

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
Кафедра «Хімічної інженерії»

Кваліфікаційна робота бакалавра
зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
освітня програма «Комп'ютерний інжиніринг обладнання хімічних
виробництв»

Тема роботи: Установка очищення газової суміші від двоокису сірки.
Розробити тарілчастий абсорбер.

Виконав:

студент групи ХМ-71

Єсипчук Симеон Сергійович

прізвище та ініціали

Залікова книжка

№ _____

Кваліфікаційна робота бакалавра

захищена на засіданні ЕК

з оцінкою _____

«__» _____ 20__ р.

Підпис голови

(заступника голови) комісії

Керівник:

ст. викл., к.т.н.

Скиданенко М.С

_____.

СУМИ 2021

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
Кафедра «Хімічної інженерії»

Спеціальність 133 "Галузеве машинобудування"
Освітня програма "Комп'ютерний інжиніринг обладнання хімічних виробництв"

Курс 4

Група ХМ-71

Семестр 8

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА**

Студенту Єсипчуку Симеону Сергійовичу

1. Тема роботи: Установка очищення газової суміші від двоокису сірки. Розробити тарілчастий абсорбер.

2. Вихідні дані: Вихідні дані проекту Продуктивність газової суміші 6000 нм³/год. Вміст газової суміші: 9% двоокис сірки, інше – повітря. Тиск газової суміші 1,8 ата. Початкова температура суміші 20 °С. Компонент, який видаляється з суміші – двоокис сірки. Ступінь поглинання газу 94%. Поглинач – вода. Кінцева концентрація газу в рідині в відсотках від рівноважної 92%. Тип тарілки – ковпачкова.

3. Перелік обов'язкового графічного матеріалу (аркуші А1)

1. Технологічна схема -	1,0 арк.
2. Збірне креслення апарату –	1,0 арк.
3. Складальне креслення –	1,0 арк.

4. Рекомендована література:

1. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра / укладачі: Р. О. Острога, М. С. Скиданенко, Я. Е. Михайловський, А. В. Іванія. – Суми : СумДУ, 2019. – 32 с.;

2. Врагов А. П. Матеріали до розрахунків процесів та обладнання хімічних і газонафтопереробних виробництв: Навчальний посібник / А. П. Врагов, Я. Е. Михайловський, С. І. Якушко. – Суми : СумДУ, 2008. – 170 с.

5 Етапи виконання кваліфікаційної роботи бакалавра:

Етапи і розділи курсового проектування	ТИЖНІ				
	1, 2	3, 4, 5, 6	7, 8, 9	10, 11, 12, 13	14
1 Вступ	Х Х				
2 Технологічна частина		Х Х Х Х			
3 Розрахункова частина			Х Х Х		
4 Розробка креслень				Х Х Х Х	
5 Оформлення записки					Х
6 Захист проекту					Х

6 Дата видачі завдання _____ 2021 р.

Керівник _____ ст. викл. Скиданенко М.С.

підпис

посада, прізвище

Реферат

Пояснювальна записка: 75 с., 14 рис., 4 табл., 2 додатки, 13 джерел.

Графічні матеріали: технологічна схема установки, складальне креслення колони, складальне креслення ковпачкової тарілки, складальне креслення опори колони – всього 3 аркуша формату А1.

Тема курсового проекту «Установка очищення газової суміші від двоокису сірки. Розробити тарілчастий абсорбер.».

Наведені теоретичні основи й особливості процесу абсорбції по поглинанню водою SO_2 з газової суміші. Виконані розрахунки матеріального балансу процесу, виконані технологічні розрахунки апарата, визначені його розміри. Розглянуто пристрій і принцип роботи абсорбційної колони, порівняння за аналогами вибраної конструкції, виконано конструктивні розрахунки апарату, розраховано діаметри штуцерів, визначено гідравлічний опір ковпачкової тарілки і апарата в цілому. Розрахунками на міцність і стійкість. Виконані розрахунки фланцевого з'єднання. Вибрані матеріали для виготовлення з обґрунтуванням їх корозійної стійкості.

Ключові слова: АПАРАТ, УСТАНОВКА, ДВООКИС СІРКИ, АБСОРБЦІЙНА КОЛОНА, ТАРІЛКА КОВПАЧКОВА, МАТЕРІАЛЬНИЙ БАЛАНС, ТЕПЛОВИЙ БАЛАНС, МІЦНІСТЬ, ЖОРСТКІСТЬ, СТІЙКІСТЬ, ДОПУСТИМІ НАПРУЖЕННЯ, РОЗРАХУНКОВА ТЕМПЕРАТУРА, РОЗРАХУНКОВИЙ ТИСК, РОЗРАХУНКОВА ТОВЩИНА, УМОВА МІЦНОСТІ, ФЛАНЦЕВЕ З'ЄДАННЯ, ОПОРА.

Зміст

Вступ.....	4
1. Технологічна частина.....	5
1.1 Опис технологічної схеми абсорбційної установки.....	5
1.2 Теоретичні основи процесу.....	6
1.3 Опис об'єкта розроблення та вибір основних конструктивних матеріалів.....	9
2 Технологічні розрахунки процесу і апарата.....	16
2.1 Матеріальний та тепловий баланси процесу.....	16
2.2 Технологічні розрахунки.....	20
2.3 Конструктивні розрахунки.....	24
2.4 Гідравлічний опір апарата.....	32
2.5 Вибір допоміжного обладнання.....	35
3. Розрахунки на міцність та герметичність.....	43
3.1 Визначення товщини стінки апарата, кришки.....	43
3.2 Розрахунок фланцевого з'єднання.....	49
3.3 Розрахунок опори апарата.....	49
4. Монтаж та ремонт апарата	55
4.1 Монтаж розробленого апарата.....	55
4.2. Ремонт апарата.....	44
5. Охорона праці.....	49
Список літератури.....	75
Додаток А	
Додаток Б	

Підпис и дата						XI.A.00.00.00ПЗ							
Підпис и дата													
Підпис и дата													
Інв. № подл.	Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Колона абсорбційна			Лит.	Лист	Листов		
	Разраб.	Єсипчук							Д	П	3	75	
	Провер.	Скиданенко											
	Н.контр												
	Утв.												
	СумДУ ХМ – 71												

Вступ

В хімічній та інших галузях промисловості широко використовуються процеси абсорбції, в яких в результаті фізико-хімічної взаємодії складної газової суміші з рідким поглиначем – абсорбентом відбувається виборче поглинання одного з компонентів – абсорбенту й перехід його в рідку фазу. Абсорбційні процеси є основною технологічною стадією ряду кислотних виробництв при (поглинанні водою хлористого водню або окислів азоту з одержанням соляної або азотної кислоти відповідно), виробництв технологічного очищення газів (поглинання сірководню із природного газу або двоокису вуглецю з азотно-водневої суміші), а також виробництв санітарного очищення викидних газів від екологічно шкідливих компонентів.

Абсорбція відноситься до типових масообмінних процесів, у яких інертний газ і абсорбент є носіями абсорбата відповідно в газовій та рідкій фазах, при цьому абсорбат переходить із газової фази в рідку. Розрізняють фізичну абсорбцію й хемосорбцію. При фізичній абсорбції розчинення компонента, який поглинається, у рідині не супроводжується хімічною реакцією з поглиначем, при хемосорбції абсорбат вступає в хімічну реакцію з абсорбентом.

Масообмін в процесах абсорбції відбувається на поверхні контакту фаз, створеної різними способами, залежно від яких розрізняють три групи абсорбційних апаратів: а) поверхневі й насадкові абсорбери, у яких поверхня контакту фаз утворюється плівкою рідини, яка стікає по поверхні насадки; б) барботажні тарілчасті абсорбери, у яких поверхня контакту фаз виникає при проходженні газу через отвори й прорізу затоплених контактних елементів та барботуванні його через шар рідини, який перебуває на тарілці; в) розпилювальні абсорбери, у яких поверхня контакту фаз утворюється при диспергуванні рідини на краплі в потоці газу.

Ив. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Ив. № дубл.	Подпись и дата	XI.A.00.00.00ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		4

Технологічна частина

1.1 Опис технологічної схеми абсорбційної установки

Технологічна схема абсорбційної установки показана на рисунку 1. Початкова суміш, яка містить абсорбент, із газгольдеру (Г) вентилятором нагнітається в нижню частину тарілчастого протиточного абсорбера (А), який зрошується зверху охолодженим абсорбентом. При стіканні рідини по тарілках відбувається масообмін між протиточно рухаючимися речовинами в рідкій та газовій фазі, у результаті якого, речовина поглинається з газової фази та переходить у рідку фазу. Очищена газова суміш виводиться з верхньої частини абсорбера на подальшу переробку. Абсорбент, який збирається в ємності (Е1) насосом (Н1) послідовно подається в теплообмінники (Т1, Т2), де підігрівається спочатку гарячим розчином, а потім насиченою водяною парою. Підігрітий абсорбент подається зверху в десорбер (Д), де відбувається процес десорбції поглиненого речовини, виділюваної з розчину у вигляді парогазової суміші, яка виділяється з апарату на подальшу переробку.

Розчин збирається в збірнику (Е2), звідки насосом (Н2) відкачується в теплообмінник (Т1), при цьому розчин частково охолоджується. Остаточне охолодження розчину відбувається в холодильнику (Х) за рахунок теплообміну з холодним теплоносієм. Охолоджений поглинач подається на розподільче обладнання, розміщене у верхній частині абсорбера.

Ив. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Ив. № дубл.	Подпись и дата	XI.A.00.00.00ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		5

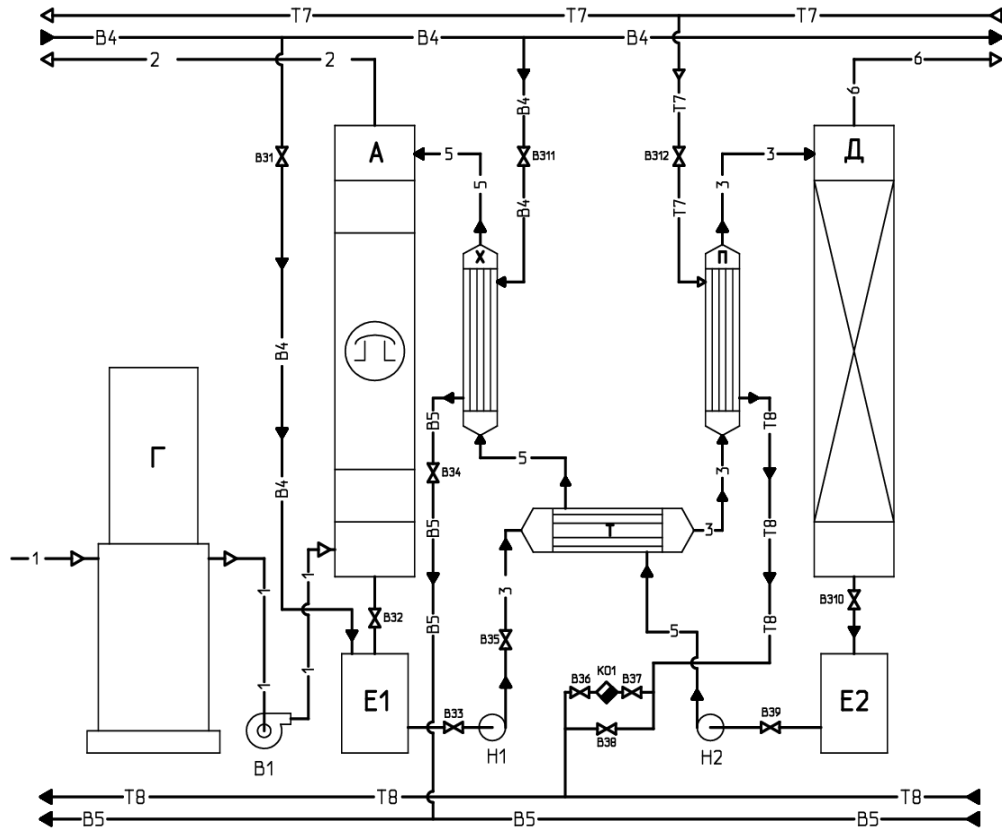


Рисунок 1 - Принципова схема абсорбційної установки.

1.2 Теоретичні основи процесу

Розглянемо процес фізичної абсорбції, при якій розчинення компонента, який поглинається, не супроводжується хімічною реакцією. При контактуванні газової й рідкої фаз абсорбтив починає переходити в рідку фазу, і одночасно відбувається й зворотний процес. Інтенсивність поглинання абсорбтива рідиною залежить від його природи, його парціального тиску в газовій суміші, від температури й тиску в апараті, а також фізичних властивостей абсорбенту.

Швидкість прямого й зворотного процесу буде визначатися величиною рушійної сили у фазах. При рівності швидкостей прямого й зворотного процесів настане стан динамічної рівноваги між взаємодіючими фазами, при

Инва. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инва. № дубл.	Подпись и дата
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
XI.A.00.00.00ПЗ				Лист
				6

якому встановлюється строго певне співвідношення між концентраціями абсорбтива в газовій та рідкій фазах.

При фізичній абсорбції залежність між парціальним тиском компонента, який поглинається, у газовій суміші і його розчинністю в рідині підкоряється закону Генрі, згідно з яким парціальний тиск абсорбтива в газовій фазі над насиченим розчином в умовах рівноваги пропорційно його мольної концентрації в розчині:

$$P_a^* = E \cdot X_a \quad (1.1)$$

де P_a^* – парціальний тиск абсорбтива в газовій суміші;

E – константа Генрі, яка залежить від температури та властивостей розчинника;

X_a – мольна частка абсорбтива в абсорбенті.

Рівноважну залежність для системи газ – рідина можна отримати на підставі використання законів Генрі й Дальтона. Як відомо із закону Дальтона, парціальний тиск компонента в газовій фазі пропорційно його об'ємної концентрації й загальному тиску в системі, тобто:

$$P_a^* = Y_a \cdot P \quad (1.2)$$

Зі спільного розв'язку рівнянь (1) та (2) випливає:

$$Y_a = \frac{E \cdot X_a}{P} \quad (1.3)$$

$$X_a = \frac{Y_a \cdot P}{E} \quad (1.4)$$

де Y_a – мольна концентрація абсорбтива в газовій фазі, $\frac{\text{кмоль речов. А}}{\text{кмоль інертн.}}$;

Инов. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инов. № дубл.	Подпись и дата
---------------	----------------	--------------	---------------	----------------

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	XI.A.00.00.00ПЗ	Лист
						7

X_A – мольна концентрація поглиненого компонента в абсорбенті,
 $\frac{\text{кмоль речов. A}}{\text{кмоль інертн.}}$;

Π – загальний тиск газу над розчином.

Рівняння (3) можна виразити через відносну масову концентрацію компонента, що поглинається, у газовій фазі, при цьому отримаємо:

$$Y_a = \frac{M_a \cdot Y_a}{M_{\text{ін}} \cdot (1 - Y_a)} \quad (1.5)$$

де M_A й $M_{\text{ін}}$ – мольні маси компонента, що поглинається, і суміші інертних газів відповідно.

Мольна маса суміші інертних газів перебуває в залежності:

$$M_{\text{ін}} = \sum_1^n M_i \cdot Y_i \quad (1.6)$$

де M_i – мольна маса окремих інертних компонентів газової суміші;

Y_i – об'ємна (мольна) частка окремих інертних компонентів.

Рівняння (5) можна представити в залежності від загального та парціального тисків:

$$Y_a = \frac{M_a \cdot P_a^*}{M_{\text{ін}} \cdot (\Pi - P_a^*)} \quad (1.7)$$

Відносна масова концентрація поглиненого компонента в рідині перебуває в залежності:

$$X_a = \frac{M_a \cdot X_a}{M_x \cdot (1 - X_a)} \quad (1.8)$$

Инов. № подл.	Подпись и дата				XI.A.00.00.00ПЗ	Лист
Инов. № дубл.	Подпись и дата					8
Взам. инв. №	Инов. № дубл.	Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

де M_a, M_x – мольна маса абсорбенту й абсорбата.

Рівнянням (1.3) – (1.4) визначаються рівноважні концентрації абсорбтива в газовій та рідкій фазах у мольних частках, рівняння (1.5) та (1.8) визначають рівноважні концентрації речовини у фазах у відносних масових частках, що дозволяє побудувати криву рівноваги, для конкретної системи газ – рідина.

При розчиненні деяких газів, що добре поглинаються, відбувається виділення теплоти, що приводить до підвищення температури поглинача й до зниження розчинності газу.

З врахуванням теплоти розчинення температура рідини в будь-якому поперечному перерізі колони буде дорівнювати:

$$T_{iv} = T_o + \frac{q_p \cdot (x_i - x_B)}{C_x} \quad (1.9)$$

де T_o – температура вступники в колону рідини, $^{\circ}C$;

q_p – диференціальна теплота розчинення, $\frac{Дж}{кг}$;

C_x – теплоємність абсорбенту, $\frac{Дж}{кг \cdot K}$;

x_i, x_B – поточна та відносна масові концентрації поглинаючихся компонентів в абсорбенті відповідно.

1.3 Опис об'єкта розроблення та вибір основних конструктивних матеріалів

Абсорбційна колона (рис. 2) представляє собою апарат вертикального типу з розміщеними всередині ковпачковими тарілками. У верхню частину

Ив. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Ив. № дубл.	Подпись и дата	XI.A.00.00.00ПЗ				Лист
									9
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					

колони через штуцер (В) подається поглинач (вода). Вона заповнює тарілки до рівня переливу, а її надлишки стікають на тарілку, яка розташована нижче. У такий спосіб вода послідовно перетікає до останньої (нижньої тарілки) і зливається в нижній частині колони через штуцер (Г).

У нижню частину колони подається газова суміш через штуцер (А). Долаючи опір стовпа рідини біля ковпачка, газова суміш піднімається знизу догори й проходить через воду. При цьому газ, який виділяється із суміші, розчиняється у воді. У такий спосіб суміш газів при русі знизу вгору поступово збіднюється, а вода в міру руху з тарілки на тарілку зверху вниз поступово насичується двоокисом сірки. Очищена газова суміш видаляється у верхній частині абсорбера через штуцер (Б). Колона опирається на циліндричну опору. Для огляду й ремонту у верхній, середній та нижній частині колони є технологічні люки (Д_{1,2,3}). Також на колоні передбачені штуцера для ртутних термометрів (Е_{1,2}), для манометра (Ж_{1,2}).

Ивв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Ивв. № дубл.	Подпись и дата
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
XI.A.00.00.00ПЗ				Лист
				10

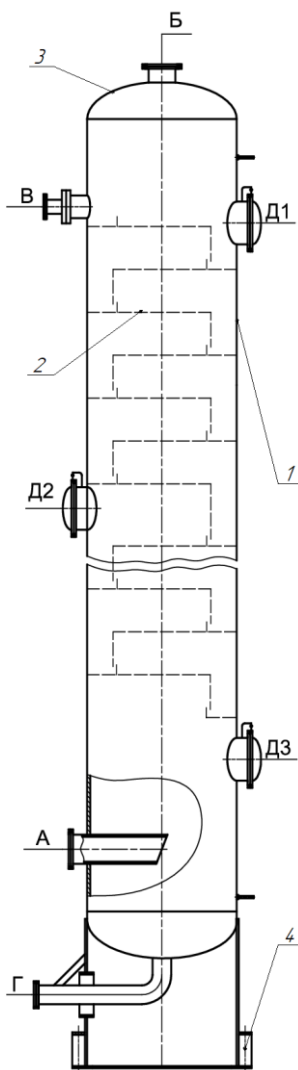


Рисунок 2 – Розрахункова схема ректифікаційної колони:
 1 – корпус; 2 – ковпачкова тарілка; 3 – кришка; 4 – опора.

Порівняння конструкції проектного апарату з аналогами.

У дипломному проекті були використані ковпачкові тарілки, де основною складальною одиницею є вертикальний циліндричний корпус, що виготовлений суцільнозварним або зібраним з окремих царг. У корпусі на певній відстані одна від іншої встановлюють багатокорпачкові тарілки переливного типу, відстань між тарілками визначається залежно від технологічних параметрів роботи і діаметра колони. Люки-лази для огляду і ремонту тарілок звичайно встановлюють при відстані між тарілками не менш

Инов. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инов. № дубл.	Подпись и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	XI.A.00.00.00ПЗ	Лист
						11

ніж 500 мм, при цьому один люк може бути встановлений в розрахунку на обслуговування декількох тарілок.

Так як діаметр колони більше 1 м тарілки збирають із окремих секцій, число яких залежить від діаметра колони, на секціях установлюють тунельні або як у нашому випадку капсульні ковпачки.

Базою тарілки є металеве полотно, на якому у певному порядку встановлюють газові (парові) патрубки. Парові патрубки встановлюють переважно у шаховому порядку.

У промисловості для масообмінних колон діаметром більше 1400 мм використовують тарілки з тунельними ковпачками типу ТСТ, у яких для зменшення трудовитрат при складанні і ремонті використовують тунельні (жолобчасті) ковпачки.

Основною перевагою тунельних ковпачків є їх невелике число, полегшений монтаж і можливість періодичної частки.

У промисловості широко використовують тарілки із S-подібних штампованих елементів, малоємність яких майже вдвічі менша, а продуктивність при однаковому діаметрі на 20-30 % більша, ніж у тарілок з капсульними ковпачками.

Основними перевагами масообмінних колон з ковпачковими тарілками є порівняно високий ККД у широкому діапазоні навантажень щодо газової (парової) фази (при відношенні максимального навантаження до) можливість роботи із забрудненими рідинами, порівняно невисокий гідравлічний опір колони (не більше 1кПа).

Основними недоліками колон з ковпачковими тарілками є висока малоємність, більші трудовиплати при виготовленні, монтажі і ремонті тарілок, відносно високий гідравлічний опір.

Все більшого поширення у набувають тарільчасті колони із клапанними тарілками, основними перевагами яких є менша малоємність і вартість виготовлення (на 30-40% порівняно з ковпачковими тарілками), більш високий діа-

Инов. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Инов. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

пазон зміни навантажень щодо газової фази (майже в 4 разів більші відносного мінімального), висока ефективність масопереносу (ККД тарілок досягає 80-85 %) у широкому інтервалі навантажень, низький гідравлічний опір порівняно з ковпачковими.



Рисунок 3 – Фото приклад апарату

Характеристика основних матеріалів.

За рекомендацією [1] для водяного розчину H_2SO_3 рекомендується корозійностійка сталь 12X18H10T ГОСТ 5632 – 72. Проникність $P = 0,10$ мм/рік. При роботі – точкова корозія.

Сталь 12X18H10T – корозійностійка сталь аустенітного класу.

Модуль пружності першого роду $E = 1,98 \cdot 10^5$ МПа.

Таблиця 1. Хімічний склад сталі, % (ГОСТ 5632-72).

Инов. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инов. № дубл.	Подпись и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	XI.A.00.00.00ПЗ	Лист
						13

C	Si	Mn	Cr	Ni	Ti	S	P	Cu
не більш						не більш		
0,12	0,8	2,0	17,0÷19,0	9,0÷11,0	0,9÷1,1	0,02	0,035	0,30

Механічні властивості при $t = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Межа текучості $\sigma_i = 225 \div 315 \text{ МПа}$.

Тимчасова межа міцності $\sigma_b = 550 \div 650 \text{ МПа}$.

Відносне подовження $\delta_5 = 46 \div 74 \%$.

Відносна зміна поперечного перерізу $\psi = 66 \div 80 \%$.

Ударна в'язкість $KCV = 215 \div 372 \text{ Дж/см}^2$.

Технологічні властивості.

Температура кування : початку – $1200 \text{ }^{\circ}\text{C}$, кінця – $850 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Зварюваність – зварюється без обмежень. Способи зварювання : РДС, ЭШС, КТС із наступною термообробкою.

Фізичні властивості.

Модуль пружності $E = 1,98 \cdot 10^5 \text{ МПа}$.

Густина $\rho = 7900 \text{ кг/ м}^3$.

Теплопровідність $\lambda = 15 \text{ Вт / м}^{\circ}\text{C}$.

Лінійне розширення $\alpha = 16,6 \cdot 10^{-6} \text{ 1/}^{\circ}\text{C}$.

Теплоємність $I_c = 462 \text{ Дж/ кг}\cdot\text{К}$.

Инов. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инов. № дубл.	Подпись и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	XI.A.00.00.00ПЗ	Лист
						14

Призначення.

Зварні посудини та апарати, які працюють у розведених розчинах азотної, фосфорної, оцтової кислот, розчинах лугів та солей. Деталі, які працюють під тиском при $t = 196 \div 600 \text{ }^{\circ}\text{C}$, а при наявності агресивних середовищ до $t = 350 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Сталь Ст.3сп ГОСТ 380-71 – застосовується для виготовлення деталей і вузлів, які не стикаються із середовищем. Сталь по способу виплавлення спокійна. Вона характеризується гарним розширенням та гарним видаленням сірки й фосфору, що підвищує якісні показники металу. Сталь технологічна в обробці, добре обробляється різанням та тиском. Пластичні властивості сталі високі. Сталь добре зварюється всіма видами зварювання. Сталь нестійка в багатьох агресивних середовищах.

Таблиця 2. Хімічний склад сталі, в %.

C	Mn	Si	Cr	Ni	Cu	V	Mo	Ti	S	P
0,14÷0,22	0,4÷0,66	0,12÷0,3	0,3	0,3	0,3	-	-	-	0,05	0,04

Механічні властивості при $t = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

Межа текучості $\sigma_i = 220 \text{ МПа}$.

Тимчасова межа міцності $\sigma_b = 445 \text{ МПа}$.

Відносне подовження $\delta_5 = 33 \text{ \%}$.

Відносна зміна поперечного перерізу $\psi = 59 \text{ \%}$.

Ударна в'язкість $KCV = 154 \text{ Дж /см}^2$.

Ив. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Ив. № дубл.	Подпись и дата						Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	XI.A.00.00.00ПЗ					15

Призначення

Несучі елементи зварних та незварних конструкцій і деталей, які працюють при позитивних температурах. Фасонний і аркушевий прокат (5-й категорії) для несучих елементів зварених конструкцій, які працюють при змінних навантаженнях: при товщині прокату до 25 мм в інтервалі температур від -40 до +425°C; при товщині прокату понад 25 мм - від -20 до +425°C за умови поставки з гарантуємою зварюваністю.

2 Технологічні розрахунку процесу і апарата

2.1 Матеріальний баланс процесу

Фізико-хімічні властивості компонентів газової суміші, яка переробляється.

Знаходимо фізичні властивості компонентів газової суміші та наведемо їх у таблиці 3.

Таблиця 3 – Фізичні властивості компонентів газової суміші при нормальних умовах. ($t = 0^{\circ}\text{C}$, $P = 1 \text{ ата.}$).

Назва	Формула	Мольна маса	Густина, кг/м ³
Двоокис сірки	SO ₂	64	2,86
Повітря	—	29	1,29

Визначимо густину компонента, який поглинається, у робочих умовах:

$$\rho_{\text{SO}_2} = \rho_{\text{O SO}_2} \cdot \frac{273 \cdot P}{(t + 273) \cdot P_0} = 2,86 \cdot \frac{273 \cdot 1,8}{(20 + 273) \cdot 1} = 4,8 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \quad (2.1)$$

Ив. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Ив. № дубл.	Подпись и дата	XI.A.00.00.00ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		16

Розрахуємо густину повітря в робочих умовах:

$$\rho_{нов} = \rho_{Онов} \cdot \frac{273 \cdot P}{(t + 273) \cdot P_0} = 1,29 \cdot \frac{273 \cdot 1,8}{(20 + 273) \cdot 1} = 2,16 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \quad (2.2)$$

Знаючи об'ємну витрату газової суміші в нормальних умовах, за рівнянням Клапейрона можна знайти її об'ємну витрату в робочих умовах на вході в абсорбер:

$$V_{\text{сум}} = V_0 \cdot \frac{P_0 \cdot T}{3600 \cdot P \cdot T_0} = \frac{6000}{3600} \cdot \frac{1 \cdot (273 + 20)}{1,8 \cdot 273} = 0,99 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} \quad (2.3)$$

де $P_0 = 1$ ата – атмосферний тиск [6], стор.10.

Густина 2-х компонентної суміші розраховується за формулою:

$$\rho_y = \rho_{\text{SO}_2} \cdot y_{\text{SO}_2} + (1 - y_{\text{SO}_2}) \cdot \rho_{\text{пов}} = 4,8 \cdot 0,09 + (1 - 0,09) \cdot 2,16 = 2,4 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \quad (2.4)$$

Динамічна в'язкість газової суміші обчислимо за формулою:

$$\frac{M_{\text{сум}}}{\mu_{\text{SO}_2}} = \frac{M_{\text{SO}_2} \cdot y_{\text{SO}_2}}{\mu_{\text{SO}_2}} + \frac{M_{\text{пов}} \cdot y_{\text{пов}}}{\mu_{\text{пов}}} \quad (2.5)$$

де $M_{\text{сум}}$ – мольна маса суміші;

$$\mu_{\text{SO}_2} = 0,012 \text{ мПа} \cdot \text{с} - \text{в'язкість } \text{SO}_2 \text{ при } 20 \text{ }^\circ\text{C}; \quad [4, \text{ мал. VI}]$$

$$\mu_{\text{пов}} = 0,02 \text{ мПа} \cdot \text{с} - \text{в'язкість повітря при } 20 \text{ }^\circ\text{C}. \quad [4, \text{ мал. VI}]$$

$$M_{\text{сум}} = y_{\text{SO}_2} \cdot M_{\text{SO}_2} + (1 - y_{\text{SO}_2}) \cdot M_{\text{пов}} = 0,09 \cdot 64 + (1 - 0,09) \cdot 29 = 32,15 \frac{\text{кг}}{\text{кмоль}} \quad (2.6)$$

Инов. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инов. № дубл.	Подпись и дата	XI.A.00.00.00ПЗ	Лист
						17
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Тоді в'язкість газової суміші виразимо з формули 2.5:

$$\mu_y = \frac{\frac{M_{\text{сум}}}{y_{\text{SO}_2} \cdot M_{\text{SO}_2} + (1 - y_{\text{SO}_2}) \cdot M_{\text{нов}}} = \frac{32,15}{\frac{0,09 \cdot 64}{12 \cdot 10^{-6}} + \frac{(1 - 0,09) \cdot 29}{19 \cdot 10^{-6}}} = 16,2 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}}$$

Матеріальний баланс процесу абсорбції.

$$\Delta M = G_{\Gamma} \cdot (y_{\text{H}} - y_{\text{K}}) = L_{\text{X}} \cdot (x_{\text{K}} - x_{\text{H}}) \quad (2.7)$$

де ΔM – кількість поглиненої речовини.

Визначаємо об'ємні витрати компонентів суміші на вході в колону.

$$V_{\text{SO}_2} = V_0 \cdot y_{\text{SO}_2} = \frac{6000}{3600} \cdot 0,09 = 0,15 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} \quad (2.8)$$

$$V_{\text{пов}} = V_0 \cdot (1 - y_{\text{SO}_2}) = \frac{6000}{3600} \cdot (1 - 0,09) = 1,52 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} \quad (2.9)$$

Масові витрати компонентів суміші на вході в колону:

$$G_{\text{SO}_2} = V_{\text{SO}_2} \cdot \rho_{0\text{SO}_2} = 0,15 \cdot 2,86 = 0,43 \frac{\text{кг}}{\text{с}} \quad (2.10)$$

$$G_{\text{пов}} = V_{\text{пов}} \cdot \rho_{0\text{пов}} = 1,52 \cdot 1,29 = 1,96 \frac{\text{кг}}{\text{с}} \quad (2.11)$$

Масові витрата вихідної газової суміші:

$$G_{\text{см}} = G_{\text{SO}_2} + G_{\text{пов}} = 0,43 + 1,96 = 2,39 \frac{\text{кг}}{\text{с}} \quad (2.12)$$

Ив. № подл.	Подпись и дата	Ив. № дубл.	Подпись и дата	XI.A.00.00.00ПЗ		Лист
Взам. инв. №						18
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

Тоді кількість компонента, що поглинається в колоні (SO₂):

$$\Delta M = G_{SO_2} \cdot C_n = 0,43 \cdot 0,94 = 0,4 \frac{\text{кг}}{\text{с}} \quad (2.13)$$

Кількість непоглиненого компонента в газовій суміші на виході з колони:

$$\Delta M_k = G_{SO_2} \cdot (1 - C_n) = 0,43 \cdot 0,06 = 0,026 \frac{\text{кг}}{\text{с}} \quad (2.14)$$

Відносна масова концентрація (SO₂) на вході в колону:

$$\bar{y}_n = \frac{G_{SO_2}}{G_{\text{пов}}} = \frac{0,43}{1,96} = 0,22 \frac{\text{кг SO}_2}{\text{кг пов}} \quad (2.15)$$

Відносна мольна концентрація на вході в колону:

$$y_n = \bar{y}_n \cdot \frac{M_{\text{сум}}}{M_{SO_2}} = 0,22 \cdot \frac{32,15}{64} = 0,11 \frac{\text{кмоль SO}_2}{\text{кмоль пов}} \quad (2.16)$$

Відносна масова концентрація SO₂ у суміші на виході з колони:

$$\bar{y}_k = \frac{\Delta M_k}{G_{\text{пов}}} = \frac{0,026}{1,96} = 0,013 \frac{\text{кг SO}_2}{\text{кг пов}} \quad (2.17)$$

Відносна мольна концентрація (SO₂) у суміші на виході з колони:

$$y_k = \bar{y}_k \cdot \frac{M_{\text{сум}}}{M_{SO_2}} = 0,013 \cdot \frac{32,15}{64} = 0,0065 \frac{\text{кмоль SO}_2}{\text{кмоль пов}} \quad (2.18)$$

Инов. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инов. № дубл.	Подпись и дата

2.2 Технологічні розрахунки

Побудова рівноважної й робочої ліній процесу.

Відносна мольна частка компонента, який поглинається, у рідині, що перебуває в рівновазі з вихідною сумішшю, визначається по залежності, отриманої на основі спільного розв'язання рівнянь, які виражають закони Генрі й Дальтона:

$$X_{кр} = Y_n \cdot \frac{P}{E} = 0,11 \cdot \frac{1,8 \cdot 10^5}{3,6 \cdot 10^6} = 0,0055 \frac{\text{кмоль } SO_2}{\text{кмоль пов}} \quad (2.19)$$

де E – коефіцієнт Генрі, що залежить від температури.

$E = 0,027 \cdot 10^6 \text{ мм.рт.ст} = 0,027 \cdot 133,3 \cdot 10^6 = 3,6 \cdot 10^6 \text{ Па}$ – коефіцієнт Генрі для SO_2 при $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$. [4, табл. XLI].

Рівноважна відносна масова частка компонента, що поглинається, на виході апарата:

$$\bar{X}_{кр} = X_{кр} \cdot \frac{M_{SO_2}}{M_{H_2O}} = 0,0055 \cdot \frac{64}{18} = 0,02 \frac{\text{кг } SO_2}{\text{кг } H_2O} \quad (2.20)$$

де $M_{H_2O} = 18 \frac{\text{кг}}{\text{кмоль}}$ – мольна маса води

Температура абсорбенту в нижній частині колони з урахуванням диференціальної теплоти розчинення газу й концентрації поглиненого речовини, визначається за формулою:

$$t_{нр} = t + \frac{q}{C_{H_2O}} \cdot (\bar{X}_{кр} - \bar{X}_n) \quad (2.21)$$

де $C_{H_2O} = 4,19 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$ – питома теплоємність води при $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$;

Инов. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инов. № дубл.	Подпись и дата
---------------	----------------	--------------	---------------	----------------

					XI.A.00.00.00ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		20

[4, стор. 537, табл. XXXIX]

$$q = 500 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}} - \text{диференціальна теплота розчинення } \text{SO}_2$$

[11, стор. 48, табл. А2];

$X_H = 0$ – початкова відносна масова частка компонента, що поглинається, в абсорбенті (вода не містить компонента, який поглинається).

$$t_{\text{нр}} = 20 + \frac{500}{4,19} \cdot 0,02 = 22^\circ \text{C} \quad (2.22)$$

Різниця між $t_{\text{нр}} - t = 22 - 20 = 2^\circ \text{C} \leq 2^\circ \text{C}$, тому умови процесу можна вважати ізотермічними, а рівноважна лінія в цьому випадку являє собою пряму, що проходить через точки О с координатами:

$$(0 ; 0) \text{ та } С \text{ с координатами } \left(\bar{X}_{\text{кр}} = 0,02 \frac{\text{кг } \text{SO}_2}{\text{кг } \text{H}_2\text{O}} ; \bar{Y}_H = 0,22 \frac{\text{кг } \text{SO}_2}{\text{кг пов}} \right)$$

Робоча відносна масова частка компонента H_2S , який виноситься з колони з рідиною $\bar{X}_k = 0,94 \cdot \bar{X}_{\text{кр}} = 0,92 \cdot 0,02 = 0,018 \frac{\text{кг } \text{SO}_2}{\text{кг } \text{H}_2\text{O}}$

Робоча лінія проходить через точки:

$$А \text{ з координатами } \left(0 ; \bar{Y}_k = 0,013 \frac{\text{кг } \text{SO}_2}{\text{кг пов}} \right)$$

$$\text{і точку } В \text{ с координатами } \left(\bar{X}_k = 0,018 \frac{\text{кг } \text{SO}_2}{\text{кг } \text{H}_2\text{O}} ; \bar{Y}_H = 0,22 \frac{\text{кг } \text{SO}_2}{\text{кг пов}} \right)$$

Инов. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инов. № дубл.	Подпись и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	XI.A.00.00.00ПЗ	Лист
						21

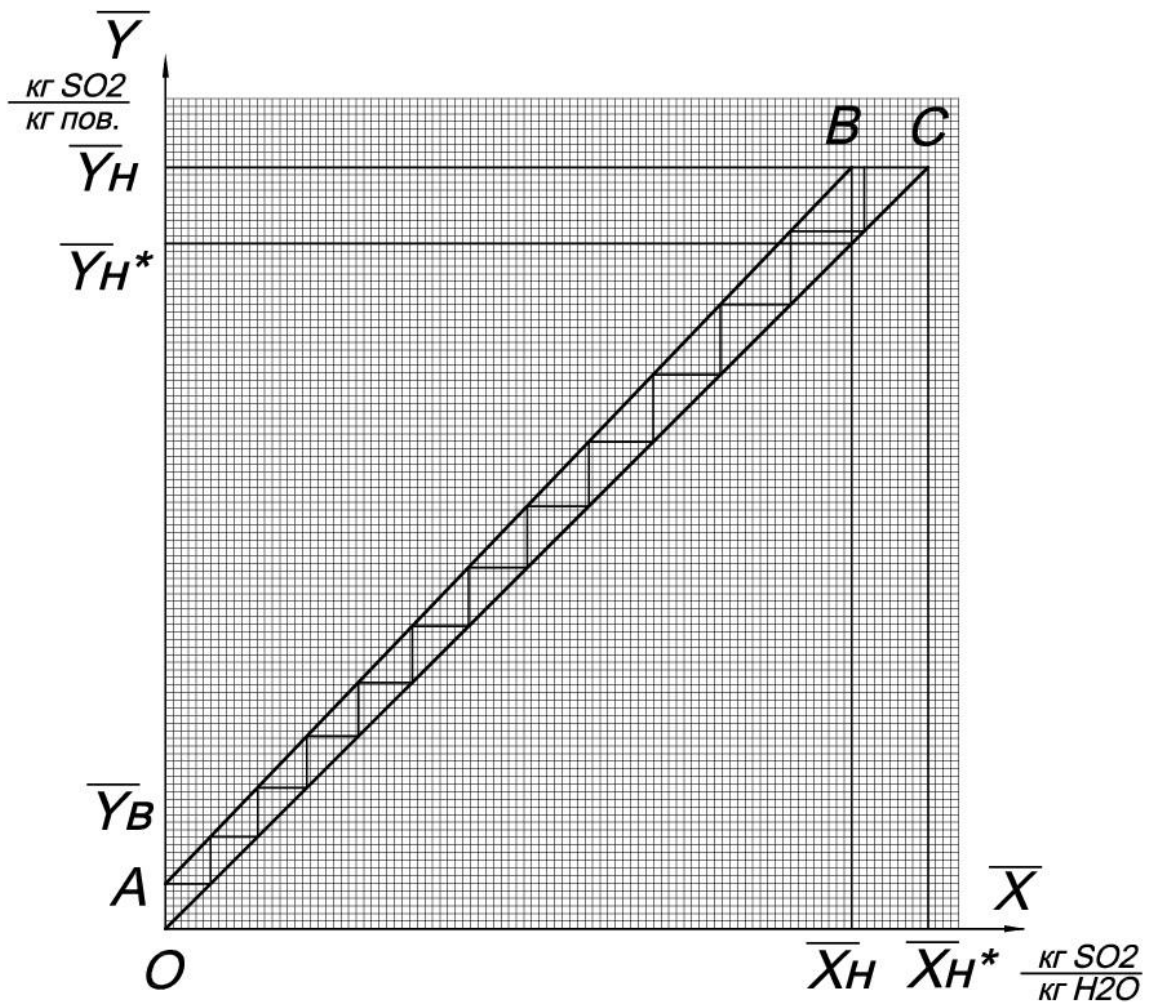


Рисунок 4. Робоча та рівноважна лінії процесу масопередачі з газової фази в рідку

Розрахунок витрати абсорбенту

Знаходимо мінімальні та робочий витрати абсорбенту:

$$l_{\min} = \frac{\bar{Y}_H - \bar{Y}_K}{\bar{X}_{кр}} = \frac{0,22 - 0,013}{0,02} = 10,35 \frac{\text{кг}(\text{H}_2\text{O})}{\text{кг}(\text{газ.сум})} \quad (2.23)$$

$$l_{\text{роб}} = \frac{\bar{Y}_H - \bar{Y}_K}{\bar{X}_p} = \frac{0,22 - 0,013}{0,018} = 11,5 \frac{\text{кг}(\text{H}_2\text{O})}{\text{кг}(\text{газ.сум})} \quad (2.24)$$

Загальна витрата абсорбенту в колоні:

Ив. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Ив. № дубл.	Подпись и дата
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
XI.A.00.00.00ПЗ				Лист
				22

$$L_X = l_{\text{роб}} \cdot G_{\text{пов}} = 11,5 \cdot 1,96 = 22,54 \frac{\text{кг}}{\text{с}} \quad (2.25)$$

Розрахунок середньої рушійної сили.

Розраховуємо середню рушійну силу для газової фази:

$$\Delta \bar{Y}_{\text{сер}} = \frac{\Delta \bar{Y}_H - \Delta \bar{Y}_K}{\ln \frac{\Delta \bar{Y}_H}{\Delta \bar{Y}_K}} \quad (2.26)$$

де $\Delta \bar{Y}_H, \Delta \bar{Y}_K$ – рушійна сила внизу й угорі абсорбера відповідно.

Визначаємо за додатком 1 при $\bar{X}_K = 0,018 \frac{\text{кг SO}_2}{\text{кг H}_2\text{O}}$ $\bar{Y}_{\text{нр}} = 0,198 \frac{\text{кг SO}_2}{\text{кг пов}}$

$$\Delta \bar{Y}_H = \bar{Y}_H - \bar{Y}_{\text{нр}} = 0,22 - 0,198 = 0,022 \frac{\text{кг SO}_2}{\text{кг пов}} \quad (2.27)$$

$$\Delta \bar{Y}_K = \bar{Y}_K - \bar{Y}_{\text{кр}} = 0,013 - 0 = 0,013 \frac{\text{кг SO}_2}{\text{кг пов}} \quad (2.28)$$

$$\Delta \bar{Y}_{\text{сер}} = \frac{0,022 - 0,013}{\ln \frac{0,022}{0,013}} = 0,01711 \frac{\text{кг SO}_2}{\text{кг пов}} \quad (2.29)$$

Загальне число одиниць переносу:

$$N_{\text{oy}} = \frac{\bar{Y}_H - \bar{Y}_K}{\Delta \bar{Y}_{\text{сер}}} = \frac{0,22 - 0,013}{0,01711} = 12 \quad (2.30)$$

Инва. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инва. № дубл.	Подпись и дата						Лист	
					XI.A.00.00.00ПЗ					23	
					Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

2.3 Конструктивні розрахунки.

Розрахунок швидкості газу й діаметра абсорбера.

Швидкість газу в абсорбері розраховуємо за формулою:

$$w_p = C \cdot \sqrt{\frac{\rho_x}{\rho_y}} \quad (2.31)$$

де коефіцієнт $C = 0,042$

Приймаємо відстань між ковпачковими тарілками $H_T = 400$ мм.

$\rho_x = 998 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ – густина води при $t = 20\text{С}$.

$\rho_y = 2,4 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ – густина газової суміші в робочих умовах.

Тоді

$$w_p = 0,042 \cdot \sqrt{\frac{998}{2,4}} = 0,86 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad (2.32)$$

Діаметр абсорбера розраховуємо за формулою:

$$D_a = \sqrt{\frac{V_r}{0,785 \cdot w_p}} = \sqrt{\frac{0,99}{0,785 \cdot 0,86}} = 1,211 \text{ м}$$

де V_r – витрата газової суміші в робочих умовах.

Остаточно приймаємо діаметр колони: $D_k = 1200$ мм.

Уточнюємо робочу швидкість газу:

Ив. № подл.	Подпись и дата	Ив. № дубл.	Подпись и дата			Лист
Взам. инв. №						
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	XI.A.00.00.00ПЗ	

$$w_r = \frac{V_r}{0,785 \cdot D_k^2} = \frac{0,99}{0,785 \cdot 1,2^2} = 0,88 \frac{M}{c} \quad (2.34)$$

При розрахованому діаметрі колони $D_k = 1200$ мм вибираємо по рекомендаціях [3] вибираємо тарілку типу ТСК-Р

Вільний перетин колони	$F_k = 1,13 \text{ м}^2$.
Довжина лінії барботажу	$L_6 = 12,3 \text{ м}$.
Периметр зливу	$L_c = 818 \text{ мм}$.
Перетин переливу	$f_{пер} = 0,099 \text{ м}^2$.
Вільний перетин тарілки	$F_c = 0,129 \text{ м}^2$.
Відносна площа проходу парів	11,4 %.
Діаметр ковпачка	$d = 100 \text{ мм}$.
Кількість ковпачків	$n = 39 \text{ шт}$.
Крок ковпачків	$t = 140 \text{ мм}$.

Розрахунок числа тарілок графічним методом.

Розраховуємо середній ККД тарілки η_0 за критеріальною формулою для ковпачкових тарілок:

$$\eta_0 = 0,068 \cdot K_1^{0,1} \cdot K_2^{0,115} \quad (2.35)$$

де K_1 й K_2 – безрозмірні комплекси.

$$K_1 = \frac{w_r \cdot h_{пр} \cdot \rho_{SO_2}}{S_{св} \cdot \rho_{ж} \cdot D_{ox}} = \frac{0,88 \cdot 0,015 \cdot 4,8}{0,08 \cdot 998 \cdot 1,7 \cdot 10^{-9}} = 466816 \quad (2.36)$$

Ив. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Ив. № дубл.	Подпись и дата	Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	XI.A.00.00.00ПЗ	Лист
											25

$S_{св} = 0,08 \text{ м}^2$ – відносна площа вільного перерізу тарілки. [3], стор. 213, дод. 5.2

$h_{пр} = 0,015 \text{ м}$ – висота прорізи в ковпачку; [3], стор. 213, дод. 5.2

D_{ox} - значення коефіцієнта молекулярної дифузії у воді SO_2

w_r - швидкість газу.

Визначаємо числове значення коефіцієнта молекулярної дифузії у воді SO_2 при $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$ $D_{ox\text{SO}_2} = 1,7 \cdot 10^{-9} \text{ м}^2/\text{с}$.

$$K_2 = \frac{\sigma}{w \cdot \rho_{ж} \cdot D_{ox}} \quad (2.37)$$

$\sigma = 72,8 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Н}}{\text{м}}$ – зусилля поверхневого натягу води при $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$;

$$K_2 = \frac{72,8 \cdot 10^{-3}}{0,88 \cdot 998 \cdot 1,7 \cdot 10^{-9}} = 48800 \quad (2.38)$$

$$\eta_0 = 0,068 \cdot (466816)^{0,1} \cdot (48800)^{0,115} = 0,87 \quad (2.39)$$

За діаграмою (додаток А) розраховуємо число тарілок $n_T = 12$ шт.

Дійсне число тарілок розраховуємо за формулою:

$$n_d = \frac{n_T}{\eta_0} = \frac{12}{0,87} = 14 \text{ шт} \quad (2.40)$$

Розрахунок числа тарілок кінематичним методом.

Ивв. № подл.	Подпись и дата					
	Ивв. № дубл.					
	Взам. инв. №					
	Подпись и дата					
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	XI.A.00.00.00ПЗ	Лист
						26

Розрахунок абсорбера проводимо по модифікованому рівнянню масопередачі:

$$M = K_{xf} \cdot F \cdot \Delta \bar{X}_{сер} = K_{yf} \cdot F \cdot \Delta \bar{Y}_{сер} \quad (2.41)$$

Коефіцієнт масопередачі K_{yf} розраховується за рівнянням адитивності фазових дифузійних опорів:

$$K_{yf} = \frac{1}{\frac{1}{\beta_{yf}} + \frac{m}{\beta_{xf}}} \quad (2.42)$$

Розрахунки коефіцієнта масоотдачі в газовій фазі

Коефіцієнт масовіддачі в газовій фазі для ковпачкових тарілок визначаємо за рівнянням:

$$\beta_y = 0,01 \cdot w^{1,32} \cdot \Delta P_{ж} \quad (2.43)$$

де $\Delta P_{ж}$ – гідравлічний опір шару рідини на тарілці.

Гідравлічний опір шару рідини на тарілці:

$$\Delta P_{ж} = \Delta P_{\sigma} + \Delta P_{ст} \quad (2.44)$$

де ΔP_{σ} – опір, викликуване силами поверхневого натягу, Па;

$\Delta P_{ст}$ – статичний опір шару рідини, Па.

Опір, викликуваний силами поверхневого натягу, розраховується за формулою:

Инов. № подл.	Подпись и дата				XI.A.00.00.00ПЗ	Лист
Взам. инв. №	Инов. № дубл.					27
Подпись и дата					Изм	Лист
		№ докум.	Подп.	Дата		

$$\Delta P_{\sigma} = \frac{2 \cdot \sigma \cdot (h_{\text{пр}} + S_{\text{пр}})}{h_{\text{пр}} \cdot S_{\text{пр}}} \quad (2.45)$$

де $\sigma = 72,8 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Н}}{\text{м}}$ – поверхневий натяг води при $t = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

$h_{\text{пр}} = 0,015 \text{ м}$ – висота прорізу в ковпачку;

$S_{\text{пр}} = 0,008 \text{ м}$ – ширина прорізу в ковпачку.

$$\Delta P_{\sigma} = \frac{2 \cdot 72,8 \cdot 10^{-3} \cdot (0,015 + 0,008)}{0,015 \cdot 0,008} = 27,91 \text{ Па}$$

Статичний опір шару рідини:

$$\Delta P_{\text{ст}} = \rho_{\text{пн}} \cdot g \cdot (H_{\text{пн}} - 0,5 \cdot h_{\text{пр}}) \quad (2.46)$$

де $\rho_{\text{пн}} = 500 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ – густина піни;

$H_{\text{пн}}$ – висота піни, м.

Висота піни розраховується за рівнянням:

$$H_{\text{пн}} = \frac{(h_{\text{п}} + \Delta - h_{\text{св}}) \cdot (f_{\text{т}} - F_{\text{к}}) \cdot \rho_{\text{ж}} + h_{\text{св}} \cdot f_{\text{т}} \cdot \rho_{\text{пн}} + (h_{\text{к}} - h_{\text{св}}) \cdot F_{\text{к}} \cdot \rho_{\text{пн}}}{f_{\text{т}} \cdot \rho_{\text{пн}}} \quad (2.47)$$

де $f_{\text{т}} = 0,93 \text{ м}^2$ – робоча площа тарілки;

$F_{\text{к}}$ – площа, яку займають ковпачки;

$h_{\text{к}} = 0,05 \text{ м}$ – висота ковпачка;

$h_{\text{св}} = 0,004 \text{ м}$ – висота шару світлої рідини;

$h_{\text{п}} = 0,04 \text{ м}$ – висота переливу;

Δ – висота шару рідини над переливом.

Инв. № подл.	Подпись и дата			
	Инв. № дубл.	Подпись и дата		
Взам. инв. №	Инв. № дубл.			
Подпись и дата	Взам. инв. №			
Инв. № подл.	Подпись и дата			
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
XI.A.00.00.00ПЗ				Лист
				28

$$F_k = 0,785 \cdot d_k^2 \cdot n \quad (2.48)$$

де $d_k = 100$ мм – діаметр ковпачків;

$n = 39$ шт – кількість ковпачків.

$$F_k = 0,785 \cdot 0,10^2 \cdot 39 = 0,31 \text{ м}^2$$

$$\Delta = 0,68 \cdot \frac{V_{ж}}{\Pi} \quad (2.49)$$

де $V_{ж}$ – об'ємна витрата рідини.

$$V_{ж} = \frac{L}{\rho_{ж}} \quad (2.50)$$

$$V_{ж} = \frac{22,54}{998} = 0,023 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

$\Pi = 0,818$ м – периметр зливу.

$$\Delta = 0,68 \cdot \frac{0,023}{0,818} = 0,019 \text{ м}$$

$$H_{\text{пн}} = \frac{(0,04 + 0,019 - 0,004) \cdot (0,818 - 0,31) \cdot 998 + 0,004 \cdot 0,93 \cdot 500 + (0,05 - 0,004) \cdot 0,31 \cdot 500}{0,93 \cdot 500} = 0,09 \text{ м}$$

$$\Delta P_{\text{ст}} = 500 \cdot 9,81 \cdot (0,09 - 0,5 \cdot 0,015) = 405 \text{ Па}$$

Гідравлічний опір шару рідини на тарілці:

$$\Delta P_{ж} = 27,91 + 405 = 433 \text{ Па}$$

Тоді коефіцієнт масовіддачі в газовій фазі для ковпачкових тарілок розраховується за рівнянням:

Инов. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инов. № дубл.	Подпись и дата	Инов. № подл.	Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	XI.A.00.00.00ПЗ	Лист
												29

$$\beta_y = 0,01 \cdot 0,88^{1,32} \cdot 433 = 3,66 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с}$$

Розрахунки коефіцієнта масовіддачі в рідкій фазі

Тоді коефіцієнт масовіддачі в рідкій фазі для ковпачкових тарілок розраховується за рівнянням:

$$\beta_{жс} = 0,075 \cdot w^{0,79} \cdot \Delta P_{жс} \quad (2.51)$$

$$\beta_{жс} = 0,075 \cdot 1,05^{0,79} \cdot 433 = 29,36 \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с} \quad (2.52)$$

Визначення коефіцієнта масопередачі

$$K_y = \frac{1}{\frac{1}{\beta_{yf}} + \frac{m}{\beta_{xf}}} \quad (2.53)$$

де m – тангенс кута нахилу лінії рівноваги.

$$m = \frac{E}{P} \quad (2.54)$$

$E = 0,027 \cdot 10^6 \text{ мм.рт.ст} = 0,027 \cdot 133,3 \cdot 10^6 = 3,6 \cdot 10^6 \text{ Па}$ – коефіцієнт Генрі для SO_2 при $t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$.

$$m = \frac{3,6 \cdot 10^6}{1,8 \cdot 10^5} = 20 \quad (2.55)$$

$$K_{yf} = \frac{1}{\frac{1}{3,66} + \frac{20}{29,36}} = 2,15 \left(\frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}} \right) \quad (2.56)$$

Инва. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Инва. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

Розрахунок числа тарілок.

Сумарна поверхня тарілок розраховується за рівнянням:

$$F = \frac{\Delta M}{K_{yf} \cdot \Delta \bar{Y}_{сер}} = \frac{0,4}{2,15 \cdot 0,01711} = 10,87 \text{ м}^2 \quad (2.57)$$

Кількість тарілок розраховуємо за наступною формулою:

$$n_d = \frac{F}{f} \quad (2.58)$$

де $f = 0,93 \text{ м}^2$ - робоча поверхня ковпачкової тарілки.

$$n_d = \frac{10,87}{0,93} \approx 12 \text{ шт} \quad (2.59)$$

З розрахунку числа тарілок графічним методом і кінематичним методами число тарілок приблизно збігається.

Приймаємо остаточне число тарілок із запасом $n_d = 14$ шт.

Розрахунок висоти колони.

Висоту колони розраховуємо за формулою:

$$H_k = (n_d - 2) \cdot H + Z_c + Z_B + Z_H \quad (2.60)$$

Инв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата					Лист
									31
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	XI.A.00.00.00ПЗ				

де $Z_c = 700$ мм – відстань між тарілками в місці монтажу середнього люка;

$Z_B = 1,0 \cdot D_k = 1200$ мм – відстань між верхньою тарілкою й кришкою колони; [3], стор. 209

$Z_H = 1,5 \cdot D_k = 1,5 \cdot 1200 = 1800$ мм – відстань між нижньою тарілкою й днищем колони. [3], стор. 209

$$H_k = (14 - 2) \cdot 400 + 700 + 1200 + 1800 = 8500 \text{ мм} \quad (2.61)$$

Розрахунок діаметра штуцерів.

Діаметр патрубкa для введення вихідної газової суміші:

$$d_r = \sqrt{\frac{V_r}{0,785 \cdot w_r}} = \sqrt{\frac{0,99}{0,785 \cdot 12}} = 0,324 \text{ м} \quad (2.62)$$

де $w_r = 12 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ – швидкість газової суміші у вхідному штуцері.

Приймаємо $d_r = 325$ мм.

Діаметр патрубкa для введення рідини:

$$d_{\text{ж}} = \sqrt{\frac{V_x}{0,785 \cdot w_{\text{ж}}}} \quad (2.63)$$

де $w_{\text{ж}} = 1,5 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ – швидкість рідини в штуцері.

Ивв. № подл.	Подпись и дата					
	Ивв. № дубл.					
	Взам. инв. №					
	Подпись и дата					
	Ивв. № подл.					
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	XI.A.00.00.00ПЗ	Лист
						32

$$V_x = \frac{L_x}{\rho_x} = \frac{22,54}{998} = 0,023 \frac{м^3}{с} \quad (2.64)$$

$$d_{ж} = \sqrt{\frac{0,023}{0,785 \cdot 1,5}} = 0,138 \text{ м} \quad (2.65)$$

Приймаємо $d_{ж} = 140 \text{ мм}$.

2.4 Гідравлічний опір апарата

Гідравлічний опір шару рідини на тарілці:

$$\Delta P_{ж} = \Delta P_{\sigma} + \Delta P_{ст} \quad (2.66)$$

де ΔP_{σ} – опір, викликуване силами поверхневого натягу, Па;

$\Delta P_{ст}$ – статичний опір шару рідини, Па.

Опір, викликуваний силами поверхневого натягу, розраховується за формулою:

$$\Delta P_{\sigma} = \frac{2 \cdot \sigma \cdot (h_{пр} + S_{пр})}{h_{пр} \cdot S_{пр}} \quad (2.67)$$

де $\sigma = 72,8 \cdot 10^{-3} \frac{Н}{м}$ – поверхневий натяг води при $t = 20 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

$h_{пр} = 0,015\text{м}$ – висота прорізу в ковпачку; [3]

$S_{пр} = 0,008\text{м}$ – ширина прорізу в ковпачку. [3]

$$\Delta P_{\sigma} = \frac{2 \cdot 72,8 \cdot 10^{-3} \cdot (0,015 + 0,008)}{0,015 \cdot 0,008} = 27,91 \text{ Па}$$

Статичний опір шару рідини:

Инва. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инва. № дубл.	Подпись и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	XI.A.00.00.00ПЗ	Лист
						33

$$\Delta P_{\text{ст}} = \rho_{\text{пн}} \cdot g \cdot (H_{\text{пн}} - 0,5 \cdot h_{\text{пр}}) \quad (2.68)$$

де $\rho_{\text{пн}} = 500 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ – густина піни; [3]

$H_{\text{пн}}$ – висота піни, м.

Висота піни розраховується за рівнянням:

$$H_{\text{пн}} = \frac{(h_{\text{п}} + \Delta - h_{\text{св}}) \cdot (f_{\text{т}} - F_{\text{к}}) \cdot \rho_{\text{ж}} + h_{\text{св}} \cdot f_{\text{т}} \cdot \rho_{\text{пн}} + (h_{\text{к}} - h_{\text{св}}) \cdot F_{\text{к}} \cdot \rho_{\text{пн}}}{f_{\text{т}} \cdot \rho_{\text{пн}}} \quad (2.69)$$

де $f_{\text{т}} = 0,93 \text{ м}^2$ – робоча площа тарілки; [6], табл. А.7

$F_{\text{к}}$ – площа, яку займають ковпачки;

$h_{\text{к}} = 0,05 \text{ м}$ – висота ковпачка;

$h_{\text{св}} = 0,004 \text{ м}$ – висота шару світлої рідини;

$h_{\text{п}} = 0,04 \text{ м}$ – висота переливу;

Δ – висота шару рідини над переливом.

$$F_{\text{к}} = 0,785 \cdot d_{\text{к}}^2 \cdot n \quad (2.70)$$

де $d_{\text{к}} = 100 \text{ мм}$ – діаметр ковпачків;

$n = 39 \text{ шт}$ – кількість ковпачків.

$$F_{\text{к}} = 0,785 \cdot 0,10^2 \cdot 39 = 0,31 \text{ м}^2$$

$$\Delta = 0,68 \cdot \frac{V_{\text{ж}}}{\Pi} \quad (2.71)$$

де $V_{\text{ж}}$ – об'ємна витрата рідини.

$$V_{\text{ж}} = \frac{L}{\rho_{\text{ж}}} = \frac{22,54}{998} = 0,023 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} \quad (2.72)$$

Ив. № подл.	Подпись и дата				XI.A.00.00.00ПЗ	Лист
	Ив. № дубл.					34
	Взам. инв. №					
	Подпись и дата					
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

$\Pi = 0,818 \text{ м}$ – периметр зливу.

$$\Delta = 0,68 \cdot \frac{0,023}{0,818} = 0,019 \text{ м} \quad (2.73)$$

$$H_{\text{пн}} = \frac{(0,04 + 0,019 - 0,004) \cdot (0,818 - 0,31) \cdot 998 + 0,004 \cdot 0,93 \cdot 500 + (0,05 - 0,004) \cdot 0,31 \cdot 500}{0,93 \cdot 500} = 0,09 \text{ м}$$

$$\Delta P_{\text{ст}} = 500 \cdot 9,81 \cdot (0,09 - 0,5 \cdot 0,015) = 405 \text{ Па} \quad (2.74)$$

Гідравлічний опір шару рідини на тарілці:

$$\Delta P_{\text{ж}} = 27,91 + 405 = 433 \text{ Па} \quad (2.75)$$

Повний гідравлічний опір абсорбера розраховується за формулою:

$$\Delta P_a = n \cdot \Delta P \quad (2.76)$$

Повний гідравлічний опір однієї тарілки ΔP складається із трьох доданків:

$$\Delta P = \Delta P_c + \Delta P_{\text{ж}} \quad (2.77)$$

де ΔP_c – гідравлічний опір незрошеної тарілки.

$\Delta P_{\text{ж}}$ - гідравлічний опір шару рідини на тарілці

Гідравлічний опір незрошеної тарілки визначається за формулою:

$$\Delta P_c = \xi \frac{w_r^2 \cdot \rho_y}{2 \cdot F_c^2} \quad (2.78)$$

де $\xi = 5,0$ – коефіцієнт опір сухої ковпачкової тарілки;

Ив. № подл.	Подпись и дата				Лист 35
	Ив. № дубл.				
	Взам. инв. №				
	Подпись и дата				
	Ив. № подл.				
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	XI.A.00.00.00ПЗ

$F_c = 0,129 \text{ м}^2$ – вільний перетин тарілки.

$$\Delta P_c = 5 \cdot \frac{0,88^2 \cdot 2,4}{2 \cdot 0,129^2} = 55,84 \text{ Па} \quad (2.79)$$

$$\Delta P = 55,84 + 433 = 489 \text{ Па}$$

Повний гідравлічний опір абсорбера:

$$\Delta P_a = 14 \cdot 489 = 6846 \text{ Па} \quad (2.80)$$

2.5 Вибір допоміжного обладнання

Насос для перекачування води

Підбираємо насос для перекачування води при температурі 20°C у ємність з апарату працюючого під тиском $0,1 \text{ МПа}$. Витрата води $0,023 \text{ м}^3/\text{с}$. Геометрична висота підйому води на 13 м . Довжина трубопроводу на лінії всмоктування 10 м , на лінії нагнітання 40 м . На линини нагнітання знаходяться 5 відводів під кутом 90° з радіусом повороту, що дорівнює 6 діаметрам труби. На всмоктуючій ділянці трубопроводу встановлено прямоточний вентиль .

Перевірити можливість установки насосу на висоті 4 м над рівнем води у ємкості.

а) Вибір трубопроводу

Для всмоктуючого та нагнітаючого трубопроводу приймаємо однако-ву швидкість швидкість течії води, рівною 2 м/с . Тоді діаметр по формулі (1.8) [2 стор.10] дорівнює:

$$d = \sqrt{4 \cdot Q / \pi \cdot \omega} \quad (2.81)$$

Ив. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Ив. № дубл.	Подпись и дата	Ив. № подл.	Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	XI.A.00.00.00ПЗ	Лист
												36

де Q – витрата води м³/с, ω – швидкість руху води у трубопроводі м/с.

$$d = \sqrt{4 \cdot 0,023 / 3,14 \cdot 2} = 0,121 \text{ м}$$

Приймаємо, що трубопровід сталевий, корозія незначна.

б) Визначення витрат на тертя і місцевий опір.

Знаходимо критерій Рейнольдса:

$$Re = \frac{\omega \cdot d \cdot \rho}{\mu} \quad (2.82)$$

$$Re = \frac{2 \cdot 0,121 \cdot 998}{1,005 \cdot 10^{-3}} = 240000$$

тобто режим турбулентний. Абсолютну шорсткість трубопроводу приймаємо

$$\Delta = 2 \cdot 10^{-4} \text{ м. Тоді:}$$

$$e = \Delta / d \quad (2.83)$$

$$e = 2 \cdot 10^{-4} / 0,121 = 0,0016$$

Далі маємо:

$$\frac{1}{e} = \frac{1}{0,0016} = 625$$

$$560 \frac{1}{e} = 560 \frac{1}{0,0016} = 350000$$

$$10 \frac{1}{e} = 10 \frac{1}{0,0016} = 6250$$

$$\text{Звідки: } 6250 < Re < 350000$$

Таким чином у трубопроводі має місце змішане тертя і розрахунок λ потрібно проводити по формулі (1.6) [2 стор.9]:

$$\lambda = 0,11(e + 68/Re)^{0,25} \quad (2.84)$$

$$\lambda = 0,11(0,0016 + 68/240000)^{0,25} = 0,023$$

Визначаємо суму коефіцієнтів місцевих опорів окремо для всмоктуючої та нагнітаючої лінії.

Ив. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Ив. № дубл.	Подпись и дата	Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист
XI.A.00.00.00ПЗ										

Для всмоктуючої лінії:

- 1) Вхід у трубу (приймаємо з гострими краями): $\xi_1=0,5$;
 - 2) Прямоточний вентиль для $d = 0,121$ $\xi=0,498$, помножуємо на поправочний коефіцієнт $k=0,925$ отримуємо $\xi_2 =0,46$;
 - 3) Відводи: коефіцієнт $A=1$, коефіцієнт $B=0,09$, $\xi_3=0,09$;
- Сума коефіцієнтів місцевих опорів у всмоктуючій лінії:

$$\sum \xi = \xi_1 + \xi_2 + \xi_3 \quad (2.85)$$
$$\sum \xi = 0,5 + 0,46 + 0,09 = 1,05$$

Втрачений напір у всмоктуючій лінії знаходимо по формулі (1.2) [2, стор.9]:

$$h_{\text{п}} = \left(\lambda \cdot \frac{l}{d_3} + \sum \xi \right) \cdot \frac{\omega^2}{2 \cdot g} \quad (2.86)$$
$$h_{\text{п.вс}} = \left(0,023 \cdot \frac{10}{0,121} + 1,05 \right) \cdot \frac{2^2}{2 \cdot 9,81} = 0,7 \text{ м}$$

Для нагнітаючої лінії:

- 1) Відводи під кутом 90° : $\xi_1 =0,09$;
- 2) Нормальні вентиля: для $d = 0,121$ $\xi_2=4,1$
- 3) Вихід з труби: $\xi_3=1$.

Сума місцевих опорів в нагнітаючій лінії:

$$\sum \xi = 5 \cdot 0,09 + 4,1 + 1 = 5,55$$

Втрачений напір у нагнітаючій лінії:

$$h_{\text{п.наг}} = \left(0,023 \cdot \frac{40}{0,121} + 5,55 \right) \cdot \frac{2^2}{2 \cdot 9,81} = 2,6 \text{ м}$$

Загальні втрати напору:

$$h_{\text{п}} = h_{\text{п.вс}} + h_{\text{п.наг}} \quad (2.87)$$
$$h_{\text{п}} = 0,7 + 2,6 = 3,4 \text{ м}$$

Инва. № подл.	Подпись и дата	Инва. № дубл.	Подпись и дата		
Взам. инв. №					
Инва. № подл.	Подпись и дата				
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
XI.A.00.00.00ПЗ					Лист
					38

в) Вибір насосу.

Знаходимо напір насосу по формулі (1.33) [2, стор.12]:

$$H = \frac{p_2 - p_1}{\rho \cdot g} + H_{\Gamma} + h_{\pi} \quad (2.88)$$

де p_1 – тиск у ємкості, з якої перекачується рідина; p_2 - тиск у апараті, у який перекачується рідина; H_{Γ} – геометрична висота підйому рідини; ρ – густина рідини при 20 °.

$$H = \frac{0,1 \cdot 10^6}{998 \cdot 9,81} + 13 + 3,4 = 26,6 \text{ м вод. стовба}$$

Даний напір забезпечується при заданій потужності забезпечується відцентровими насосами. Враховуючи, що відцентрові насоси широкого розповсюджені у промисловості за рахунок достатньо високого к.к.д., компактності і зручності комбінування з електродвигунами, вибираємо для подальшого розгляду саме ці насоси.

Корисну потужність насосу знаходимо по формулі (1.32) [2, стор. 12]:

$$N_{\pi} = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \quad (2.89)$$

де Q – витрата рідини; H – напір насосу (у метрах водяного стовпа перекачуємої рідини)

$$N_{\pi} = 998 \cdot 9,81 \cdot 0,023 \cdot 26,6 = 5989 \text{ Вт} \approx 6 \text{ кВт}$$

По таблиці 1.2 [2, стор.13] встановлюємо, що заданий заданим подачі та напору більше всього відповідає відцентровий насос марки X90/33, для якого в оптимальних умовах роботи $Q = 2,55 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3/\text{с}$, $H = 29,2 \text{ м}$, $\eta_{\pi} = 0,7$. Насос забезпечений електродвигуном АО2-71-2 номінальною потужністю $N_{\pi} = 22 \text{ кВт}$, $\eta_{\text{дв}} = 0,9$. Частота обертання валу $48,3 \text{ с}^{-1}$.

г) Визначення граничної висоти всмоктування.

По формулі (1.37) [2, стор.12] розраховуємо запас напору на кавітацію:

$$h_3 = 0,3 \cdot (Q \cdot n^2)^{2/3} \quad (2.90)$$

$$h_3 = 0,3 \cdot (0,023 \cdot 48,3^2)^{2/3} = 4,26 \text{ м}$$

Ив. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Ив. № дубл.	Подпись и дата	XI.A.00.00.00ПЗ					Лист
										39
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						

По таблицям тисків насиченого водяного пара знаходимо, що при 20 °С $p_t = 2,35 \cdot 10^3$ Па. Приймаємо, що атмосферний тиск рівний $p_1 = 10^5$ Па, а діаметр всмоктуючого патрубку рівний діаметр трубопроводу. Тоді по формулі (1.36) [2, стор.12] знаходимо:

$$H_{\text{вс}} \leq \frac{p_1}{\rho \cdot g} - \left(\frac{p_t}{\rho \cdot g} + \frac{\omega_{\text{вс}}^2}{2 \cdot g} + h_{\text{п.вс}} + h_3 \right) \quad (2.91)$$

$$\frac{10^5}{998 \cdot 9,81} - \left(\frac{2,35 \cdot 10^3}{998 \cdot 9,81} + \frac{2^2}{2 \cdot 9,81} + 0,7 + 4,26 \right) = 4,8$$

Таким чином, розміщення насоса на висоті 4м над рівнем води у ємкості є можливим.

Розрахунок вентилятора для перекачування газу

Підібрати вентилятор для перекачування повітря через абсорбер. Витрата повітря 0,99 м³/с, температура 20 °С. Повітря вводиться в нижню частину абсорбера. Довжина трубопроводу від точки забору повітря 20 м. На трубопроводі є 2 коліна під кутом 90 °.

Приймаємо швидкість повітря у трубопроводі $\omega = 15$ м/с. Тоді діаметр трубопроводу по формулі (1.8) [2, стор.10] дорівнює:

$$d = \sqrt{4 \cdot Q / \pi \cdot \omega} \quad (2.92)$$

де Q – витрата води м³/с, ω – швидкість руху води у трубопроводі м/с.

$$d = \sqrt{4 \cdot 0,99 / 3,14 \cdot 15} = 0,289 \text{ м}$$

Знаходимо критерій Рейнольдса:

$$Re = \frac{\omega \cdot d \cdot \rho}{\mu} \quad (2.93)$$

$$Re = \frac{15 \cdot 0,289 \cdot 1,206}{1,85 \cdot 10^{-5}} = 282595$$

тобто режим турбулентний. Абсолютну шореткість трубопроводу приймаємо $\Delta = 1,5 \cdot 10^{-4}$ м. Тоді:

Инов. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Инов. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	XI.A.00.00.00ПЗ	Лист
						40

$$e = \Delta/d \quad (2.94)$$

$$e = 1,5 \cdot 10^{-4} / 0,289 = 5,1 \cdot 10^{-4}$$

Далі маємо:

$$\frac{1}{e} = \frac{1}{5,1 \cdot 10^{-4}} = 2000$$

$$560 \frac{1}{e} = 560 \frac{1}{5,1 \cdot 10^{-4}} = 1120000$$

$$10 \frac{1}{e} = 10 \frac{1}{5,1 \cdot 10^{-4}} = 20000$$

Звідки: $20000 < Re < 1120000$

Таким чином у трубопроводі має місце змішане тертя і розрахунок λ потрібно проводити по формулі (1.6) [2]:

$$\lambda = 0,11(e + 68/Re)^{0,25} \quad (2.95)$$

$$\lambda = 0,11(5,1 \cdot 10^{-4} + 68/282595)^{0,25} = 0,0182$$

Визначаємо суму коефіцієнтів місцевих опорів

Для всмоктуючої лінії:

- 1) Вхід у трубу (приймаємо з гострими краями): $\xi_1=0,5$;
- 2) Коліно: $\xi_2=1,1$;
- 3) Вихід: $\xi_3=1$.

Сума коефіцієнтів місцевих опорів у всмоктуючій лінії:

$$\sum \xi = \xi_1 + \xi_2 + \xi_3 \quad (2.96)$$

$$\sum \xi = 0,5 + 1,1 + 1 = 2,6$$

Гідравлічний опір трубопроводу по формулі (1.1) [2, стор.9]:

$$\Delta p_{\pi} = \left(\lambda \cdot \frac{l}{d_3} + \sum \xi \right) \cdot \frac{\rho \cdot \omega^2}{2} \quad (2.97)$$

$$\Delta p_{\pi} = \left(0,0182 \cdot \frac{20}{0,289} + 2,6 \right) \cdot \frac{1,206 \cdot 15^2}{2} = 523,7 \text{ Па}$$

Корисну потужність знаходимо по формулі (1.32) [2, стор.12]:

$$N_{\pi} = \rho g Q H = Q \cdot \Delta p \quad (2.98)$$

Ив. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Ив. № дубл.	Подпись и дата	Ив. № подл.	Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	XI.A.00.00.00ПЗ	Лист
												41

$$N_{\pi} = 0,99 \cdot 523 = 517 \text{ Вт}$$

Приймаємо $\eta_{\text{пер}} = 1$ і $\eta_{\text{н}} = 0,6$, по формулі (1.34) [2, стор.12] маємо:

$$N = 517/0,6 = 862 \text{ В}$$

По таблицям 1.8 і 1.9 [2, стор. 15] встановлюємо, що отримані дані краще всього задовольняє газодувка ТВ-25-1,12, що характеризується $Q = 1,67 \text{ м}^3$, $\Delta p = \rho g H = 12000 \text{ Па}$. Газодувка забезпечена електродвигуном АО2 – 71-2 номінальної потужності $N=40 \text{ кВт}$.

Ємності для накопичення рідини з абсорбера

Розрахунок ємності для накопичення і подальшого перекачування рідини з абсорбера

Маємо витрату води $Q = 0,023 \text{ м}^3/\text{с}$

Визначаємо об'ємну витрату води, що виходить через абсорбер за 1хв:

$$Q = 0,023 \cdot 60 = 1,38 \text{ м}^3/\text{хв}$$

Задаємося часом наповнення ємності 30 хв. та знаходимо її об'єм:

$$V = 1,38 \cdot 30 = 41,4 \text{ м}^3.$$

При коефіцієнті заповнення ємності 0,9 необхідний об'єм:

$$V_{\text{емн}} = V/0,9 = 41,4/0,9 = 46 \text{ м}^3.$$

Приймаємо ємність для відводу рідини з абсорберу об'ємом 50 м^3 .

Приймаємо, що ємність горизонтальна циліндричної форми діаметром $D_{\text{емн}} = 3\text{м}$ з еліптичними днищами.

Тоді довжина ємності:

$$L = (V_{\text{емн}} - 2 V_{\text{дн}}) / (0,785 \cdot D_{\text{емн}}^2) \quad (2.99)$$

де $V_{\text{дн}} = 3,942 \text{ м}^3$ – об'єм днища. [13]

$$L = (V_{\text{емн}} - 2 V_{\text{дн}}) / (0,785 \cdot D_{\text{емн}}^2) = (50 - 2 \cdot 3,942) / (0,785 \cdot 3^2) = 5,96 \text{ м}$$

Приймаємо довжину обичайки ємності 6 м.

Инов. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инов. № дубл.	Подпись и дата	XI.A.00.00.00ПЗ					Лист
										42
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						

3 Розрахунки на міцність та герметичність

3.1 Визначення товщини стінки апарата, кришки

Визначення товщини стінки апарата

Розрахунки будемо виконувати за джерелом [8].

Розрахунковий тиск.

Згідно з джерелом [2, стор. 9, табл. 1.2] розрахунковий тиск в апараті:

$$P_R = \max \left\{ \begin{array}{l} 1,5 \cdot P \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} \\ 0,2 \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 1,5 \cdot 0,08 \cdot \frac{184}{184} \\ 0,2 \end{array} \right\} = \max \left\{ \begin{array}{l} 0,12 \\ 0,2 \end{array} \right\} = 0,2 \text{ МПа} \quad (3.1)$$

При технологічних розрахунках тиск абсолютний. При розрахунку товщини розрахунок ведеться на надлишковий тиск. Тому з абсолютного тиску віднімаємо 1 атмосферу. Та отримуємо надлишковий тиск 0,8 атм або 0,08 МПа.

Допустимі напруження.

Допустиме напруження для сталі 12Х18Н10Т за [8, стор. 58, табл. 7] при розрахунковій температурі:

$$[\sigma]_{20} = 184 \text{ МПа}$$

Инов. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инов. № дубл.	Подпись и дата
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Допустиме напруження для матеріалу апарату при гідравлічному випробуванні:

$$[\sigma]_r = \frac{R_{p1.0}^{20}}{n_T} \quad (3.2)$$

де $R_{p1.0}^{20} = 240$ МПа – напруження, при яких виникає 1% пластичної деформації матеріалу [8, стор. 67, табл. 16];

$n_T = 1,1$ – коефіцієнт запасу міцності для умови гідравлічного випробування.

Допустиме напруження для матеріалу апарату при гідравлічному випробуванні:

$$[\sigma]_r = \frac{240}{1,1} \approx 218 \text{ МПа}$$

Розрахунок товщини обичайки апарату

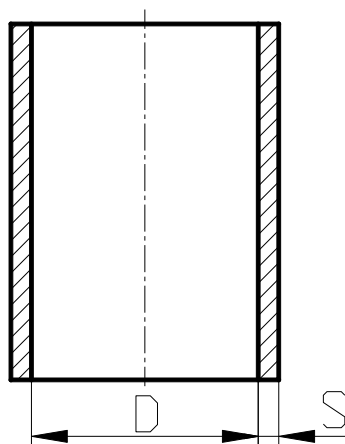


Рисунок 5. Розрахункова схема обичайки корпусу

Внутрішній діаметр обичайки $D = 1200$ мм.

Розрахунковий тиск в колоні $P = 0,2$ МПа.

Розрахункова температура $t_p = 20$ °С.

Инов. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Инов. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	XI.A.00.00.00ПЗ

Матеріал апарата – сталь 12Х18Н10Т.

Товщина стінки обичайки, навантажена внутрішнім надлишковим тиском:

$$S \geq S_p + C, \quad (3.3)$$

де
$$S_p = \frac{p \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p - p},$$

де C – додаток, мм;

P – внутрішній надлишковий тиск, МПа;

D – внутрішній діаметр обичайки, мм;

$[\sigma]$ – допустиме напруження для матеріалу обичайки, МПа;

φ_p – коефіцієнт міцності поздовжнього звареного шва обичайки.

Допустиме напруження:

$[\sigma]_{20} = 184$ МПа – при розрахунковій температурі – $t_p = 20$ °С;

$[\sigma]_r = 218$ МПа – для умов гідравлічного випробування.

Коефіцієнт міцності поздовжнього звареного шва при напівавтоматичному й автоматичному зварюванні $\varphi_p = 0,9$.

Додаток:

$$C = C_1 + C_2 + C_3, \quad (3.4)$$

де C_1 – додаток для компенсації корозії, ерозії, мм;

C_2 – додаток для компенсації мінусового допуску товщини листа, мм;

Инов. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Инов. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата
Изм	Лист
№ докум.	Подп.
Дата	

C_3 – додаток для компенсації утончення листа при технологічних операціях: гнуттю, штампуванню, мм.

$$S_p = \frac{0,2 \cdot 1200}{2 \cdot 184 \cdot 0,9 - 0,2} = 0,73 \text{ мм}$$

Додаток:

$$C_1 = 0,5 \text{ мм}; \quad C_2 = 0,8 \text{ мм}; \quad C_3 = 0 \text{ мм}$$

Тоді $C = 0,5 + 0,8 + 0 = 1,3 \text{ мм}$

$$S \geq 0,73 + 1,3 = 2,03 \text{ мм}$$

За рекомендаціями [3, стор. 211] при діаметрі обичайки 1000 – 1800 мм для колонних апаратів приймається товщина стінки $S = 10 \text{ мм}$.

Тоді допустимий внутрішній тиск:

$$[P] = \frac{2 \cdot \sigma \cdot \varphi_p \cdot (S - C)}{D + (S - C)} \quad (3.5)$$

при робочих умовах:

$$[P] = \frac{2 \cdot 184 \cdot 0,9 \cdot (10 - 1,3)}{1200 + (10 - 1,3)} = 2,38 \text{ МПа}$$

при умовах гідравлічного випробування:

$$[P] = \frac{2 \cdot 218 \cdot 0,9 \cdot (10 - 1,3)}{1200 + (10 - 1,3)} = 2,82 \text{ МПа}$$

Инов. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инов. № дубл.	Подпись и дата					
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	XI.A.00.00.00ПЗ				Лист
									46

Розрахунок товщини кришки апарату

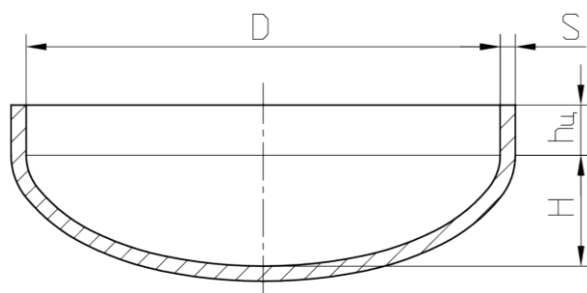


Рисунок 6. Розрахункова схема еліптичного днища

Днище еліптичне днище має такі параметри:

Внутрішній діаметр днища $D = 1200$ мм.

Розрахунковий тиск в колоні $P = 0,2$ МПа.

Розрахункова температура $t_p = 20$ °С.

Матеріал апарата – сталь 12Х18Н10Т.

Товщина днища, навантаженого внутрішнім надлишковим тиском:

$$S \geq S_p + C, \quad (3.6)$$

$$\text{де } S_p = \frac{p \cdot R}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - 0,5 \cdot p}$$

де C – додаток, мм;

P – внутрішній надлишковий тиск, МПа;

R – радіус кривизни у вершині днища, мм;

$[\sigma]$ – допустиме напруження для матеріалу днища, МПа;

φ – коефіцієнт міцності зварених швів днища.

Для стандартного еліптичного днища при $H/D=0,25$ $R=D$.

Ивв. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Ивв. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	XI.A.00.00.00ПЗ	Лист
						47

де C_1 – додаток для компенсації корозії, ерозії, мм;

C_2 – додаток для компенсації мінусового допуску товщини листа, мм;

C_3 – додаток для компенсації утончення листа при технологічних операціях: гнуттю, штампуванню, мм.

$$S_p = \frac{0,2 \cdot 1200}{2 \cdot 184 \cdot 0,9 - 0,5 \cdot 0,2} = 0,72 \text{ мм}$$

Додаток:

$$C_1 = 0,5 \text{ мм}; \quad C_2 = 1,0 \text{ мм}; \quad C_3 = 1,0 \text{ мм}$$

$$\text{Тоді } C = 0,5 + 0,8 + 1,0 = 2,3 \text{ мм}$$

$$S \geq 0,72 + 2,3 = 3,02 \text{ мм}$$

З врахуванням необхідності забезпечення міцності й для забезпечення зварюваності з обичайкою приймаємо $S = 10$ мм.

Тоді допустимий внутрішній тиск:

$$[P] = \frac{2 \cdot \sigma \cdot \varphi \cdot (S - C)}{D + 0,5 \cdot (S - C)} \quad (3.7)$$

При робочих умовах:

$$[P] = \frac{2 \cdot 184 \cdot 0,9 \cdot (10 - 2,3)}{1200 + 0,5 \cdot (10 - 2,3)} = 2,11 \text{ МПа}$$

При умовах гідровипробування:

$$[P] = \frac{2 \cdot 218 \cdot 0,9 \cdot (10 - 2,3)}{1200 + 0,5 \cdot (10 - 2,3)} = 2,5 \text{ МПа}$$

Ивв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Ивв. № дубл.	Подпись и дата	Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	XI.A.00.00.00ПЗ	Лист
											48

3.2 Розрахунок фланцевого з'єднання

Розрахунок був виконаний у програмі Пассат. Звіт з розрахунком представлений у додатку А.

3.3 Розрахунок опори

Для розрахунку опори розрахуємо максимальну вагу апарата.

Вага порожнього апарата:

$$G_{\text{п}} = g \cdot (m_{\text{об}} + 2 \cdot m_{\text{дн}} + 3 \cdot m_{\text{л}} + 14 \cdot m_{\text{к.тар}}) \cdot 1,05 \quad (3.8)$$

де $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ – прискорення вільного падіння;

$m_{\text{об}}$ – маса обичайки, кг;

$m_{\text{дн}} = 137 \text{ кг}$ – маса днища; [13]

$m_{\text{л}} = 74 \text{ кг}$ – маса люка;

$m_{\text{к.тар}} = 64 \text{ кг}$ – маса ковпачкової тарілки;

1,05 – коефіцієнт, який враховує масу неврахованих елементів.

$$G_{\text{п}} = 9,81 \cdot (0,785 \cdot 1,21 \cdot 0,01 \cdot 17,0 \cdot 7900 + 2 \cdot 137 + 3 \cdot 74 + 14 \cdot 64) \cdot 1,05 = 27480 \text{ Н}$$

Вага апарата в робочих умовах:

$$G_{\text{р.у}} = G_{\text{п}} + G_{\text{ж.р}} \quad (3.9)$$

де $G_{\text{ж.р}}$ – вага рідини при роботі апарата, Н.

$$m_{\text{ж.р}} = V_{\text{ж.р}} \cdot \rho \quad (3.10)$$

де $V_{\text{ж.р}} = 0,785 \cdot D_{\text{а}}^2 \cdot h_{\text{куб}} = 0,785 \cdot 1,2^2 \cdot 1,0 = 1,132 \text{ м}^3$

$$m_{\text{ж.р}} = V_{\text{ж.р}} \cdot \rho = 1,132 \cdot 998 = 1130 \text{ кг}$$

$$G_{\text{ж.р}} = m_{\text{ж.р}} \cdot g = 1130 \cdot 9,81 = 11085 \text{ Н} \quad (3.11)$$

Инов. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Инов. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	XI.A.00.00.00ПЗ	Лист
						49

$$G_{p.y} = 27480 + 11085 = 38565 \text{ Н}$$

Вага апарата при гідравлічних випробуваннях:

$$G_r = G_{п} + G_{ж.г} \quad (3.12)$$

де $G_{ж.г}$ – вага рідини при гідровипробуванні апарата, Н.

$$G_{ж.г} = 29400 \cdot 9,81 = 288414 \text{ Н}$$

$$G_r = 27480 + 288414 = 315894 \text{ Н} \approx 0,32 \text{ МН}$$

Найбільша вага на опорі виникає при гідровипробуванні, коли апарат повністю заповнений рідиною.

Апарат вертикального типу. Тому його встановлюємо на циліндричну опору.

Згідно з [2], стор. 286, табл. 14.9 вибираємо циліндричну опору типу 2.
Основні розміри опорної поверхні опори за табл. 14.10:

$$D = 1200 \text{ мм}, D1 = 1480 \text{ мм}, D2 = 1150 \text{ мм}, D_6 = 1360 \text{ мм}$$

Інші розміри по табл. 14.11:

$$S1 = 8 \text{ мм}, S2 = 20 \text{ мм}, S3 = 20 \text{ мм}, d2 = 35 \text{ мм}, d_6 - M30,$$

число болтів – 8.

Висота опори із креслення $H = 1500 \text{ мм}$.

Позначення опори:

Опора 2 – 1200 – 63 – 32 – 1500 ОСТ 26 – 467 – 78

Инов. № подл.	Взам. инв. №	Инов. № дубл.	Подпись и дата

					XI.A.00.00.00ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		50

Перевірочний розрахунки опори.

Максимальне наведене навантаження на опору виникає умовах гідровипробування:

$$Q_{\max} = G_r = 0,32 \text{ МН}$$

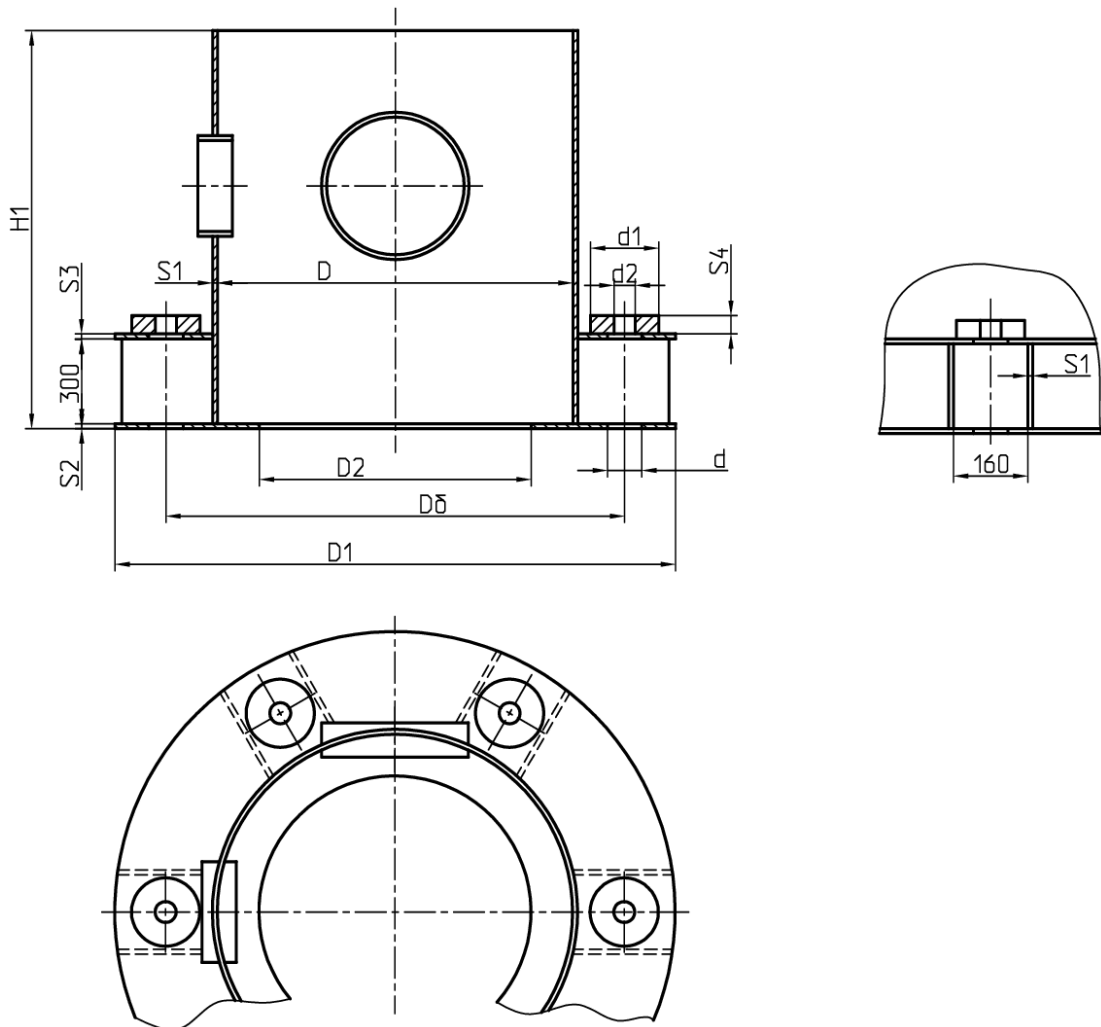


Рисунок 7. Опора циліндрична

Инов. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инов. № дубл.	Подпись и дата
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

XI.A.00.00.00ПЗ

Лист

51

Розрахункова температура в опорній обичайці:

$$t_{R1} = \max\{t_k - \Delta t; 20^0\text{C}\} \quad (3.8)$$

де $\Delta t = 210^0\text{C}$ – перепад температури уздовж опорної обичайки по мал. 14.26.

$t_k = 20^0\text{C}$ – температура корпусу.

$$t_{R1} = \max\{20 - 210; 20^0\text{C}\} = \max\{-190; 20^0\text{C}\} = 20^0\text{C}$$

Міцність зварного шва опори з корпусом:

$$\sigma = \frac{1}{\pi \cdot D \cdot a_1} \cdot \left(\frac{4 \cdot M_y}{D} + P_{II} \right) \leq \varphi_c \cdot \min\{[\sigma_0]; [\sigma_k]\} \quad (3.13)$$

де $a_1 = 8$ мм – розрахункова товщина зварного шва;

M_y – згинальний момент;

P_{II} – максимальна стискаюча сила;

$\varphi_c = 0,7$ – коефіцієнт міцності звареного шва;

$[\sigma_0] = 154$ МПа – допустиме напруження для матеріалу опори;

$[\sigma_k] = 184$ МПа – допустиме напруження для матеріалу корпусу.

$$\sigma = \frac{1}{3,14 \cdot 1200 \cdot 8} \cdot (0 + 320000) \leq 0,7 \cdot \min\{154; 184\}$$

$$\sigma = 10,6 \text{ МПа} \leq 107,8 \text{ МПа}$$

Умова міцності зварного шва виконується.

Ширина нижнього опорного кільця:

Инов. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инов. № дубл.	Подпись и дата	XI.A.00.00.00ПЗ					Лист
										52
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						

$$b_1 = 0,5 \cdot (D_1 - D_2) = 0,5 \cdot (1480 - 1150) = 165 \text{ мм} \quad (3.14)$$

Умова використання обраного кільця:

$$b_1 \geq b_{1R} = \frac{1}{\pi \cdot D_{\delta} \cdot [\sigma_{\text{бет}}]} \cdot \left(\frac{4 \cdot M_z}{D_{\delta}} + P_z \right) \quad (3.15)$$

де $[\sigma_{\text{бет}}] = 8 \text{ МПа}$ – допустиме напруження стиснення для бетону марки 300.

$$b_1 \geq b_{1R} = \frac{1}{3,14 \cdot 1360 \cdot 8} \cdot (0 + 320000)$$

$$165 \text{ мм} > 9,4 \text{ мм}$$

Умова виконується.

Тоді напруження зминання в бетоні:

$$\sigma_{\text{бет}} = [\sigma_{\text{бет}}] \cdot \frac{b_{1R}}{b_1} = 8 \cdot \frac{9,4}{165} = 0,46 \text{ МПа} \quad (3.16)$$

Товщина нижнього опорного кільця:

$$S_2 \geq \max \left\{ \chi_1 \cdot b_2 \cdot \sqrt{\frac{3 \cdot \sigma_{\text{бет}}}{[\sigma]} + C}; 1,5 \cdot S_1 \right\} \quad (3.17)$$

де χ_1 – коефіцієнт по мал. 14.28.

По мал. 14.28 при $b_2 / b_7 = 73 / 304 = 0,24$ $\chi_1 = 0,95$

$$S_2 \geq \max \left\{ 0,95 \cdot 73 \cdot \sqrt{\frac{3 \cdot 0,46}{154}} + 2; 1,5 \cdot 8 \right\} = \max \{8,6; 12,0\} = 12 \text{ мм}$$

Прийнята товщина $S_2 = 20 \text{ мм}$.

Инов. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инов. № дубл.	Подпись и дата	XI.A.00.00.00ПЗ					Лист
										53
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						

Товщина верхнього кільця:

$$S_3 \geq \max \left\{ \chi_2 \cdot \sqrt{\frac{F_6 \cdot [\sigma_6]}{[\sigma]}} + C; 1,5 \cdot S_1 \right\} \quad (3.18)$$

де χ_2 – коефіцієнт по мал. 14.29.

При $b_6/b_5 = 160/73 = 2,19$ та $e_1/b_6 = 36/160 = 0,225$ $\chi_2 = 1,0$

F_6 – площа поперечного перерізу шпильки;

$[\sigma_6] = 160$ МПа – допустиме напруження для матеріалу шпильки.

$$S_3 \geq \max \left\{ 1,0 \cdot \sqrt{\frac{0,785 \cdot 30^2 \cdot 160}{154}} + 2; 1,5 \cdot 8 \right\} = \max \{17,1; 12\} = 17,1 \text{ мм}$$

Прийнята товщина $S_3 = 20$ мм.

Приймаємо кількість шпильок $Z_6 = 8$.

Внутрішній діаметр різьби шпильки:

$$d_6 \geq 2,3 \cdot \sqrt{\frac{0,44 \cdot P_x \cdot D_6}{Z_6 \cdot [\sigma_6]} \cdot D_6} + C \quad (3.19)$$

$$d_6 \geq 2,3 \cdot \sqrt{\frac{0,44 \cdot 320000 \cdot 1360}{8 \cdot 160 \cdot 1360}} + 2 = 26,1 \text{ мм}$$

Приймаємо болти з різьбою М30.

Ив. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Ив. № дубл.	Подпись и дата	XI.A.00.00.00ПЗ					Лист
										54
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						

4 Монтаж та ремонт апарата

4.1 Монтаж розробленого апарата

Апарати колонного типу поставляються, як правило, з встановленими тарілками. Однак в деяких випадках роботи по завантаженню встановленню тарілок виконує замовник. При установці тарілок необхідно забезпечити горизонтальність площин тарілок і однаковий гідравлічний опір, що створюється ковпачками кожної тарілки. Тарілка в зборі вважається герметичною, якщо рівень води, наливої в тарілку, протягом 20 хвилин знижується не більше ніж на 25 мм. Підйом методом ковзання забезпечує горизонтальне переміщення опори апарату. При підйомі кранами припустиме відхилення поліспасти від вертикалі не більше 3° , тому обов'язковим є підтягування опори лебідкою.

Для великих апаратів використовуються спеціальні сани або візки, які переміщаються по рейкових шляхах. Для запобігання скочування апарату з візка з двох сторін на неї укладають шпали.

Апарати забезпечуються спеціальними пристроями, що служать для стропування у нашому випадку за «вуха». Вушка використовуються при строповці апарату за кришку, кількість вушок зазвичай дорівнює трьом.

Инов. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инов. № дубл.	Подпись и дата						Лист
					XI.A.00.00.00ПЗ					55
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						

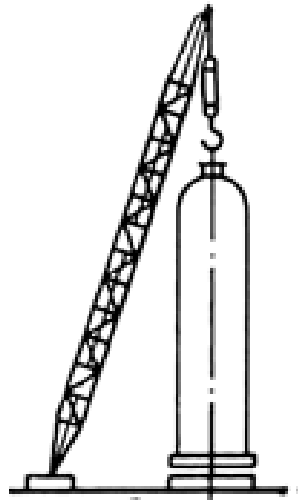


Рисунок 8. Схема монтажу апаратів однієї щоглою

Схеми монтажу апаратів однієї щоглою представлені на рис 8. Цей спосіб застосовуються при монтажі методом ковзання, коли опорна частина апарату ковзає по землі в початковий період підйому, а потім відривається від землі для установки на фундамент. У початковий період підйому апарат піднімається поліспастом мачти, а його опорна частина ковзає по напрямних. На другому етапі підйому апарат піднімається і заводиться на фундамент.

Також можна відзначити наявні переваги й недоліки цього методу.

Переваги:

- найбільш простий;
- вимагає мінімальних витрат на підготовчі роботи і оснащення.

Недоліки:

- вантажопідйомність монтажних механізмів повинна бути дорівнює вазі апарату або перевершувати його;
- підвищені вимоги до перевірки такелажного оснащення, оскільки максимальне навантаження на оснащення впливає тільки в кінці підйому.

Перш ніж звільнити апарат, закріплений на гаку крана або поліспастах, його вивіряють по висоті і на вертикальність. Вивірений апарат фіксують, затягуючи гайки фундаментних болтів. Зазори між фундаментом і опорною поверхнею апарату заповнюють бетонною сумішшю і протягом 30 хвилин

Инвар. № подл.	Подпись и дата	Инвар. № дубл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инвар. №	XI.A.00.00.00ПЗ Лист 56
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		

після закінчення підливки апарат вивіряють. Відхилення від вертикалі насадок колон не повинно перевищувати 0,3% висоти апарату і становить не більше 35 мм. Відхилення від вертикалі ректифікаційних колон заввишки до 50 м, при співвідношенні висоти Н до діаметру D ($H/D = 5$), не повинно перевищувати 0,1% висоти апарату і складати не більше 15 мм.

Вивірка устаткування може здійснюватися за допомогою фундаментних болтів, які поділяються на конструктивні та розрахункові (силові).

Конструктивні болти служать для фіксації обладнання на фундаменті і для запобігання випадкових зсувів.

Розрахункові болти сприймають навантаження, які виникають під час роботи технологічного обладнання.

Розрахункові болти поділяються на такі види:

- 1) встановлюються безпосередньо в масив фундаменту (болти глухі);
- 2) встановлюються в масив фундаменту з ізолюючої трубою (болти глухі і знімні);
- 3) встановлюються в просвердлені свердловини (болти глухі і знімні);
- 4) встановлюються в колодязях (болти глухі).

Беремо болти з відгинами вони є найбільш простими і встановлюються безпосередньо у масив фундаменту або в колодязь.

Вивірка устаткування в плані здійснюється за допомогою струн і схилів, вивірка по висоті - нівеліри і теодолітами, вивірка по горизонталі - рівнем і лінійкою.

Для забезпечення необхідної точності монтажу технологічного обладнання на фундаментах наносять поздовжні і поперечні осі і висотні позначки, які визначають просторове положення обладнання. Положення осей закріплюють плашками (рис. 9, а), а висотних відміток - реперами (рис. 9, б). Осьові плашки і репери закріплюють в місцях, які не зачиняються при установці устаткування на фундамент. Після установки устаткування до них повинен бути вільний доступ.

Ив. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Ив. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

Плашка представляє собою металеву планку розміром не менше 80 х 150 мм, товщиною 5 мм і більше. До неї прикріплюється стрижень 2, який приварюють до арматури 3 фундаменту і заливають бетонною сумішшю. На плашки керном наносять точку 4, що визначає положення монтажної осі. Крапку осі відзначають трикутником 5, який також наносять керном і зафарбовують яскравою фарбою. Для кожної осі фундаменту закладають по дві плашки. [10]

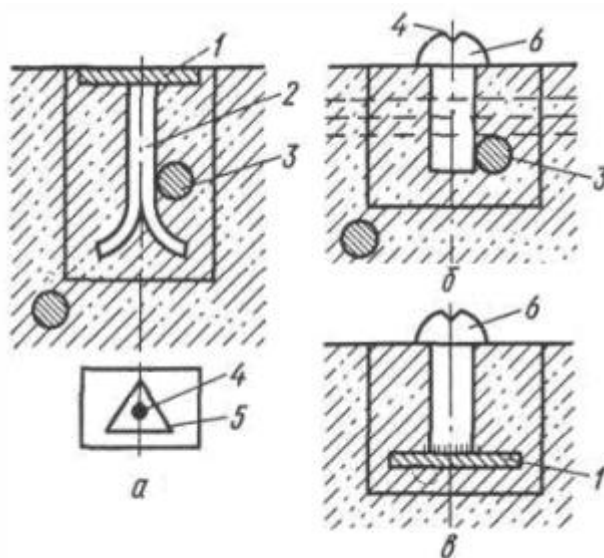


Рисунок 9. Установка плашок (а) і реперів (б, в):

1 - планка; 2 - стрижень; 3 - арматура;

4 - точка; 5 - трикутник; 6 - заклепка

4.2 Ремонт апарата

Основним видом зносу колонних апаратів є забивання та корозія її елементів. Корпуси та внутрішні пристрої колонних апаратів зношуються в результаті корозійного, ерозійного і термічного впливу середовища.

Колонні апарати ремонтують при планово-попереджувальних ремонтах технологічної установки.

Инов. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Инов. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

Підготовка колонних апаратів до ремонту полягає в наступному. Доводять тиск в колоні до атмосферного, видаляють з апарату робоче середовище, після чого його пропарюють водяною парою, яка витісняє залишилися в колоні пари і газу. Після пропарювання колону промивають водою. У деяких випадках пропарку і промивку чергують кілька разів.

Пропарену і промиту колону від'єднують від всіх апаратів і комунікацій глухими заглушками, що встановлюються у фланцевих з'єднаннях штуцерів. Установку кожної заглушки і подальше її зняття реєструють в спеціальному журналі.

Ремонт апарату починається з розкриття, яке слід проводити, суворо дотримуючись таких правил. Спочатку відкривають верхній люк, причому перед цим в апарат протягом деякого часу подають водяну пару, щоб уникнути можливого підсосу повітря, в результаті якого може утворитися вибухонебезпечна суміш. Далі послідовно (згори вниз) відкривають інші люки. Категорично забороняється одночасно відкривати верхній і нижній люки. Не можна також відкривати спочатку нижній, а потім верхній люк, так як за рахунок різниці температур відбувається сильна притока повітря в колону, що може привести до утворення вибухонебезпечної суміші.

Після відкривання люків колона деякий час провітрюється в результаті природної конвекції повітря. Після закінчення провітрювання потрібно провести аналіз проб повітря, взятих з колони на різних висотних відмітках.

До робіт всередині колони дозволяється приступати тільки тоді, коли аналіз покаже, що концентрація шкідливих газів і парів в ній не перевищує гранично допустимих санітарних норм.

Корпус колони і її внутрішні пристрої піддають ретельному огляду.

Тарілки розбирають всередині колони, виносяться через люки на обслуговуючі майданчики і транспортуються для чищення та ремонту.

Спуск секцій тарілок проводиться встановленої у верхній частині колони поворотною кран-укосиною потрібної вантажопідйомності.

Ив. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Ив. № дубл.	Подпись и дата
-------------	----------------	--------------	-------------	----------------

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	XI.A.00.00.00ПЗ	Лист
						59

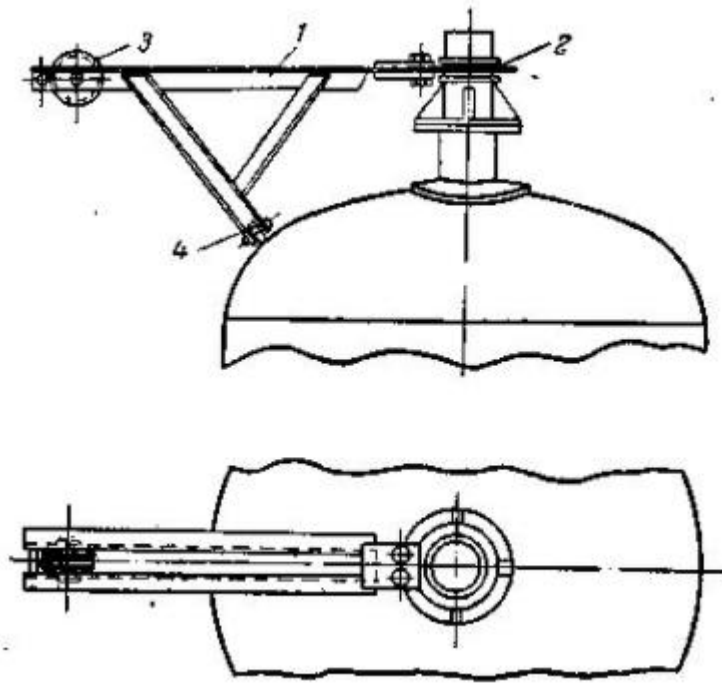


Рисунок 10. - Кран-укосина на корпусі апарату

1 - кронштейн; 2 - стійка; 3 - блок; 4 - ролик.

Ремонт тарілок пов'язаний в основному з їх очищенням і заміною зношених елементів.

При чищенні тарілок користуються лопатками, скребками, пневматичними відбійними молотками.

Після чищення проводять заміну частини ковпачків. Деталі ковпачків виготовляють заново і збираються. Найбільш відповідальною операцією є приварка шпильки до корпусу ковпачка, так як при несоосности цих деталей правильна установка ковпачка виявляється неможливою. Співвісність деталей забезпечується спеціальної оправкой, яка дозволяє також змінювати висоту шпильки шляхом її часткового розгинання при затягуванні гайки.

Инов. № подл.	Подпись и дата		Инов. № дубл.	Подпись и дата	
	Взам. инв. №			Взам. инв. №	
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист
XI.A.00.00.00ПЗ					60

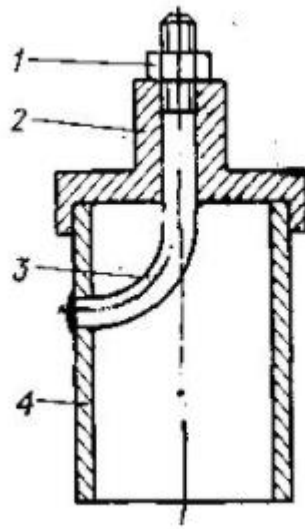


Рисунок 11. - Приварка шпильки до корпусу ковпачка
 1 - гайка; 2 - оправлення; 3 - шпилька; 4 - корпус ковпачка

Після ремонту тарілки перевіряють на барботаж і монтують в корпус.

Ремонт корпусу колонних апаратів проводять в залежності від виявлених дефектів. Дефекти корпусу виявляють шляхом візуального огляду та ультразвукової дефектоскопії.

Нещільні зварні шви вирубують, зачищають і заварюють відповідним електродом.

Зношені штуцери і люки вирізають і замінюють новими з обов'язковим встановленням зміцнювальних кілець.

Найбільш зношені ділянки корпусу колони вирізають, а на їх місце ставлять нову ділянку, заздалегідь свальцованний по радіусу колони. Зварювання виробляють встик.

Вирізання великих ділянок корпусу може привести до ослаблення перетину і порушення стійкості. Тому до вирізання дефектного ділянки його зміцнюють стійками, що встановлюються всередині або зовні. Число й перетин стійок, розміри опорних лап розраховують, виходячи з умови рівності їх опорів опору вирізаного перетину. За допомогою таких стійок

Ив. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата						Лист
					XI.A.00.00.00ПЗ					61
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						

можна замінити весь пошкоджений пояс колони декількома частинами.

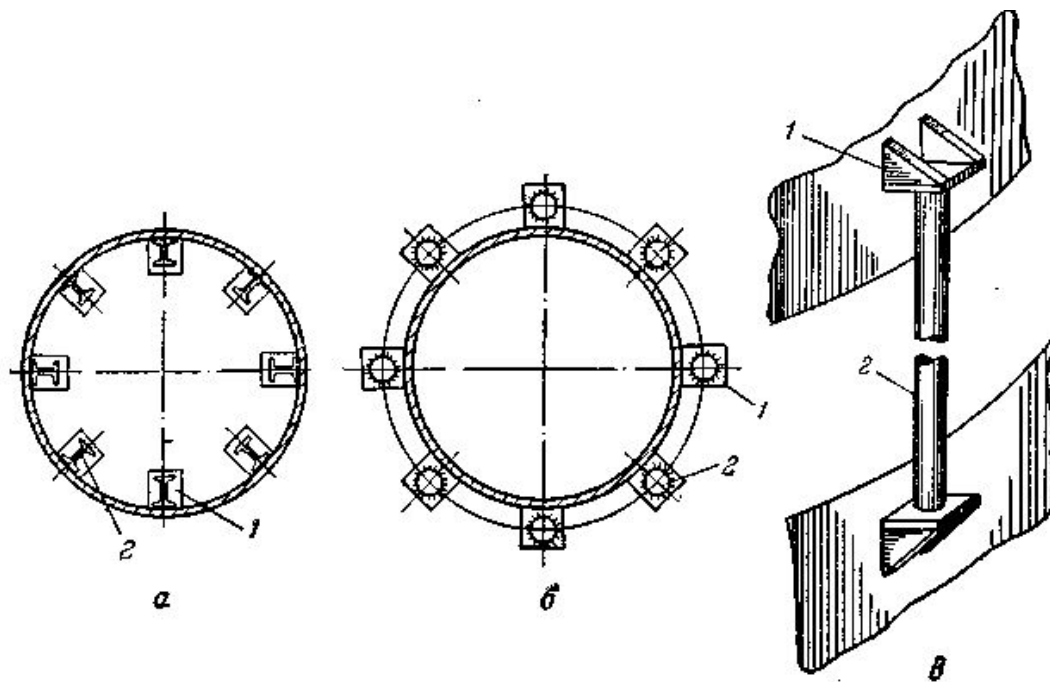


Рисунок 12. - Посилення колони в місцях вирізаних поясів
 а - внутрішніми стійками; б - зовнішніми стійками; в - схема кріплення стійки;

1 - лапа; 2 - стійка.

Ремонт колони закінчується її випробуванням. При гідравлічному випробуванні колона заповнюється водою при відкритій воздушки, яка встановлюється на верху колони. Поява води в воздушці свідчить про заповнення колони. Після закриття воздушки тиск в колоні повільно підвищується до контрольної величини. При цьому тиску апарат витримується 5 хв, потім тиск знижується до робочого значення, при якому здійснюється обстукування зварних швів молотком і огляд корпусу колони. При проведенні пневматичного випробування обстукування зварних швів не допускається. [11]

Инов. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инов. № дубл.	Подпись и дата					
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	XI.A.00.00.00ПЗ				
						62			

5 Охорона праці

Нормування та контроль у галузі охорони праці. Система стандартів безпеки праці

У нашій країні передбачено управління охороною праці як на державному, так і на галузевому, регіональному і виробничому рівнях.

У спрощеному вигляді будь-яка система управління – це сукупність суб'єкта управління та об'єкта управління, що перебувають у певному середовищі та інформаційне пов'язані між собою. У суб'єкті управління можна виділити два органи: управляючий та виконавчий. Управління завжди здійснюється заради досягнення певної мети.

Метою управління охороною праці є забезпечення безпеки, збереження здоров'я та працездатності людини в процесі трудової діяльності.

Таким чином, система управління охороною праці (СУОП) – це сукупність суб'єкта та об'єкта управління, які на підставі комплексу нормативної документації проводять цілеспрямовану, планомірну діяльність з метою забезпечення здорових, безпечних і високопродуктивних умов праці. Охорона праці базується на законах та інших нормативно-правових актах, які є головним джерелом зовнішньої інформації, що надходить до СУОП.

Суб'єктом управління в СУОП підприємства є роботодавець, а в цехах, на виробничих дільницях і в службах — керівники відповідних структурних підрозділів і служб. Об'єктом управління в СУОП підприємства є діяльність структурних підрозділів та служб підприємства по забезпеченню безпечних і здорових умов праці на робочих місцях, виробничих дільницях, у цехах та на підприємстві в цілому. Типова СУОП підприємства функціонує наступним

Ив. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Ив. № дубл.	Подпись и дата
-------------	----------------	--------------	-------------	----------------

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	XI.A.00.00.00ПЗ	Лист
						63

чином. Роботодавець (керівник) аналізує інформацію про стан охорони праці в структурних підрозділах підприємства та приймає рішення, спрямовані на підвищення рівня безпеки праці.

Організаційно-методичну роботу з управління охороною праці, підготовку управлінських рішень і контроль за їх своєчасною реалізацією здійснює служба охорони праці підприємства (виконавчий орган СУОП), що підпорядкована безпосередньо керівнику підприємства (управляючому органу). Зовнішнім збуджуючим чинником для СУОП на рівні підприємства є зміни технологічного процесу, обладнання, умов праці, нещасні випадки, травми, захворювання тощо.

Нормування та контроль у галузі охорони праці

Основні функції і завдання управління охороною праці

До основних функцій управління охороною праці належать:

- прогнозування і планування робіт;
- організація та координація робіт;
- облік показників, аналіз та оцінка стану умов і безпеки праці;
- контроль за станом охорони праці та функціонуванням СУОП;
- стимулювання роботи по вдосконаленню охорони праці.

Основне завдання управління охороною праці можна сформулювати коротко

- забезпечення дотримання вимог НПАОП.

Розшифровка цього завдання включає:

- навчання працівників безпечним методам праці та пропаганда питань охорони праці;
- забезпечення безпечності технологічних процесів, виробничого устаткування, будівель і споруд;
- нормалізація санітарно-гігієнічних умов праці;

Ивв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Ивв. № дубл.	Подпись и дата
--------------	----------------	--------------	--------------	----------------

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	XI.A.00.00.00ПЗ	Лист
						64

- забезпечення працівників засобами індивідуального захисту;
- забезпечення оптимальних режимів праці та відпочинку;
- організація лікувально-профілактичного обслуговування;
- професійний відбір працівників з окремих професій;
- удосконалення нормативної бази з питань охорони праці.

Чинна на сьогодні в Україні система управління охороною праці побудована на принципі 100%-го дотримання вимог НПАОП.

Приклад кодування для міжгалузевих нормативних актів:

НПАОП 0.00 - 3.05 - 97 назва документа, (нормативно-правовий акт з охорони праці)

де НПАОП - скорочена назва нормативного акта; 0.00 - державні органи, які затвердили нормативний акт.

Існують такі шифри державних органів:

- 0.00 - Держпраці;
- 0.01 - Пожежна безпека (МНС);
- 0.02 - Безпека руху (МВС);
- 0.03 - Міністерство охорони здоров'я;
- 0.04 - Держатомнагляд;
- 0.05 - Міністерство праці України;
- 0.06 - Держстандарт;
- 0.07 - Мінбудархітектура.

Види державних нормативних актів:

- 1- Правила;
- 2- Стандарти;
- 3- Норми;
- 4- Положення, статuti;
- 5- Інструкції, керівництва, вказівки;
- 6- Рекомендації, вимоги;

Ивв. № подл.	
Подпись и дата	
Взам. инв. №	
Ивв. № дубл.	
Подпись и дата	

- 7- Технічні умови безпеки;
- 8- Переліки, інші.
- 05- Порядковий номер нормативного акта (в межах даного виду);
- 97 - Рік затвердження.

В Україні розробляються державні стандарти України (ДСТУ), що невдовзі повинні замінити ще частково діючі міждержавні стандарти Системи стандартів безпеки праці (ССБП) як вид нормативно-технічної документації в галузі охорони праці. Її почали впроваджувати після того, як ще в 1970 р. за часів СРСР в промисловості була проведена комплексна перевірка стану документації з техніки безпеки.

Що вона показала?

- 1. Було більше 1000 документів з техніки безпеки не об'єднаних однією системою.
- 2. Документи з охорони праці не мали директивного характеру, серед них переважали галузеві норми і правила.
- 3. Документи з охорони праці мали ряд недоліків: видані десятки років тому, вони залишалися незмінними і в них не були враховані нові напрями розвитку науки і техніки (часто суперечили один одному).
- 4. Був відсутній єдиний план створення документації.
- 5. Було відсутнє нормативне забезпечення (що вимірювати, з чим порівняти і головне чим вимірювати).
- 6. Не було комплексного підходу до створення документації з охорони праці. Це була обмежена документація тільки з техніки безпеки (ТБ) - вона рекомендувала, як поводитися при небезпечному устаткуванні. В проектно-конструкторській документації безпека не враховувалася.
- 7. Охорона праці не мала своєї термінології. Тому в державну систему стандартів був введений додатковий клас - ССБТ № 12.

З 1977 року вимоги безпеки стали стандартними. В

Инов. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инов. № дубл.	Подпись и дата	Инов. № подл.	Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	XI.A.00.00.00ПЗ	Лист
												66

конструкторській документації став обов'язковим розділ техніки безпеки.

Існуючі на цей час ДСТУ, що належать до ССБТ, діють як міждержавні стандарти. Вони мають шифр системи 12 і поділяються на 5 кваліфікаційних груп, яким надано такі шифри (шифри підсистем):

- 1) організаційно - методичні стандарти - 0;
- 2) стандарти вимог і норм за видами небезпечних і шкідливих виробничих чинників - 1;
- 3) стандарти вимог безпеки до виробничого обладнання - 2;
- 4) стандарти вимог безпеки до виробничих процесів - 3;
- 5) стандарти вимог до засобів захисту працівників - 4.

Приклад позначення міждержавного стандарту:

ГОСТ 12.1.005-88 ССБП “Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони” (у зв'язку з тим, що стандарти не перекладалися українською мовою, вживається російський варіант).

Крім ДСТУ, і НПАОП, в Україні діють санітарні норми (СН), в яких наведені вимоги стосовно виробничої санітарії; будівельні норми і правила (СНіП - будівельні норми і правила - застосовується російська аббревіатура), де викладені вимоги до будівель та споруд залежно від їх призначення і пожежної безпеки. При розгляді питань пожежної безпеки можуть траплятися посилання на ОНТП - галузеві норми технологічного проектування (рос.) або ISO - міжнародні норми, які діють в Україні згідно з Угодою про міжнародне співробітництво держав СНД з питань охорони праці.

Правила і норми в галузі охорони праці виконують свої функції лише в тому випадку, якщо організований контроль їх виконанням.

До органів, які здійснюють нагляд і контроль дотримання законодавства про працю і правил з охорони праці, відносять спеціально уповноважені на те державні організації. Серед них:

- - Держкомітет України з нагляду за охороною праці у складі

Ивв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Ивв. № дубл.	Подпись и дата
--------------	----------------	--------------	--------------	----------------

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	XI.A.00.00.00ПЗ	Лист
						67

Міністерства праці;

- - Держкомітет України з ядерного і радіаційного захисту;
- - Органи державного пожежного нагляду Управління пожежної охорони МНС України;
- - Органи санітарно-епідеміологічної служби Міністерства охорони здоров'я України.

В своїй діяльності вони не залежать від адміністрації підприємств (установ) і їх вищих органів управління.

Вищий нагляд за точним виконанням законів про працю, у тому числі про охорону праці всіма міністерствами і відомствами, підприємствами і посадовцями, здійснює Генеральний прокурор України через органи прокуратури.

Громадський контроль за дотриманням вимог охорони праці здійснюють трудові колективи через вибраних представників.

Система стандартів безпеки праці

В колишньому СРСР була створена і діяла розгалужена Система стандартів безпеки праці.

У відповідності з Угодою про співробітництво в галузі охорони праці, укладеною керівниками урядів держав СНД (1994 р.) стандарти ССБП визнаються Україною як міждержавні стандарти. Перелік стандартів ССБП переглядається в міру необхідності з урахуванням національного законодавства та удосконалення ССБП.

Зараз до Реєстру ДНАОП включено 342 стандарти ССБП.

Тому існує необхідність розглянути структуру і основні характеристики системи ССБП.

ССБП — комплекс взаємозв'язаних стандартів (ГОСТів), що вміщує

Ив. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Ив. № дубл.	Подпись и дата						Лист
					XI.A.00.00.00ПЗ					68
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата						

вимоги, норми і правила, спрямовані на безпеку, збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

Система стандартів безпеки праці побудована за ієрархічним принципом. До складу ССБП входять:

- міждержавні стандарти (ГОСТи),
- ОСТи (галузеві стандарти)
- державні стандарти,
- стандарти підприємств.

Структуру ССБП показано на рис. 1

Вимоги щодо охорони праці регламентуються в Україні також

- державними стандартами України;
- будівельними нормами і правилами;
- санітарними нормами і правилами;
- правилами улаштування електроустановок;
- нормами технічного проектування;
- іншими нормативними документами.

Державні стандарти України з питань охорони праці

У стандарті України ДСТУ 1.0—93 встановлено, що стандартизація - це діяльність з метою досягнення оптимального ступеня упорядкування в певній галузі шляхом встановлення положень для загального і багаторазового використання щодо реально існуючих та можливих завдань.

До державної системи стандартизації України входять такі категорії нормативних документів та види стандартів:

ДСТУ - державний стандарт України;

ГСТУ - галузевий стандарт України;

Инов. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Инов. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	XI.A.00.00.00ПЗ	Лист
						69

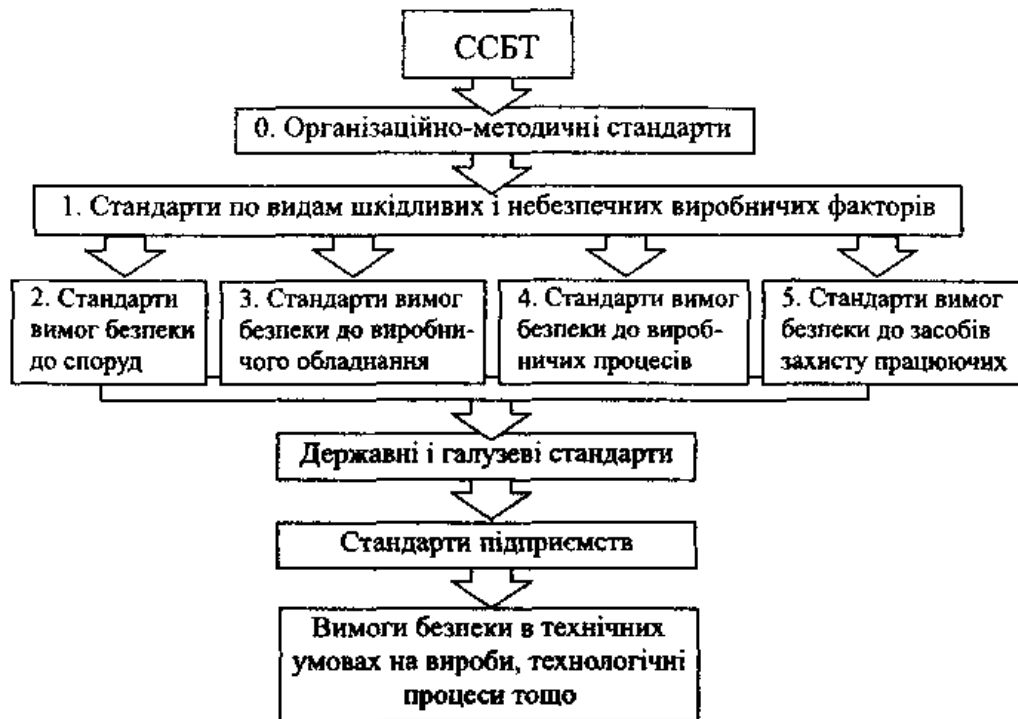


Рисунок 13. Структура системи стандартів безпеки праці ССБП

СТТУ - стандарти науково-технічних та інженерних товариств і спілок України;

ТУУ - технічні умови України;

СТП - стандарти підприємств.

До державних стандартів прирівнюються державні будівельні норми і правила (ДБН), а також державні класифікатори техніко-економічної та соціальної інформації.

Республіканські стандарти колишньої УРСР застосовуються як державні стандарти України до часу їх заміни або скасування.

Серед державних нормативно-технічних актів важливе місце посідають державні стандарти України (ДСТУ) з питань безпеки праці. Державні стандарти з питань охорони праці – це комплекс стандартів, спрямованих на забезпечення безпеки праці, збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці. До Державного реєстру міжгалузевих і галузевих нормативних актів про охорону праці включено 75

Ивв. № подл.	Подпись и дата
Взам. инв. №	Ивв. № дубл.
Подпись и дата	Подпись и дата

ДСТУ.

До цього часу діючими в Україні залишаються стандарти, правила, норми, положення, інструкції та інші нормативні акти, що затверджувались міністерствами та іншими уповноваженими на те державними органами колишнього СРСР. У Державний реєстр ДНАОП ці нормативні акти включені як "Міждержавні стандарти системи стандартів безпеки праці".

У Державній стандартизації для ССБП встановлена система, зашифрована під цифрою 12, і п'ять діючих підсистем, що мають: шифр підсистеми, найменування підсистеми:

- 0 - організаційно-методичні стандарти;
- 1 - стандарти вимог і норм по видам небезпечних і шкідливих виробничих факторів;
- 2 - стандарти вимог безпеки до виробничого обладнання;
- 3 - стандарти вимог безпеки до виробничих процесів;
- 4 - стандарти вимог безпеки до засобів захисту робітників;
- 5 - стандарти вимог безпеки до будівель та споруд; 6-9 - резерв.

Для практичного використання стандарту слід знати шифр підсистеми, порядковий номер стандарту й рік реєстрації (рис. 1.2). Вимоги, встановлені стандартами ССБП відповідно до області їх поширення, мають бути враховані в стандартах і технічних умовах за ДСТ, нормативно-технічній, конструкторській, технологічній і проектній документаціях. ССБП не виключає дії норм і правил, затверджених органами державного нагляду відповідно до положення про ці органи.

Упровадження стандартів ССБП, що встановлюють вимоги безпеки на робочих місцях, здійснюється на основі плану організаційно-технічних заходів, які розроблялися службами охорони праці головного енергетика, головного механіка та іншими, а потім затверджувалися керівником підприємства. Роботи, включені до плану організаційно-технічних заходів щодо впровадження стандартів, мають бути враховані в планах підприємств

Ив. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Ив. № дубл.	Подпись и дата	XI.A.00.00.00ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		71

по розділах виробництва, нової техніки, капітального будівництва, матеріально-технічного постачання, підготовки кадрів; у комплексних планах поліпшення умов охорони праці та санітарно-оздоровчих заходів: в угодах з охорони праці, прикладених до колективних договорів: у планах соціально-економічного розвитку перед прийняттям.

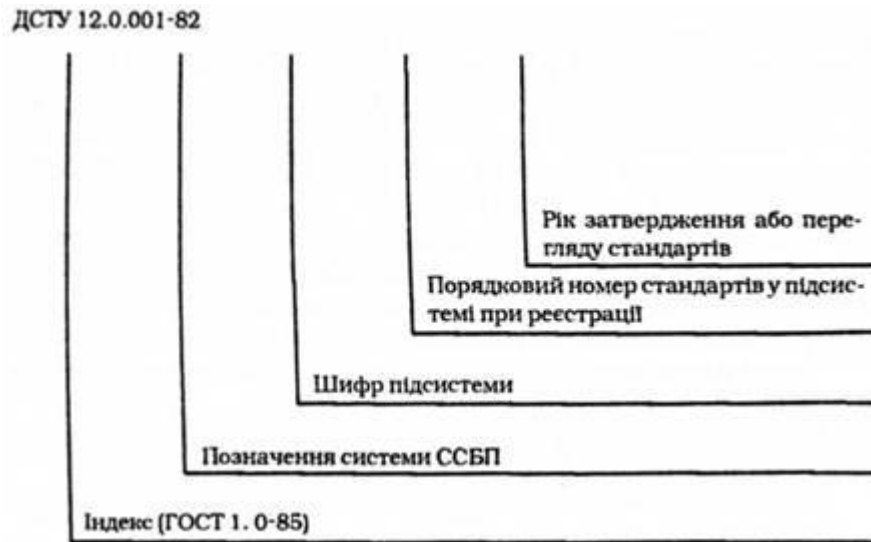


Рисунок 14. Структура позначення стандартів ССБП.

Загальне управління роботами з упровадження стандартів ССБП здійснює керівник або головний інженер комплексу.

Стандарти підприємств по безпеці праці (СПП БП) є основними регламентуючими документами системи управління охороною праці та використовуються як організаційно-методична, техніко-економічна й правова основа системи. У цих стандартах визначені вимоги організаційно-методичного характеру, тобто до порядку й змісту організації робіт із забезпечення безпеки праці та тільки на даному підприємстві.

Загальне керівництво розробкою СПП БП здійснюється керівником (або заступником) підприємства. Організаційно-методичне управління виконує служба охорони праці або, залежно від конкретних умов, спеціально призначені керівником підприємства особи.

Перелік планованих до розробки СПП БП включається окремим

Інв. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подпись и дата	Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лист	72

розділом у річні плани по стандартизації підприємства, а за їх відсутності складається самостійний річний план розробки СПП БП на основі перспективного плану підприємства з розробки до впровадження СПП БП.

Розробка стандарту підприємства починається з аналізу фактичного рівня стану охорони праці на підприємстві. При цьому необхідно проаналізувати ефективність раніше проведених на підприємстві технічних, організаційних й економічних заходів щодо забезпечення безпечних умов праці.

Розробка стандарту підприємства здійснюється комісією (робочою групою) під керівництвом головного інженера. Основними вихідними даними є діючі норми та правила з охорони праці. Стандарт підприємства затверджується керівником (заступником керівника), вводиться в дію наказом, що встановлює дату його впровадження. План організаційно-технічних заходів розробляється за необхідності й також затверджується керівником підприємства. СПП БП можуть затверджуватися без обмеження терміну дії або на обмежений строк.

Инов. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инов. № дубл.	Подпись и дата

					XI.A.00.00.00ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		73

Список використаної літератури

1. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры. Лашинский А.А., Толчинский А.Р., Л., "Машиностроение", 1970 г., 752 стр. Табл. 476. Илл. 418. Библ. 218 назв.

2. Лашинский А. А. Конструирование сварных химических аппаратов : Справочник. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд – ние, 1981. – 382 с., ил

3. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию / Под ред. Ю.И. Дытнерского. – М.: Химия, 1983. – 272 с., ил.

4. Павлов К. Ф., Романков П. Г., Носков А. А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Учебное пособие для вузов / Под ред. чл.-корр. АН СССР П. Г. Романкова. – 10-е изд., перераб. и доп. – Л.: Химия, 1987. – 576 с., ил.

5. А. Н. Плановский, П. И. Николаев Процессы и аппараты химической и нефтяной технологии. Изд. 2-е, перераб. и доп, . – Москва, Химия, 1972, 494 с.

6. «Методические рекомендации и контрольные задания для самостоятельной работы по курсу «Процессы и оборудование химических производств» для студентов специальности 7.090220 дневной и заочной форм обучения. Часть 2 Массообменные процессы и оборудование». / Сост.: А. П. Врагов, Я. Э. Михайловский. – Сумы: Изд-во СумГУ, 2002. – 55 с.

7. А. Г. Касаткин Основные процессы и аппараты химической технологии. М., "Химия", 1973., 752с.

8. ГОСТ 14249 – 89 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность.

9. Марочник сталей и сплавов. / В. Г. Сорокин, А. В. Волосникова, С. А. Вяткин и др.; Под общ. ред. В. Г. Сорокина, М.: Машиностроение, 1989. – 640 с.

Инва. № подл.	Подпись и дата	Взам. инв. №	Инва. № дубл.	Подпись и дата

					XI.A.00.00.00ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		74

10. Семакина О.К.«Монтаж, эксплуатация и ремонт оборудования отрасли», пособие, 2007 г.

11. Фармазов С.А. Ремонт и монтаж оборудования химических и нефтеперерабатывающих заводов: Учебник для техникумов. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Химия. 1988. 304 с.

12. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств : Примеры и задачи : Учеб. пособие для студентов втузов / М.Ф. Михайлев, Н. П. Третьяков, А. И. Мильченко, В. В. Зобнин; Под общ. ред. М.Ф. Михайлева. Л.: Машиностроение, Ленингр. отд – ние, 1984. – 301 с., ил.

13. ГОСТ 6533 – 78 Днища эллиптические отбортованные стальные для сосудов, аппаратов и котлов. Основные размеры.

Инв. № подл.	Подпись и дата				Инв. № дубл.	Подпись и дата	
	Взам. инв. №						
Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	XI.A.00.00.00ПЗ		Лист
							75