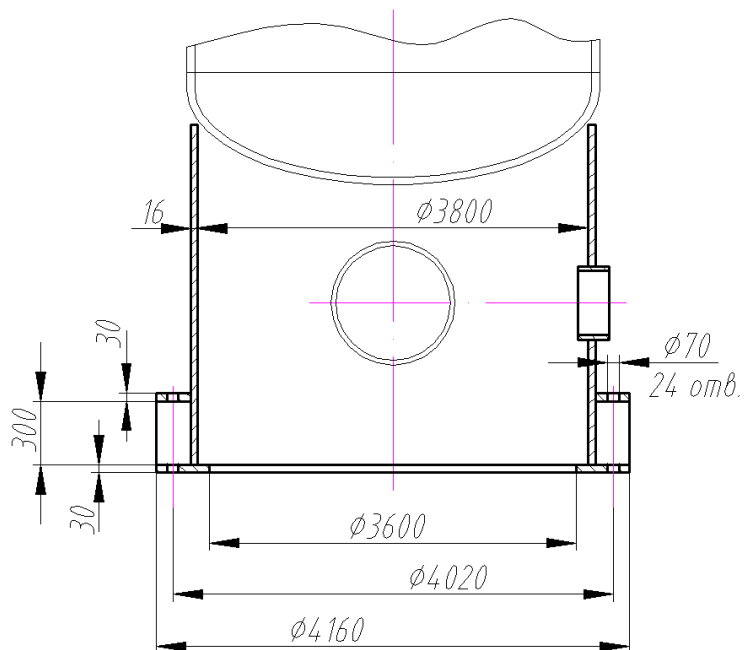


Рисунок 5.4 – Циліндрична опора

6 ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ КОНВЕРТОРА СО ДРУГОГО СТУПЕНЯ

6.1 Вимоги до виготовлення

Якість і основні характеристики матеріалів, що використовуються для виготовлення, повинні бути підтверджені сертифікатами заводів-постачальників матеріалів і задовольняти вимогам діючих стандартів і технічних умов.

Вимоги до виготовлення вузлів і деталей згідно креслення.

Корпус апарату і кріплення термообробити.

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 пристрої для вивіряння, розташовані в плані під кутом 90° по відношенню один до одного, для вивіряння вертикальності при монтажі.

Строповку апарату проводити згідно кресленню.

На всіх складальних одиницях повинні бути передбачені пристрої для строповки і вказані місця строповки при навантажувально-розвантажувальних роботах і установка в проектне положення на місці монтажу. Місця строповки і положення центру мас вказані на кресленні загального вигляду. [18]

6.2 Різання металу і обробка кромки

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

Повздовжнє й 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 скосу й величини притуплення. Для контролю застосовують спеціальні шаблони.

6.3 Виготовлення корпусу апарата

6.3.1 Виготовлення обичайок

Одним з методів виготовлення обичайок є технологія тимчасової деформації, т. є. згортання (рулонування) плоских полотнищ. Суть цього способу полягає в наступному. З декількох листів металу зварюванням виготовляють полотнище довжиною, рівною розгортці обичайки. Ширина полотнища обмежується довжиною валків гибочного устаткування.

Габаритні розміри листа мають бути такими, щоб після розмітки розгортки обичайки з необхідними припусками на обробку відходи металу були мінімальними.

Механічне прямолінійне і криволінійне різання листів товщиною до 8 мм проводять роликівими ножицями з двома дисковими ножами. Прямолінійне різання листів більшої товщини проводять на ножицях гільйотин або на пресножицях.

Подовжні і кільцеві кромки обичайок, призначені для накладення зварного шва, обробляють для отримання поверхні необхідного профілю і чистоти. Обробка кромки здійснюється механічним або вогневим способом.

Виготовлення обичайок проводиться на спеціальних листогибочних машинах. Найчастіше на виробництві використовуються такі верстати:

- тривалкові верстати мають три циліндри, які розташовані у вигляді трикутника. Лист металу проходить між ними і набуває необхідної форми;
- чотиривалкові верстати забезпечують підгибку листа, що дозволяє зробити мінімальними прямі ділянки на кінцях листа. Такі машини є найбільш затребуваними на виробництвах, з їх допомогою можна вирішувати різні завдання.

Ручне гнуття металу не застосовується при виготовленні обичайок. Забезпечити рівномірне розтягування заготівлі можуть тільки спеціальні верстати. В результаті виходить виріб з ідеально рівною поверхнею, без тріщин і щербин.

Машини, на яких здійснюється вальцювання металу, можуть бути ручними або мати електропривід. На електричному устаткуванні працювати легше, а використання станків з ЧПУ дозволяє не лише виробляти циліндричну гибку металу, але і виготовляти складніші вироби, що мають змінний радіус.

Перед тим, як приступити до безпосередньо плющення металевого листа, устаткування вимагається настроїти. Вальцювальній машині задається радіус вальцювання і інші параметри. Увесь процес складається з декількох основних етапів:

- установка заготівлі і закріплення її в нерухомому стані;
- здійснення захоплення вальцями заготівлі;
- прокат заготівлі для рівномірної її деформації.

Виконане за цією технологією вальцювання листового металу, дозволяє здійснювати необхідну деформацію металу із збереженням механічної міцності.

Вальцювання металу є найбільш важливим етапом з тих, що входять у виробництво обичайок. Але процес також вимагає проведення інших робіт. Після того, як буде здійснено гнуття металу, проводять зварювання подовжніх швів. Готові обичайки проходять контроль. [18]

6.3.2 Виготовлення днищ

Розміри та форма днищ повинні відповідати ГОСТ 6533-78. Виготовлення еліптичного днища виконується згідно технічних умов на виготовлення та поставку днищ, які викладені в стандартах на днища. Днища виготовляють:

- штампуванням на пресах;
- методом обкатування роликками;
- електрогідравлічним штампуванням;
- електромагнітним штампуванням.

Кругові шви еліптичних днищ, виготовлених з штампованих пелюсток і кульового сегменту, повинні розташовуватися від центру днища на відстані по проекції не більше $1/3$ внутрішнього діаметру днища.

Найменша відстань між меридіональними швами в місці їх примикання до кульового сегменту або штуцера, встановленого у центрі днища замість кульового сегменту, а також між меридіональними швами і швом на кульовому сегменті повинна бути більше триразової товщини днища, але не менше 100 мм по осях швів. Днища зі штампованих елементів зварюють стиковими швами із двостороннім проваром.

Формовку днища методом штампування на пресах проводять у наступному порядку. Заготівля за допомогою транспортера подається в нагрівальну піч для рівномірного нагрівання до необхідної температури. Температурний інтервал штампування 850-950°C. Нагріта заготівля витягується з печі спеціальними захватами і подається на транспортер, яким переміщується до штампу, що розташований під пресом. Штамп складається із циліндричного пуансону з еліпсоїдною торцевою поверхнею. Пуансон, рухаючись униз під час штампування тягне заготівлю через матрицю.

Далі заготівлю встановлюють на протяжне кільце і штампують, зазвичай, за одну операцію. Заготівля знімається при ході пуансона нагору. Завершальна операція передбачає обробку торця, термообробку, очищення, контроль і таврування.

6.3.3 Вирізка отворів

Для установки на теплообміннику штуцерів, бобишок і гільз, в готових зварних обичайках вирізають отвори по розмітці, виконаній на розгортці обичайки. Отвори невеликого діаметру виконують на повний діаметр свердлом або фрезою. Отвори великих діаметрів розсвердлюють з попереднім центруванням малого діаметру (14—16 мм). При неможливості вирізки отворів свердлами і фрезами застосовують пристосування із закріпленим в ньому двох різців, встановлених на відстані, рівному діаметру отвору один від одного.

Великі отвори в листах вирізають газовим або плазмено-дуговим різанням з наступним очищенням кромок абразивним кругом.

Після свердління і обробки отвір в обичайці очищають від задирок із зовнішньої і внутрішньої сторін за допомогою пневматичних шліфувально-зачистних інструментів.

6.3.4 Зварювання апарата

Елементи конвертора зварюють, як правило, електродуговою зваркою (ручною, напівавтоматичною, автоматичною під флюсом, електрошлаковою, аргонодуговою).

Типи зварних швів, зварювальні матеріали (електроди, присадочні матеріали, флюси, захисні гази) і режими зварювання регламентуються стандартами і вибираються при проектуванні апарата і розробці технологічного процесу його виготовлення залежно від марки сталі, з якої виготовляється апарат, товщини зварюваних елементів, місць розташування зварних швів і умов роботи апарата. Зварювальні роботи проводяться на спеціально відведених майданчиках, що мають зварювальне і допоміжне устаткування і зварювальників високої кваліфікації.

Якість зварних швів безпосередньо впливає на надійність апарата і на безпеку його експлуатації. Згідно з "Правилами" зварні шви посудин, що працюють під тиском, піддаються зовнішньому огляду і вимірюванню, механічним випробуванням на контрольних зразках, вирізаних із зварних з'єднань, просвічуванню гамма променями, ультразвуком, дослідженню макро- і мікроструктури і гідравлічним випробуванням. Результати випробувань заносяться в паспорт апарата.

Зовнішньому огляду і вимірюванню піддають усі зварні шви. При зовнішньому огляді звертають увагу на тріщини в шві і в околшовній зоні, які можуть з'явитися із-за нерівномірної усадки металу шва при його твердінні. У зварному шві не повинно бути напливів, подрізів і пористості, а також відступів від форми і розмірів, заданих в кресленні.

Механічним випробуванням піддають зразки, вирізані при зварюванні листів з контрольних пластин, а при зварюванні труб - з контрольних стиків. Механічні випробування включають випробування на розтягування, на вигин або сплюснення, а в деяких випадках - на ударну в'язкість. Результати випробувань вважаються незадовільними, якщо показники властивостей хоч одного із зразків виходять більш ніж на 10 % за межі, що допускаються.

Металографічні дослідження проводять у випадках, коли апарат призначений для роботи при температурі вище 450°C або при тиску більше 5 МПа. Їх проводять також в тих випадках, коли апарат виготовляється з легованої сталі, схильної до підгартування. В процесі металографічного дослідження виявляють макро- і мікроскопічні дефекти зварного шва: непровари, тріщини, пори і шлакові включення, а також визначають макро- і мікроструктуру металу шва і зони термічного впливу зварювання. Зразок для металографічного дослідження вирізають з контрольної пластини або з контрольного стику упоперек вісі шва. Якщо металографічне дослідження дало незадовільні результати, апарат до експлуатації не допускається.

Контроль рентгено- або гама-просвічуванням повинні проходити зварні шви усіх апаратів, що працюють під тиском. Залежно від тиску, під яким буде працювати апарат, і температури робочого середовища "Правила" встановлюють відсоток довжини зварних швів, що підлягають просвічуванню. Довжина ділянок швів, що підлягають просвічуванню, коливається в межах від 10 до 100% повної довжини шва. Невеликі тріщини і непровари просвічуванням не виявляються, тому для їх виявлення краще перевіряти шов ультразвуком.

Усі дефекти зварних швів, що виходять за допустимі межі, вирубують, а місця вирубування заварюють. Після заварки дефектних місць зварний шов повторно просвічують, або піддають контролю за допомогою проникаючих рідин або магнітопорошковим методом.

6.4 Збирання апарата

Збирання апарата повинно проводитись відповідно до вимог складальних креслень, технологічних процесів на збирання.

Технологічний процес збирання і зварювання апарата складається з наступних технологічних операцій:

1. Збирання і зварювання секцій корпусу;
2. Збирання корпусу конвертора СО другого ступеня;
3. Розмітка корпусу;
4. Установка деталей і складальних одиниць й інших внутрішніх елементів, що приварюють до корпусу;
5. Збирання нижнього днища і корпусу вертикальної опори;
6. Контроль положення внутрішніх деталей конвертора СО другого ступеня, що приварюють, і їхніх зварювань із корпусом;
7. Установка і приварка штуцерів, люків до корпусу конвертора СО другого ступеня;
8. Установка знімних деталей і складальних одиниць внутрішніх елементів конвертора.

Збирання корпусу із днищами та опорою

Перед установкою днищ у корпусі конвертора СО другого ступеня повинні бути встановлені від'ємні деталі. Верхнє та нижнє днища надходять на збирання зібрані, зварені і оброблені відповідно до креслення.

Після установки та приварки днищ із корпусу виділяються калібровані і бандажні кільця. Підкладні обичайки зберігаються звичайно для забезпечення збирання і зварювання стиків на монтажі і видаляються тільки перед заключним гідровипробуванням конвертора.

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 з діючими будівельними нормами й правилами на підставі проекту провадження робіт.

До початку монтажних робіт повинні бути виконані наступні підготовчі роботи:

1. Затверджено і передані монтажній організації проектно-кошторисна документація і проект робіт;
2. Підготовлені склади і площадки для складання устаткування, трубопроводів, металоконструкцій;
3. Споруджено постійні й тимчасові під'їзні колії для подачі устаткування в монтажну зону й пересування кранів; підготовлені тимчасові інвентарні, санітарно-побутові й виробничі будівлі необхідні для виконання робіт;
4. Прокладено магістральні й розводящі мережі й установлені пристрої, що підключають, для подачі електроенергії, води, пари, стисненого повітря, горючих газів, інертних газів і т. і;
5. Змонтовано освітлення в зоні монтажу;
6. Доставлено устаткування, трубопроводи, металоконструкції й матеріали;
7. Виконано необхідні будівельні роботи, зроблені монтажні прорізи, посилені при необхідності будівельні конструкції.

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 та експлуатації

До монтажу необхідно:

- 1) зробити розпакування апарата, перевірити комплектність поставки відповідно до відомості впакування;
- 2) очистити апарат, видалити консерваційне змащення.

Вимоги до 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 пожегобезпечній 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 вивіряння, 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 теплоізолювати (при необхідності);
11. Робочий режим роботи конвертора СО другого ступеня забезпечують, спостерігаючи за показаннями термометрів та манометрів

При підготовці апарата до роботи провести зовнішній огляд апарата й апаратури керування.

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 роз'єднаннях, 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. [15]

Конвертор СО другого ступеня готують до ремонту в такий спосіб. Доводять тиск у конверторі до атмосферного, з апарату видаляють робоче середовище, після чого його пропарюють водяною парою, що витісняє пари, що залишилися в конверторі, і газу. Після пропарювання конвертор промивають водою. У деяких випадках пропарювання й промивання чергують кілька разів.

Підготовленість устаткування підтверджується в наряді-допуску, що видається ремонтній бригаді.

Після закінчення провітрювання варто зробити аналіз повітря, узятим з різних по висоті конвертора місць. До робіт усередині конвертора дозволяється приступати тільки тоді, коли аналіз покаже, що концентрація шкідливих газів і пари не перевищує гранично припустимих санітарних норм.

7.3 Розбирання апарата, виявлення і 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 конвертора 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.

Перевірку, регулювання й ремонт всіх контрольно-вимірювальних приладів й автоматичних пристосувань необхідно робити відповідно до «Правил організації й перевірки вимірювальних приладів і контролю за станом вимірювальної техніки з дотриманням стандартів і технічних умов», затвердженими комітетом стандартів, мір і вимірювальних приладів.

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 кромки швів у стикових з'єднаннях не повинен перевищувати 10% більш 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'єднуються, 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 -20°C .

При ремонті корпусів використовують ручне електродугове зварювання, крім того може бути використане автоматичне й напівавтоматичне зварювання. Зварні шви, що виконуються при ремонті, повинні забезпечувати необхідну міцність і бути доступними для контролю. Їх розташовують поза опорою корпуса. Перетинання зварних швів, що проводяться ручним електродуговим зварюванням не допускається.

Ушкоджену обичайку заміняють цілою або полистно. При заміні цілої проміжної обичайки використовують вантажопідйомні механізми. Вони утримують 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 листовій заміні використовують листи, завальцьовані по радіусу, рівному радіусу корпуса.

Дефектні днища при неможливості їхнього ремонту на місці заміняють новими. [19]

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 підпривання у зварних швах, видимих залишкових деформацій після випробування.

8 ОХОРОНА ПРАЦІ

8.1 Небезпечні і шкідливі виробничі фактори на виробництві

Фізичні небезпечні і шкідливі виробничі фактори у виробництві аміаку характеризуються:

- наявністю газів, які в суміші з киснем повітря утворюють вибухонебезпечні концентрації (природний газ, конвертований газ, водень, азотоводнева суміш, аміак);
- наявністю горючих речовин і матеріалів (природний газ, конвертований газ, водень, азотоводнева суміш, аміак, масло і промаслені матеріали, електроустаткування);
- можливістю влучення на тіло людини високотемпературних середовищ (гарячий газ, гаряча вода, пара);
- можливістю поразки електричним струмом (при наявності ушкоджень на електроустаткуванні й електропроводці і у результаті недотримання правил електробезпеки);
- наявністю механізмів, що обертаються і рухаються, що може викликати травматизм; експлуатацією устаткування під тиском, виконання робіт на висоті, у приямках, колодязях, колекторах, закритих судинах;
- підвищеним рівнем шуму на робочому місці.

По характеру впливу на організм людини ці фактори проявляються як можливість отримання механічних травм, опіків, поразки електричним струмом.

Хімічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори у виробництві аміаку характеризуються:

- можливістю влучення на тіло людини хімікатів (рідкий аміак, аміачна вода, їдкий калій, діетаноламін, гідрозин-гідрат);
- наявністю токсичних речовин (аміак, оксид вуглецю (II), оксид вуглецю (IV), природний газ, каталізаторний пил) або задушливих (азот, азотоводнева суміш, оксид вуглецю (IV)).

По характеру впливу на організм людини ці фактори проявляються, як загальтоксичні і дратівні, діючі через дихальні шляхи, шкіряний покрив і слизові оболонки.

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. [2]

8.2 Класифікація і категорійність виробництва і його приміщень

На виробництво аміаку поширюються загальні правила безпеки, що діють у промисловості. Класифікація виробництва аміаку по пожежній небезпеці, ПУЕ, ступеню вогнестійкості і санітарній характеристиці наведена в табл. 8.1.

По санітарних нормах (СН 245-71) цех одержання аміаку відноситься до I класу (ширина санітарної захисної зони становить 1000 м).

Таблиця 8.1 - Класифікація і категорійність виробництва і його приміщень

Найменування установок	Категорія пожежної небезпеки виробни-	Ступінь вогнестійкості	Класифікація по ПУЕ		Група шкідливості виробни-
			Клас приміщення	Категорія й група вибухонебез-	

	цтва			печних сумішей	чих процесів
1.Приміщення компресії	A	II	У-ІА	4аТ1	1-б
2. Зовнішні установки					
2.1. Сірководистка	A	II	В-Іг	4аТ1	III-Б
2.2. Конверсія CH_4 і CO	A	II	В-Іг	4аТ1	III-Б
2.3.Моноетаноламінове очищення	A	II	В-Іг	4аТ1	III-Б
2.4. Метанування	A	II	В-Іг	4аТ1	III-Б
2.5.Синтез аміаку	A	II	В-Іг	4аТ1	III-Б
2.6. АХУ, насосна	A	II	В-Іг	4аТ1	III-Б
2.7. Водозворотній цикл	Д	III	не вибухо-небезпечне	не категоруються	не категоруються
2.8. Склад рідкого аміаку	Б	II	В-Іг	4аТ1	III-Б

По ступеню і небезпеці поразки електричним струмом залежно від стану навколишнього середовища (ПУЕ) ставиться до класу “з підвищеною небезпекою”. [2]

8.3 Заходи запобігання шкідливих і небезпечних виробничих факторів

Вентиляція виробничих приміщень

Для запобігання накопиченню в приміщеннях газів у вибухонебезпечних концентраціях або в концентраціях, що перевищують санітарні норми, в нормальних умовах експлуатації передбачена безперервно діюча примусова приточна і природна витяжна вентиляція.

Для оповіщення про порушення в роботі приточних вентиляційних агрегатів передбачена світлова і звукова сигналізація з винесенням на щит в ЦПУ. Передбачена також подача повітря до щитів у компресорів і на ЦПК, у яких найбільш тривалий час знаходиться персонал.

У приміщеннях з виробництвами категорій А, Б, В всі металеві воздуховоди і устаткування приточних і витяжних вентиляційних систем повинні бути заземлені.

Вентиляційні камери, майданчики і інші місця і установки вентиляційного обладнання повинні бути забезпечені електричним освітленням. Майданчики для обслуговування вентиляційних систем, стаціонарні сходи і отвори в перекриттях повинні бути обмежені поручнями заввишки не менш 1 метра. Вентиляційні камери повинні бути обладнані засобами пожежогасіння.

Аварійна вентиляція

Крім приточних систем, що постійно діють, в машинному залі компресії передбачений пристрій аварійної вентиляції з видаленням повітря природним чином -через шахти в крівлі будівлі, що забезпечує восьмикратний повітрообмін.

При аварійній зупинці робочих вентиляторів приточних систем передбачено автоматичне включення електродвигунів резервних вентиляторів.

Заходи боротьби з пилом

Основним джерелом пилу на виробництві аміаку на стадії сіркоочищення природного газу є пил каталізатора, він токсичний, оскільки в його склад входять оксид нікелю (NiO) і оксид алюмінію (Al₂O₃).

Оксид алюмінію викликає катарі верхніх дихальних шляхів, екземи, дерматити; оксид алюмінію надає різку дратівливу дію на слизисті оболонки верхніх дихальних шляхів і шлунково-кишкового тракту; пил оксиду нікелю при попаданні в організм людини викликає захворювання, що протікає по типу інфекційного катару верхніх дихальних шляхів.

Основним напрямом у комплексі заходів щодо боротьби з пилом на виробництві є попередження її утворення й виключення викидів в атмосферу газів, що відходять, для цього передбачено:

- герметизація апаратів;

- заміна порошків таблетками або гранулами.

Оскільки пиловиделенню повністю запобігти неможливо, передбачена витяжна вентиляція.

Засобами захисту від пилу каталізатора є респіратор типу «Пелюстка» (або інші, дозволені до застосування на підприємствах хімічної промисловості), захисні окуляри, рукавички, спецодяг.

Заходи боротьби з шумом і вібраціями

Для захисту від шуму і вібрації застосовують технічні заходи, що дозволяють усунути або понизити шум і вібрацію в джерелі їхнього виникнення (заміною зворотно-поступального руху частин механізму обертальним, застосуванням клиноремінних передач, ретельним статичним і динамічним балансуванням і центруванням частин машин, що рухаються.

Як захід захисту застосовують звукопоглинання і звукоізоляцію. При падінні звукової хвилі на звукобірну поверхню значна частина звукової енергії поглинається в порах матеріалу. Для звукоізоляції (звуковідбивання) слід застосовувати гладкі і непористі матеріали, що добре відбивають звукові коливання. Тому для зниження шуму обгороджують гучні механізми звукоізолюючими кожухами, облицьовують стелю і стіни приміщень звукопоглинальними матеріалами.

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

- амортизація і віброізоляція з допомогою сталевих пружин (ресор) і пружних матеріалів (гума, войлок, деревина, пробка);
- балансування обертових деталей і механізмів;
- застосування динамічних віброгасників;
- заповнення потенційних резонуючих порожнин демпфуючими матеріалами (гума, войлок, асбест);

- зниження рівню шуму, що утворюється при руху газів і повітря в трубопроводах, шляхом збільшення площі поперекового перетину газоходів тощо;

- заміна ударного устаткування безударним.

Основними засобами індивідуального захисту від шуму є заглушки (антифони). Для захисту від вібрації передбачають віброізолююче взуття і рукавички.

Заходи електробезпеки

Експлуатація електроустаткування повинна проводитися відповідно до "Правил безпечної експлуатації електроустановок споживачів" і "Правил устрою електроустановок" (ПУЕ).

Для забезпечення електробезпеки застосовують окремо або в поєднанні наступні технічні засоби: захисне заземлення, занулення, захисне відхилення, вирівнювання потенціалів, мала напруга, ізоляція струмоведучих частин, електричний поділ мереж, огорожувальні пристрої, блокування, попереджувальна сигналізація, знаки безпеки, попереджувальні плакати, електрозахисні засоби.

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.

Пожежобезпека

Загальними заходами щодо забезпечення пожежної безпеки при проведенні технологічних процесів є:

- заміна небезпечних технологічних операцій менш небезпечними;
- ізолюване розташування небезпечних технологічних установок і устаткування (у будинках і на відкритому повітрі);
- зменшення кількості горючих і вибухонебезпечних речовин, що перебувають у виробничих приміщеннях;

- запобігання можливості утворення горючих сумішей в апаратах, газопроводах, вентиляційних системах і ін.;
- механізація, автоматизація й безперервність (потоковість) виробництва; герметизація устаткування, місць з'єднань комунікацій і апаратури й місць завантаження й вивантаження технологічних апаратів;
- строге дотримання стандартів і точне виконання встановленого технологічного режиму;
- продувка водяною парою або інертними газами технологічної апаратури й комунікацій перед зупинкою їх на ремонт або пуском в експлуатацію;
- запобігання можливості появи в небезпечних місцях джерел запалювання;
- запобігання поширення пожеж і вибухів.

Пожежну небезпеку речовин і матеріалів визначають за концентраційними і температурними межами запалення, температурами спалаху й поширення вогню. В умовах хімічного виробництва пожежи можуть відбуватися також у трубопроводах, по яким переміщаються тверді горючі речовини.

Для гасіння пожеж широке застосування знаходять такі речовини, як вода, її пари, а також інші рідини, гази й тверді порошки деяких речовин, що володіють найбільш ефективною вогнегасячою дією.

При виникненні пожежі в діючому цеху обслуговуючий персонал зобов'язаний негайно вжити заходів до ліквідації пожежі. Одночасно слід викликати заводську пожежну бригаду. Для полегшення робіт з ліквідації виниклої пожежі необхідно забезпечити вільний доступ до протипожежного інвентарю. У зв'язку із цим забороняється захарашувати проходу між апаратами, підходи до сходів.

Під'їзд до виробничого будинку повинен бути завжди вільним,

Для гасіння пожежі у всіх відділеннях передбачене розведення протипожежного азоту й протипожежного водопроводу. Передбачається також забезпечення всіх приміщень первинними засобами пожежогасіння (пінними й вуглекислотними вогнегасниками, ящиками з піском). [20]

8.4 Ремонтно-монтажні роботи

Для виключення можливості виникнення вибухів, пожеж, отруєнь, задух, травм, опіків та ін., а також для забезпечення нормальних санітарно-гігієнічних умов праці працюючих необхідно дотримуватися наступних умов:

- не допускати порушення норм технологічного режиму;
- забезпечувати справний стан і безперебійну роботу контрольно-вимірювальних приладів, систем автоматичного регулювання, сигналізації й блокування;
- забезпечувати справний стан устаткування, трубопроводів, запобіжних обладнань і систем протипожежного захисту;
- забезпечувати систематичний контроль над переміщенням трубопроводів і устаткування при зміні температурного режиму їх роботи, а також за ростом залишкових деформацій (повзучістю металу);
- забезпечувати безперебійну роботу систем обігріву апаратів, трубопроводів, засобів КВП і А;
- забезпечувати безперебійну й ефективну роботу систем виробничої вентиляції, безперебійну роботу сигналізації контролю довибухових і гранично-припустимих концентрацій шкідливих речовин у виробничих приміщеннях.
- забезпечувати наявність і справна стан огорожень сходів і майданчиків, що рухаються частин устаткування;
- забезпечувати наявність і справна стан заземлення електроустаткування, апаратів, трубопроводів;
- підтримувати необхідний запас повітря для живлення КВП і А й азоту для продувок;
- зберігати легкозаймісті рідини й матеріали в спеціально відведених місцях і в кількостях, що не перевищують установлені норми;
- дотримуватися правил експлуатації та профілактики машинного устаткування.

Проведення робіт на висоті

Роботи на висоті більш 1,3 м повинні виконуватися із застосуванням приставних сходів, драбин, риштування й лісів, що мають огороження або при обов'язковому застосуванні перевірених і випробуваних запобіжних поясів, якщо робота проводиться з необгороджених поверхонь.

Ліси й підмости допускаються до експлуатації тільки після технічного приймання їх по актах.

Підйом і спуск людей на ліси допускається тільки по сходах, закріпленим верхнім кінцем до поперечок лісів, що виключають можливість їх зсуву.

Скупчення на настилах людей в одному місці не допускається.

Одночасне провадження робіт на дві й більш ярусах по одній вертикалі без відповідних захисних козирків забороняється;

Під час грози й при вітрі силою 6 балів і більш роботу на лісах, а також їх монтаж і демонтаж слід припинити.

Для роботи на висоті застосовуються переносні сходи й драбини. Нижні кінці переносних сходів і драбин повинні мати обкуття з гострими наконечниками, а при користуванні ними на асфальтних, бетонних підлогах повинні мати черевики з гуми або іншого нековзного матеріалу.

Переносні дерев'яні сходи й розсувні сходи-драбини довжиною більш 3м повинні мати не менш 2-х металевих стяжних болтів, установлених під щаблями. Загальна довжина сходів не повинна перевищувати 5м і забезпечувати робітникові можливість робити роботу стоячи на щаблі, що перебуває на відстані не менш 1м від верхнього кінця сходів. [21]

9 ПРОМИСЛОВА ЕКОЛОГІЯ

9.1 Джерела викидів відходів

Викиди в атмосферу

У цеху є постійні й періодичні викиди.

Постійно в атмосферу викидаються димові гази після печі риформінгу, підігрівника природного газу й пускового котлу, а також вентвикиди з машинного залу компресії.

При зупинках виробництва на ремонт і пуску після ремонту, а також в аварійних ситуаціях скидальні гази спалюються на факельній установці. З аміачних холодильних установок скидання газоподібного аміаку й інертів, що містять аміак, проводиться на факел.

Для зниження вмісту оксидів азоту в димових газах печі первинного риформінгу застосований метод гомогенного відновлення оксидів аміаку.

Стічні води

У цеху є три системи відведення стічних вод:

- господарсько-побутова;
- промислово-брудна;
- промислово-зливова.

Збір господарсько-побутових стічних вод проводиться по підземних самопливних мережах в окремі резервуари насосних станцій об'єднання, звідти перекачуються на спорудження біохімічного очищення.

Промислово-брудні стічні води надходять у ємність місткістю 500 м³.

Для запобігання влучення стічних вод у ґрунт ємність постачена гідроізоляцією. Для видачі стічних вод з ємності вона постачена двома заглибними насосами.

Стічні води з підземної ємності насосами подаються на спорудження біохімічного очищення (БХО).

Склад й кількість стічних вод, видаваних з ємності, контролюється.

Технологічний конденсат після відгону аміаку й органічних сполук в відпареній колоні по напірних мережах видається на спорудження біохімічного очищення й для потреб цеху.

Промислово-зливові стічні води по спеціальних лотках скидаються в систему промислово-зливової каналізації об'єднання.

Для зливу розчину моноетаноламіну при зупинці на капітальний ремонт або аварійного прориву встановлена дренажна ємність місткістю 600 м³.

На аміачно-холодильних установках установлені дренажні ємності.

Тверді і рідкі відходи

Каталізатори в міру зниження їх активності вивантажуються з апаратів і прямують на відновлення, реалізуються як матеріальний ресурс або автотранспортом вивозяться на майданчик металобрухту, звідки відвантажуються споживачам.

Активоване вугілля прямує на рекультивацію або захоронення.

Тверді невикористовувані відходи в цеху відсутні.

Кубовий залишок періодично вивантажується в контейнер і направляється на спалювання у відділення спалювання кубових залишків або споживачам [2]

9.2 Вплив шкідливих речовин на здоров'я людини

Аміак - безбарвний газ із задушливим різким запахом і їдким смаком. Поріг сприйняття 0,037 мг/л. Розчинність у воді близько 750 л/л. При звичайній температурі стійкий. Досить реакціоноздатен, вступає в реакції приєднання, заміщення й окиснення.

При концентрації 1% - 7мг/л - спостерігається легке роздратування вологої шкіри, при 2% помітне роздратування, а 3% через кілька хвилин можуть викликати опік з утвором міхурів. При влученні в струмінь газу поряд із проявами загального отруєння, спостерігається червоність шкіри, набряк, порушення цілісності поверхневих шарів шкіри. Нашатирний спирт діє на шкіру слабкіше інших лугів, але все-таки може викликати сильний біль, почервоніння й - при більш тривалому впливі - утвор міхурів. Влучення його в очі може призвести до повної сліпоті. Гранично припустима концентрація - 20 мг/м³.

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.

Діоксид вуглецю: вдихання 0,25–1% CO₂ змінює функції подиху й кровообігу. 2,5–5% CO₂ 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, поразка головного й спинного мозку. При вдиханні високих концентрацій CO₂ може настати смерть від зупинки подиху.

Оксид сірки. При концентрації вище допустимої оксид сірки призводить до порушення роботи дихальних органів, від нього сильно страждають зір, псується емаль зубів. [22]

9.3 Вплив промислових викидів на ґрунт і рослини

Оксиди сірки. Для неживої природи небезпечніше SO₂, ніж SO₃. Поступаючи в ґрунт, порушує роботу ґрунтових мікроорганізмів, окрім сірчаних і біобактерій.

Аміак. Газоподібні викиди є шкідливими, оскільки вони нейтралізують лужні компоненти в ґрунті і призводять до його закислення. За тривалий час кислотність ґрунту зростає до такого ступеня, що її приходиться зменшувати вапняком, щоб запобігти різького погіршення родючості.

Оксиди азоту NO_x - поглинання сонячного світла NO₂, утвір фітохімічних туманів – смогів. Руйнування матеріалів, зниження врожайності, знищення лісів, зменшення вмісту гемоглобіну в крові, сприяє руйнуванню азоносфери.

Сполуки азоту негативно впливають на листя рослин. У мембранах рослинних кліток порушуються обмінні процеси, а так само процеси в хлоропластах частина рослинної клітки, де відбувається фотосинтез. Високі дози O₃ так само негативно позначаються на рослинах – призводять до появи

різних відтінків плям на листах, у наслідок чого утворюються діри. Дуже чутливі листи хвойних дерев, які червоніють, чорніють, опадають (вплив оксидів S, N, O₃).

Діоксид вуглецю суттєво впливає на клімат, тому CO₂ потрібно розглядати як один із щонайважливіших антропогенних забруднювачів атмосфери. Технологічні викиди CO₂ в останні десятиліття становлять 5–10 млрд. т/рік, що становить 10% його природних вступів. Водяна пара й CO₂ утворюють 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. [22].

ВИСНОВКИ

В даному дипломному проекті розглянута тема: «Конвертор СО другого ступеня у виробництві аміаку потужністю 463 т/рік».

На основі аналітичного огляду вибрана конструкція конвертора СО другого ступеня розміри якого отримані з технологічного розрахунку.

Підібрані конструкційні матеріали згідно з умов роботи конвертора і характеристики робочого середовища.

Роботоспроможність конвертора СО другого ступеня підтверджена розрахунками на міцність, жорсткість та стійкість, які виконані згідно з діючою в хімічному машинобудуванні нормативно-технічною документацією.

Висвітлені питання технології виготовлення, монтаж і ремонт конвертора СО другого ступеня.

Розглянуті питання охорона праці при ремонті та промислової екології.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Аммиак. Вопросы технологии. Под общей редакцией Н.А. Янковского. - Донецк: ГИК «Новая печать», ООО «Лебедь». 2001. - 497 с.
2. Постоянный технологический регламент цеха аммиака 1-Б, в 3-х томах, 2011г.
3. Повышение эффективности процесса паровой конверсии монооксида углерода: катализаторы и варианты организации катализаторного слоя / Н. А.Баронская, Т. П. Минюкова, А. А. Хасин, Т. М. Юрьева, В. Н. Пармонов // Успехи химии. – 2010. – Т.79. – №11. – С. 1112-1133.
4. Основные направления технического прогресса в азотной промышленности // Хим. пром. сегодня. – 2005. – №9. – С. 3-15.
5. Павлов К. Ф., Романков П. Г. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. – М.: Химия, 1987. –576 с.
6. Malmali, M.; Wickramasinghe, S. R. Continuous Hydrolysis of Lignocellulosic Biomass via Integrated Membrane Processes. In Integrated Membrane Systems and Processes; Basile, A., Charcosset, C., Eds.; John Wiley & Sons, 2016; pp 61–78.
7. Wagner, K.; Malmali, M.; Smith, C.; McCormick, A.; Cussler, E. L.; Zhu, M.; Seaton, N. C. A. Column Absorption for Reproducible Cyclic Separation in Small Scale Ammonia Synthesis. AIChE J. 2017.
8. ГОСТ 14249—89 (СТ СЭВ 3648-82). Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность.
9. РД 26-15-88 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность и герметичность фланцевых соединений.
10. ГОСТ 28759.3-90. Фланцы сосудов и аппаратов. Типы и параметры.
11. ГОСТ 28759.7-90. Прокладки асбометаллические. Конструкция и размеры. Технические требования.
12. ДНАОП 0.00-1.07-94 Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением. Харьков.: Форт. 2009.175с.
13. ГОСТ 24755-89 (СТ СЭВ 1639-88). Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность укрепления отверстий.

- 14 ГСТУ 3-17-192-2000. Опори вертикальних апаратів. Типи, конструкція та розміри. – К.: Державний комітет промислової політики України 2000. – 11 с.
- 15 Ермаков В.И., Шеин В.С. Ремонт и монтаж химического оборудования: Учебное пособие для вузов. – Л.: Химия, 1981. – 368 с.
- 16 Воробьева Г. Я. Коррозионная стойкость материалов в агрессивных средах химических производств. – М.: Химия, 1975. –816 с.
- 17 Поникаров И. И., Перельгин 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.
- 18 Ю. И. Берлинер Технология изготовления химического и нефтяного аппаратостроения. – М.: Машиностроение, 1976. –856 с.
- 19 Фарамазов С. А. Ремонт и монтаж оборудования химических и нефтеперерабатывающих заводов. 2-е изд., перераб. – М.: Химия, 1980. – 312 с.
- 20 Медведева В.С. Охрана труда и противопожарная защита в химической промышленности. – М.: Химия, 1989
- 21 Соловьев Н. В., Стрельчук Н. В. Охрана труда в химической промышленности. – М.: Химия, 1969. –512 с.
- 22 Беспмятников Г.П., Кротов Ю.А. «Предельно допустимые концентрации химических веществ в окружающей среде. – Л.: Химия, 1985 – 528 с.
- 23 Лащинский А. А., Толчинский А. Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры. – М.: Машиностроение, 1970. –752 с.