

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ

імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри МАХНВ

Я.М. Корнієнко

_____ (підпис)

“ _____ ” _____ 2018 р.

МАГІСТЕРСЬКА ДИСЕРТАЦІЯ

на здобуття освітнього ступеня магістр

з спеціальності: 133 Галузеве машинобудування

спеціалізація: Інжиніринг, комп’ютерне моделювання та проектування обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв

на тему: Модернізація блоку вилучення фенолу із стічних вод установки очистки димових газів з розробкою скрубера та теплообмінника

Виконав студент 6-го курсу, групи ЛН-71мп

Шиховцев Євгеній Романович _____

Керівник проекту канд. техн. наук, доц. А.Р. Степанюк _____

Консультанти:

охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

канд. техн. наук, доц. І.М. Ковтун _____

(підпис)

розробка стартап-проекту

доц., канд. економ. наук Н.В. Юдіна _____

(підпис)

технологія виготовлення трубної плити теплообмінника

ст. викл., канд. техн. наук Я.Г. Двойнос _____

(підпис)

автоматичний контроль і керування процесом

ст. викл., канд. техн. наук Я.Г. Двойнос _____

(підпис)

Рецензент

_____ (посада, вчене звання, науковий степінь, прізвище та ініціали)

_____ (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів без відповідних посилань.

Студент _____ Є.Р. Шиховцев

Київ – 2018

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

Освітній ступінь – магістр

спеціальність: 133 Галузеве машинобудування

спеціалізація: Інжиніринг, комп’ютерне моделювання та проектування обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Я.М. Корнієнко

«___» _____ 2018 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Шиховцеву Євгенію Романовичу

1. Тема магістерської дисертації: «Модернізація блоку вилучення фенолу із стічних вод установки очистки димових газів з розробкою скрубера та теплообмінника»

керівник магістерської дисертації Степанюк А.Р. кандидат технічних наук, доцент затверджена наказом по університету від _____ 2018 р. № _____

2. Термін подання студентом магістерської дисертації: 3 грудня 2018 р.

3. Вихідні дані до дисертації: Продуктивність скрубера 8,333 кг/с, початкова T – 273 K, кінцева – 373 K, густина води при 323 K – 988,1; вміст фенолу в обезфеноленій воді – 0,2 кг/год, продуктивність теплообмінника – 13,88 кг/с.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки:

а) основна частина: обґрунтувати вибір конструкцій скрубера та теплообмінника, виконати розрахунки, що підтверджують працездатність та а саме, параметричний,

надійність конструкцій, а саме, параметричний, конструктивний, гідравлічний розрахунки, розрахунки на міцність і надійність елементів конструкцій цих апаратів;

б) розробка стартап-проекту;

в) охорона праці: провести аналіз відповідності апарата до вимог охорони праці, викласти основні вимоги безпечної експлуатації установки та дій обслуговуючого персоналу у надзвичайних ситуаціях;

г) частина автоматичного керування: скласти та обґрунтувати схему автоматизованого керування установкою, скласти специфікацію приладів, що комплектують схему;

д) технологія машинобудування: розробити маршрутні карти виготовлення опорного листа опори теплообмінника, виконати розрахунки режимів різання, розробити пристрій для свердління.

5. Перелік графічного матеріалу: принципова схема установки – А1, схема автоматичного керування – А1, складальні креслення: скруббер – А0, теплообмінник – А1, поворотні тиски – А1, опорний лист – А3, опора – А2, корпус – А1, кришка – А3, ілюстрація графіків – 3 аркуші формату А2, ілюстрація технічної ідеї патенту – А2.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	Ковтун І.М.		
Розробка стартап-проекту	Юдіна Н.В.		
Технологія виготовлення опорного листа	Двойнос Я.Г.		
Автоматичний контроль і керування процесом	Двойнос Я.Г.		

7. Дата видачі завдання 1 вересня 2018 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Термін виконання	Примітка керівника про виконання завдань
1	2	3	4
1	Узгодження теми, вихідних даних, визначення джерел інформації. Обґрунтування актуальності дисертації.	05.09.18	
2	Патентне дослідження. Формування змісту модернізації (на основі зміни технологічної схеми, конструкції апарату, його елементів, речовин).	10.09.18	
3	Опис установки. Схема установки. Вибір і опис конструкції апарату. Технічна характеристика установки, апарату. Добір матеріалів.	14.09.18	
4	Параметричний розрахунок: визначення основних розмірів апарату.	18.09.18	
5	Розробка складальних креслень апарату і його складальних одиниць. Добір конструктивних параметрів конструктивних елементів апарату.	25.09.18	
6	Розрахунки на міцність. Розробка алгоритмів та програм розрахунку.	28.09.18	
7	Уточнення графічної частини проекту та специфікацій	05.10.18	
8	Розробка стартап-проекту.	08.10.18	
9	Розробка вимог до апарату з питань охорони праці.	15.10.18	

10	Розробка технології виготовлення опорного листа теплообмінника.	18.10.18	
11	Розробка автоматичного контролю і керування процесом блоку реакції.	09.11.18	
12	Оформлення пояснювальної записки. Перевірка відповідності дисертації діючим нормам за змістом і оформленням. Підготовка до захисту. Складення плану викладення доповіді, окремих питань.	28.11.18	
13	Попередній захист дисертації.	03.12.18	
14	Корегування дисертації за результатами попереднього захисту. Отримання рецензії, відзиву. Підготовка до захисту.	05.12.18	

Студент

_____ Є.Р. Шиховцев
(підпис)

Науковий керівник

_____ А.Р. Степанюк
(підпис)

РЕФЕРАТ

УДК 661.7

Магістерській дисертації за освітньо-професійною програмою магістерської підготовки на тему "Модернізація блоку вилучення фенолу із стічних вод установки очистки димових газів з розробкою скрубера та теплообмінника". НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»; Керівник Степанюк А.Р. – К., 2018. – 149с.: іл. 31. Виконавець Шиховцев Є.Р. – Бібліогр.: 33п.

Магістерська дисертація складається зі вступу, восьми розділів, висновків, переліку посилань із 33 найменувань і 6 додатків. Загальний обсяг роботи становить 212с. основного тексту, 31 рисунку, 24 таблиць.

Метою роботи є модернізація установки вилучення фенолу із стічних вод. Проект містить опис процесу вилучення фенолу із стічних вод, конструкції скрубера, теплообмінника, опис, призначення та області застосування обладнання, технічні характеристики, опис і обґрунтування вибраних конструкцій, розрахунки, що підтверджують працездатність і надійність конструкцій, рекомендації, щодо монтажу та експлуатації апаратів, а також рівень стандартизації та уніфікації, розробку стартап-проекту.

Результати роботи можуть бути використані з навчальною метою на кафедрі машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв.

СКРУБЕР, ВИЛУЧЕННЯ ФЕНОЛУ, ГІДРАВЛІЧНИЙ ОПІР, ТЕПЛООБМІННИК, НАСАДКА.

РЕФЕРАТ

УДК 661.7

Магистерская диссертация по образовательно-профессиональной программе магистерской подготовки на тему "Модернизация блока извлечения фенола из сточных вод установки очистки дымовых газов с разработкой скруббера и теплообменника". НТУУ «КПИ им. Игоря Сикорского»; Руководитель Степанюк А.Р. - М., 2018. - 149с. : ил. 31. Исполнитель Шиховцев Е.Р. - Библиогр. : 33п.

Магистерская диссертация состоит из введения, восьми глав, заключения, списка ссылок из 33 наименований и 6 приложений. Общий объем работы составляет 212 с. основного текста, 31 рисунков, 24 таблиц.

Целью работы является модернизация установки извлечения фенола из сточных вод. Проект содержит описание процесса извлечения фенола из сточных вод, конструкции скруббера, теплообменника, описание, назначение и области применения оборудования, технические характеристики, описание и обоснование выбранных конструкций, расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность конструкций, рекомендации по монтажу и эксплуатации аппаратов, а также уровень стандартизации и унификации, разработку стартап-проекта.

Результаты работы могут быть использованы в учебных целях на кафедре машин и аппаратов химических и нефтеперерабатывающих производств.

СКРУББЕР, ИЗВЛЕЧЕНИЕ ФЕНОЛОВ, ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ
СОПРОТИВЛЕНИЕ, ТЕПЛООБМЕННИК, НАСАДКА.

ABSTRACT

UDC 661.7

The master's thesis on the educational-professional program of master's degree on the theme "Modernization of waste waters dephenolizing block of flue gases cleaning unit with the development of scrubber and heat exchanger" National Technical University "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"; Scientific supervisor A.R. Stepaniuk – K., 2018. – 149p.: ill. –31. Developer Y.R. Shykhovtsev – Bibliogr: 33r.

The master's thesis consists of an introduction, eight sections, conclusions, a list of references of 33 names and 6 applications. The total volume is 212 pages of the main text, 31 figures, 24 tables.

The objective of the study is to upgrade of the waste waters dephenolizing. The project contains a description of the gas waste waters dephenolizing, the design of the scrubber, the heat exchanger, description, purpose and scope of the equipment, specifications, description and justification of the selected constructions, calculations confirming the efficiency and reliability of designs, recommendations for the installation and operation of the apparatus, and also the level of standardization and unification, the development of a startup project.

The results of the work can be used with the educational purpose at the department of machines and apparatuses of chemical and oil refining industries.

SCRUBBER, OF WASTE WATERS DEPHENOLIZING, HYDRAULIC,
RESISTANCE, HEAT EXCHANGER, NOZZLE.

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”
Інженерно-хімічний факультет
Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ

освітнього ступеня магістр

з спеціальності: 133 Галузеве машинобудування

спеціалізація: Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв

**на тему: Модернізація блоку вилучення фенолу із стічних вод установки
очистки димових газів з розробкою скрубера та теплообмінника**

Київ – 2018

Зміст

Перелік скорочень, умовних позначень та термінів.....	12
Вступ.....	13
1 Призначення та область використання блоку вилучення фенолу із стічних вод	14
1.1 Опис технологічного процесу вилучення фенолів із стічних вод	14
1.2 Вибір типів апаратів, та їх місце в технологічній схемі	16
2 Технічна характеристика основних апаратів установки.....	18
3 Опис та обґрунтування вибраної конструкції апаратів.....	19
3.1 Конструкція і принцип дії апаратів, основних складальних одиниць та деталей.....	19
3.2 Порівняння основних показників розробленої конструкції з аналогами..	21
3.3 Вибір матеріалів елементів конструкцій апаратів	24
3.4 Патентний огляд конструкцій основного обладнання установки.....	25
4 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції скрубера.....	35
4.1 Параметричний розрахунок скрубера знефенолення води	35
4.2 Розрахунок товщини еліптичного днища та кришки з умов міцності	47
4.3 Розрахунок товщини циліндричної обичайки з умови міцності.....	50
4.4 Розрахунок опори колонного апарата.....	54
4.5 Розрахунок фланцевого з'єднання	55
4.6 Розрахунок товщини теплової ізоляції	62
4.7 Розрахунок діаметра штуцерів	64
4.8 Визначення вітрового навантаження на колонний апарат.	66
4.9 Перевірка міцності корпусу колонного апарату..	70

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ			
Зм.	Лист	№ док.м.	Підпис	Дата	Модернізація блоку вилучення фенолу із стічних вод установки очистки димових газів	Літ.	Лист	Листів
Разроб.		Шиховцев Є.Р.					10	199
Перев.		Степанюк А.Р.				КПІ ім. І. Сікорського, МАХНВ, ІХФ		
Н.Контр.								
Затв.								

4.10	Параметричний розрахунок двоходового теплообмінника	72
4.11	Параметричний розрахунок одноходового теплообмінника	83
4.12	Параметричний розрахунок чотириходового теплообмінника..	93
5.	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.....	105
6.	Рекомендації щодо монтажу та експлуатації апаратів.....	114
7.	Рівень стандартизації та уніфікації.....	118
8.	Розробка стартап-проекту.....	119
8.1	Опис ідеї проекту.....	119
8.2	Технологічний аудит ідеї проекту.....	122
8.3	Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	124
8.4	Розроблення ринкової стратегії проекту.....	135
8.5	Розроблення маркетингової програми стартап-проекту.....	138
8.6	Висновки	144
	Висновки	145
	Выводи.....	146
	Conclusion.....	147
	Перелік посилань.....	148
	Додаток А Технологія виготовлення опорного листа теплообмінника... ..	152
	Додаток Б Автоматичний контроль і керування процесом.....	168
	Додаток В Документація до патентного дослідження.....	179
	Додаток Г Таблиця ідентифікаторів, блок-схема розрахунку, програма розрахунку діаметрів штуцерів скрубера.....	190
	Додаток К Патенти, які використані в патентному дослідженні.....	194
	Додаток Л Публікації автора.....	205

Перелік скорочень, умовних позначень та термінів

Умовні позначення:

h – висота, м;

c – прибавка до розрахункової товщини, м;

D, d – діаметри, м;

N – потужність, Вт;

w – швидкість, м/с;

G – масова витрата, кг/с;

P – тиск, Па;

T – температура, К;

ρ – густина, кг/м³;

ν – кінематичний коефіцієнт в'язкості, м² / с;;

x, y – мольна концентрація, кмоль/кмоль;

α – коефіцієнт тепловіддачі, Вт/м² · К;

K – коефіцієнт теплопередачі, Вт/м² · К.

Критерії:

Nu – критерій Нуссельта;

Re – критерій Рейнольдса;

Pr – критерій Прандтля.

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		

Вступ

Паровий метод знефенолення стічної води поступово набуває помітної актуальності, на тлі постійного збільшення потреб знефеноленої води. Розробка технологічних схем та методів очистки стічних вод активно ведеться промислово розвинутими країнами світу.

Метою даної магістерської дисертації є модернізація блоку вилучення фенолу із стічних вод установки очистки димових газів з розробкою скрубера та теплообмінника. З цією метою передбачено виконання необхідних розрахунків апарата для знефенолення стічних вод, теплообмінника для нагрівання води та розрахунків на міцність.

Робота включає аналіз технологічного процесу з описом та обґрунтуванням обраних конструкцій апаратів та їх місце в технологічній схемі, технічні характеристики основних апаратів установки, конструкції і принцип дії апаратів, основних складальних одиниць та деталей, порівняння основних показників обраних конструкцій з аналогами, вибір матеріалів елементів конструкцій апаратів, патентний огляд конструкцій основного обладнання установки, проведення розрахунків, що підтверджують працездатність та надійність конструкцій апаратів, охорону праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях, рекомендації щодо їх монтажу та експлуатації, рівень стандартизації та уніфікації, розробка стартап-проекту впровадження модернізації, розробку та описання технологічного процесу виготовлення деталі та схеми автоматичного керування технологічним процесом установки.

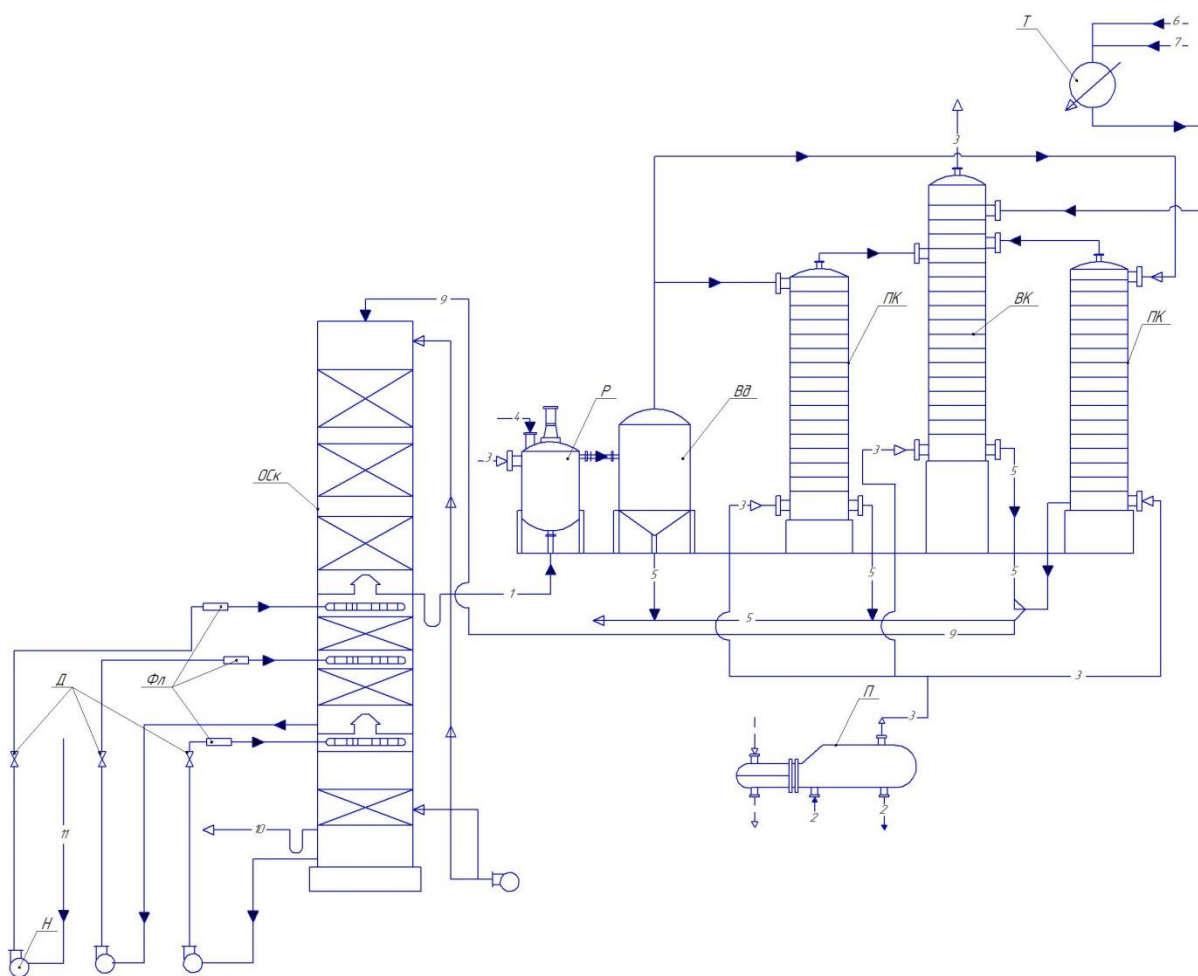
Завдання на магістерську дисертацію одержано у вересні 2018 року під час проходження переддипломної практики в інституті газу НАН України.

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

1. Призначення та область використання блоку вилучення фенолу із стічних вод установки очистки димових газів

1.1 Опис технологічного процесу

Технологічна схема [1] передбачає вилучення фенолу із стічних вод, що поступають на переробку з аміачно-відпарної колони. Технологічна схема зображена на рисунку 1.



Р-реактор; Вд-відстійник; ПК – передколонники; ВК –випарна колона;
П – парогенератор; Т - теплообмінники; ОСк – обезфенолюючий скруббер; Фл
– фільтра; Д – діафрагма; Н – насоси.

Рисунок 1 – Технологічна схема блоку вилучення фенолу із стічних вод установки очистки димових газів.

Технологічна схема вилучення фенолу із стічних вод протікає в дві стадії. Летючий аміак, тобто аміак, що входить входить в склад солей $(NH_4)_2CO_3, (NH_4)_2S, NH_4CN$, розкладаються при нагріві, видаляється при дистиляції гострим водяним паром, а аміак який знаходиться в стічній воді у вигляді солей $NH_4CL, (NH_4)_2SO_4, NH_4CNS$, не розкладається лише за допомогою нагріву, тому для його виділення стічну воду з фенолами попередньо обробляють вапняним молоком.

Стічна вода з фенолами відділення конденсації направляється в теплообмінник для попереднього її нагрівання до $70-90^\circ C$. Після теплообмінника стічна вода з фенолами потрапляє у відпарну колону, в якій піддається дистиляції водяним паром з ціллю видалення летючого аміаку.

Стічна вода з фенолами після відпарної колони потрапляє в проміжний збірник з якого відцентровим насосом подається в обезфенолюючий скруббер де проходить десорбція фенолів з води за допомогою водяної пари. Обезфенолена вода з скрубера самотоком поступає в реактор, куди безперервно вводиться вапняне молоко для розкладу зв'язаних солей, а також гострий водяний пар. З реактору суміш стічна вода з фенолами і вапняного молока потрапляє у відстійник, а потім в один з працюючих приколонників.

В скрубери відбувається віддувка фенолів водяними парами і обезфенолювана вода самотоком повертається в нижню змішуючу частину відпарної колони, в якій стічна вода з фенолами оброблюється вапняним молоком для розкладу зв'язних солей аміака.

Із змішуючої частини колони стічна вода з фенолами із залишком аміачних солей, що не розклалися самотоком поступають в один з робочих приколонків, де процес виділення аміака із зв'язних солей, що містяться в цій воді, завершується практично повністю.

Стічна вода із нижньої частини приколонка, через регулятор спуску виходить в відстійник для вапняного шламу.

Склад загального аміака в стічній воді, як правило, складає $0,05-0,1 \text{ кг/м}^3$.

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

Збільшення втрат аміака в стічній воді із приколонка вказує на забивання кальцієвими солями тарілок, ковпачків і переливів приколонка. В такому випадку в роботу включають інший приколонок. А працюючий раніше, зупиняють на очистку.

Стічна вода з фенолами, що виводиться в процесі її дистиляції із колони 2 на обезфенолювання, містить до $2,5 \text{ кг/м}^3$ фенолів, а та, що вертається з обезфенолюючого скрубера - приблизно $0,25 \text{ кг/м}^3$. Таким чином, ступінь обезфенолювання слабкої аміачної води складає, близько , 90%.

Із стічної вода з фенолами, що стікає по насадці в верхній частині обезфенолюючого скрубера, феноли видуваються димовими газами, що охолоджуються проходячи рибойлер , і далі повертаються до обезфенолюючого скрубера за допомогою вентилятора .

Вилучення фенолів із водяної пари здійснюється в нижній частині скрубера 8 – 10%-м розчином їдкого лугу, яким зрошують насадку цієї частини скрубера.

1.2 Вибір типу установки, апаратів, їх місце в технологічній схемі

Скрубер

Скрубер [1] призначений для видування фенолів із стічної води з фенолами, водяним паром, та вилучення фенолів із водяної пари. Для даної схеми необхідно підібрати скрубер який б відповідав наступним вимогам: простота конструкції; простота виготовлення, продуктивність процесу, ремонтодоступність, легкість очистки, простота експлуатації.

Для процесу знефенолення доцільно використовувати скрубер із насадками. Використання насадки забезпечує велику поверхню контакту між газом і поглиначами.

Використовуються хордові дерев'яні та розподільча насадки.

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

Теплообмінник

Оскільки, в даному технологічному процесі немає особливих вимог до апаратури що використовується для нагріву води, приймаємо кожухотрубний теплообмінник. Кожухотрубні теплообмінники бувають одноходові, двоходові, чотириходові та шестиходові. Апарати даного типу компактні, достатньо прості у виготовленні та надійні в експлуатації.

Приймаємо теплообмінний апарат [2] для нагріву води.

Теплообмінник робимо горизонтальним. Для забезпечення компактності доцільно використати багатоходовий апарат, для даного технологічного процесу беремо двоходовий кожухотрубний теплообмінник

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

2 Технічна характеристика основних апаратів установки

Скрубер

Продуктивність, кг/с	
по вихідній суміші	8,333;
температура в апараті, К	373;
середовище: токсичне, корозійне.	
Тип скрубера – насадковий.	
Висота насадок, м	
хордові дерев'яні	3.
Маса апарата, кг	452740.
Габаритні розміри, м	
діаметр	4,3;
висота	28,4;
ширина	4,650.

Теплообмінник

Масова витрата води , кг/с	13,88.
Початкова температура технічної води , К	363;
Кінцева температура технічної води, К	333.
Початкова температура води з фенолами , К	393;
Кінцева температура води з фенолами , К	343;
Маса апарата, кг	6230;
Габаритні розміри, м	
Довжина труб	4;
Діаметр	1;
кількість труб	718.

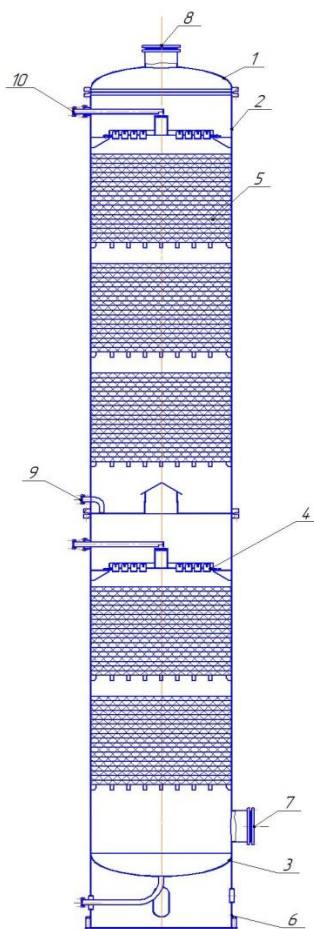
					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		

3.3 Опис та обґрунтування вибраної конструкції апаратів

3.1 Конструкція і принцип дії апаратів, основних складальних одиниць та деталей

Скрубер

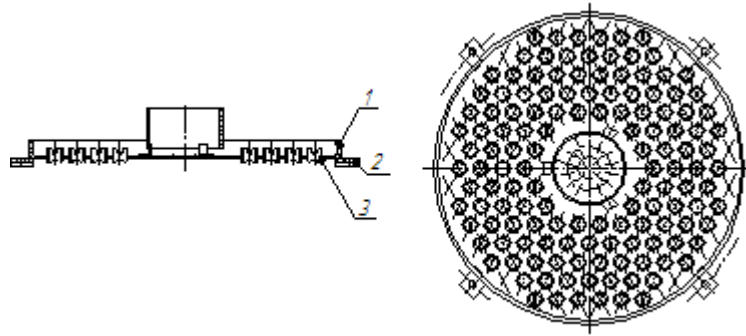
Скрубер (рисунок 3.1) складається з колони, в якій розміщено насадки, розподільчі ТСН-2 (рисунок 3.2) та дерев'яні, верхньої та нижньої кришок.



1 – кришка; 2 – корпус; 3 – днище; 4 – розподільча насадка; 5 – дерев'яна насадка;
6 – опора; 7 – штуцер входу пари; 8 – вихід пари; 9 – вихід обезфеноленої води;
10 – штуцер подачі води на обезфенолення.

Рисунок 3.1 – Скрубер

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк. 19
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		



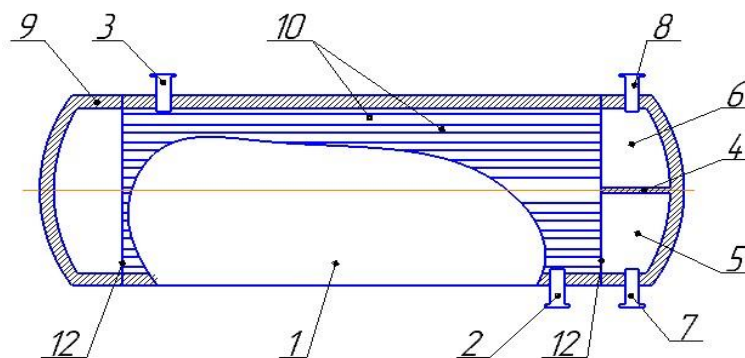
1 – тарілка; 2 – пластик; 3 - патрубок

Рисунок 3.2 – Розподільча тарілка ТСН-2

Верхня кришка має отвір для відводу пари, а нижня для відводу фенолятів. Розподільча тарілка представляє собою горизонтальну решітку, в якій закріплено патрубки. Нижні кінці патрубків не доходять до торця насадки, а рівень рідини встановлюється вище їх верхнього зрізу, і вони заповнюються водою.

Теплообмінник

Двоходовий теплообмінний апарат, призначений для підігріву води водою. Схема теплообмінного апарату наведена на рисинку 3.3.



1-циліндричний корпус; 2-патрубок підводу; 3-патрубок відводу;
 4-кришка з перегородкою; 5-камера подачі теплоносія; 6-камера відводу;
 7-штуцер підводу; 8-штуцер відведення; 9-днище; 10-теплообмінні труби;
 12-трубна решітка.

Рисунок 3.3 – Кожухотрубний теплообмінник

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк. 20
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

Теплообмінний апарат складається з: циліндричного корпусу, до якого з двох сторін приварені трубні решітки; в трубних решітках щільно закріплено труби; кришок (камер), що приєднані болтами за допомогою фланців до трубних решіток; ущільнення досягається установкою прокладок; для вводу та виводу теплоносіїв до корпусу і кришок приварені патрубки. Щільність з'єднання труб з трубною решіткою забезпечується розвальцьовкою.

3.2 Порівняння основних показників розробленої конструкції з аналогами

Скрубер

У дисертації розробляється конструкція скрубера для знефенолення води.

Скруберами називають циліндричної форми вертикальні апарати, заповненні насадками, призначені для очищення газів та рідин. Даний апарат використовують для знефенолення води.

Аналогами до даному апарату є скрубер Вентурі та поличний скрубер. В скрубери Вентурі ефективно вловлюються дрібнодисперсні частинки. Скрубер Вентурі простий по конструкції, не має рухомих частин. Це пустотілий апарат, у якому відсутні насадки.

На відміну від скрубера Вентурі, у даному апараті присутні насадки, що забезпечують більшу поверхню контакту між газом і поглиначами. Перевага насадкового скрубера над скрубери Вентурі та поличним скрубери в тому, що за рахунок використання насадок, забезпечується більша поверхня контакту між газом і поглиначами, також насадковий скрубер найкраще під'їздить для очистки рідин від домішок. У скрубери Вентурі через відсутність насадок малий контакт фаз між поглиначами, що значно програє у процесі хемосорбції насадковому скрубери.

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

Порівняння основних показників обраної конструкції з аналогами, які описані в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Порівняння основних показників конструкції з аналогами

Технічна характеристика	Скрубер насадковий	Скрубер Вентурі	Скрубер поличний
Продуктивність, кг/с	8.333(3)	8.333(3)	8.333(3)
Площа теплообміну, m^2 (бали)	7122(3)	7000(3)	6500(2)
Степінь очистки, кг/с не виведені фенолів виведені феноли (бали)	0.0016(2) 0.017(3)	0.0016(2) 0.015(2)	0.0014(3) 0.015(2)
Поверхня абсорбції, m^2 (бали)	11080(3)	9500(2)	11000(3)
Конструктивні розміри, м	D=4.3(3) H=32(3)	D=3.8(2) H=26(2)	D=4.3(3) H=28(2)
(Сума балів)	(20)	(16)	(18)

Висновок: Враховуючи, що оцінка в балах вийшла найбільшою, то доцільно використовувати скрубер насадковий, а також він найкраще підходить для очистки рідин .

Теплообмінник

У дисертації розробляється конструкція двоходового кожухотрубного теплообмінника для нагрівання води.

Порівняння основних показників обраної конструкції з аналогами, які описані в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Порівняння основних показників конструкції з аналогами

Технічна характеристика	Одноходовий теплообмінник	Двоходовий теплообмінник	Чотирьохходовий теплообмінник
Масова витрата, кг/с	13.33(3)	13.33(3)	13.33(3)
Площа поверхні теплопередачі, m^2 (бали)	150(2)	197(3)	135(1)
Коефіцієнт теплопередачі, $Вт/м^2 \times K$	440 (1)	533(2)	824(3)
Масова витрата води, кг/с (бали)	13.88(3)	13.88 (3)	13.88 (3)
Конструктивні розміри, м	D=0.6(1) L=5(2)	D=1(2) L=6(3)	D=1.2(3) L=5(2)
(Сума балів)	(12)	(16)	(15)

Висновок: Враховуючи, що оцінка в балах вийшла найбільшою, то доцільно використовувати двоходовий теплообмінник.

3.3 Вибір матеріалів елементів конструкцій апаратів

Вуглецеві сталі-це основний конструкційний матеріал для зварної, кованої та литої хімічної апаратури найрізноманітніших класів, типів та хіміко-технологічного призначення, а також низьколеговані конструкційні (вуглецеві якісні, леговані), високолеговані (корозійностійкі, жаростійкі та жароміцні), чавуни (сірі, лужностійкі) та сплави зі спеціальними властивостями [2].

Розчинники, якими є фенол та крезол і вода є корозійно-активними речовинами, тому всі складальні одиниці та деталі, які безпосередньо контактують з розчинниками виготовляємо з корозійностійкої нержавіючої сталі 12X18H10T ГОСТ 5632 – 72 (сталі високолеговані і сплави корозійностійкі, жаростійкі) з межею міцності при розтягуванні $S_B = 510$ МПа, межею плинності $s_T = 250$ МПа [3], та нормативним допустимим напруженням $s^* = 172$ МПа.

У ряді високолегованих нержавіючих сталей, марка 12X18H10T є однією з найбільш поширених. Завдяки унікальному набору характеристик і властивостей, цей матеріал часто використовується в таких галузях як хімічна і важка промисловість, а також в машинобудуванні. Сталь 12X18H10T відноситься до сталей аустенітного класу, що обумовлює її високий опір до утворення корозії, а також жароміцних [4].

Дана марка в своєму складі має велику кількість хрому (Cr) і нікелю (Ni). Ці елементи, що виступають в якості легуючих, повідомляють сталі 12X18H10T такі властивості, як: стійкість до корозії, міцність, а також пластичність і ударну в'язкість в широкому діапазоні температур. Це означає, що вироби з вказаною сталі, мають можливість виконувати покладені на них функції без втрат тих чи інших властивостей навіть в умовах підвищених температур. Для сталі 12X18H10T верхня межа робочої температури складає 600 градусів Цельсія [5].

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		

Також до складу сталі 12Х18Н10Т входить титан, що, в свою чергу, також сприяє підвищенню міцності, стійкості до впливу високих температур, а також оброблюваності.

Широкий діапазон робочої температури дозволяє прокату сталі 12Х18Н10Т, або AISI 321, бути використаним там, де температура досягає високих меж, це, наприклад, деталі працюють в контактi з кислотними, сольовими, лужними, токсичними та їдкими корозійними середовищами. Варто також відзначити, що сталь 12Х18Н10Т не має будь-яких обмежень по зварюванню. Що також сприяє її поширенню і популяризації.

Болти виготовлені з сталі вуглецевої марки Ст 35Х (ГОСТ 380 - 94), що використовуються для деталей машин з підвищеними вимогами.

Фланці виготовляються зі Ст 12Х18Н10Т (ГОСТ 380 - 94) [4].

Прокладки виготовляються із пароніту; прокладка такого типу використовується при температурі -200 до +400°С та умовному тиску, який не перевищує 2,5 МПа.

Опору апарата виготовляємо з низьколегованої сталі 16ГС (ГОСТ 5520-79), що має діапазон експлуатації від 233 К до плюс 748 К [5].

3.4 Патентний огляд конструкцій основного обладнання установки

Для знаходження об'єктів порівняння та перевірки патентної чистоти конструкції проведений патентний пошук.. В результаті пошуку відібрані для детального розгляду ряд конструкцій, описи яких наведено нижче.

Предметом пошуку є: кожухотрубний теплообмінник та скруббер.

Метою огляду є визначення актуальності розроблюваних апаратів на сьогоdnішньому етапі розвитку науки та техніки.

Теплообмінники

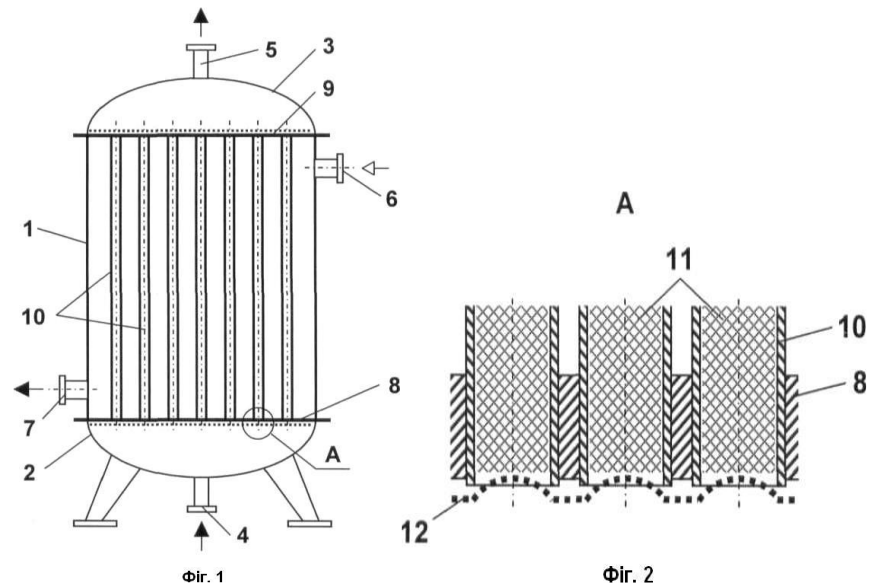
Теплообмінник [6], що складається з коржуху, штуцерів, і трубних решіток в яких закріплені теплообмінні труби. Ці труби заповнені насадковими тілами із

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

теплопровідного матеріалу. Насадкові тіла нагадають форму кільцевих циліндрів, зображений на рисунку 3.2.

Мета винаходу – забезпечити вищу тепловіддачу в трубному просторі .

Перевагою такої конструкції є наявність труб заповнених насадковими тілами які забезпечують підвищення тепловіддачі в трубному просторі, а також на багато зменшує вірогідність утворення застійних зон.



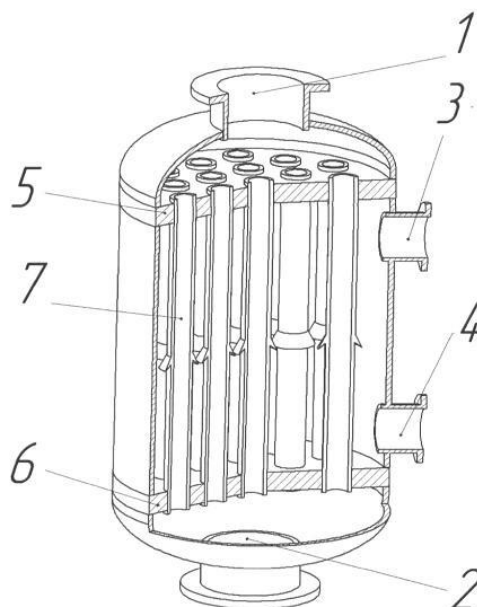
1-обичайка, 2,3-кришки, 4,6-вхідні штуцери , 5,7- вихідні штуцери, 8,9-трубні решітки, 10-теплообмінні труби , 11-насадкові тіла, 12-перфорований лист

Рисунок 3.2 –Теплообмінник

Недоліками є складність виготовлення конструкції, підвищена вартість обладнання.

Теплообмінник [7], що складається із циліндричного кожуха, кришки, днища і двох трубних решіток з теплообмінними трубами. На трубах є парасольки, що розміщені на зовнішній поверхні труб, зображений на рисунку 3.3.

Метою винаходу є підвищення продуктивності теплообмінника.



1-вхідний штуцер, 2-вихідний штуцер, 3-штуцер входу пари, 4-штуцер виходу конденсату, 5,6-трубні решітки, 7-теплообмінні трубки

Рисунок 3.3 –Теплообмінник

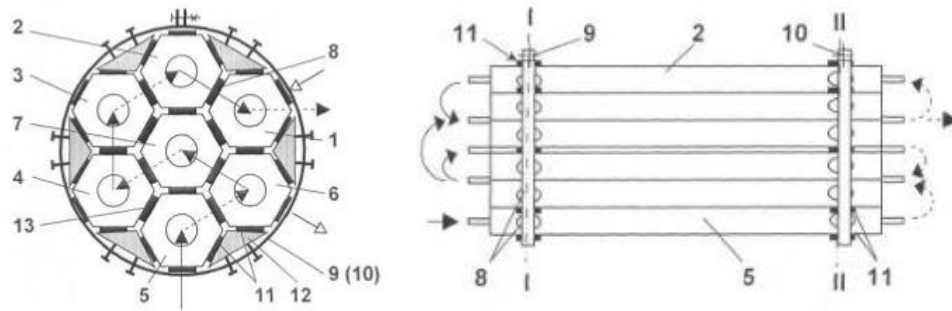
Перевагою такої конструкції є підвищення продуктивності теплообмінника шляхом встановлення на теплообмінних трубах парасольок, що забезпечує інтенсифікацію процесу теплообміну.

Недоліками є утворення плівки на зовнішній поверхні труб, складність конструкції у виготовленні.

Конструкція теплообмінника зображена на рисунку 3.4.

Теплообмінник [8], в якому у вигляді шестигранників є сім секцій з трубним і міжтрубним просторами, сусідні секції сполучені між собою патрубками, які виконані на кожній з її бокових граней, секції з'єднані хомутами, а вільні патрубки закриті заглушками. Між хомутами й заглушками є натискні вкладиші, зображений на рисунку 3.4.

Метою винаходу є забезпечення надійної герметизації заглушок на вільних патрубках, за рахунок чого підвищується надійність теплообмінника в цілому.



1-7- секції, 8-патрубки, 9,10-кільцеві хомути, 12-натискні вкладиші

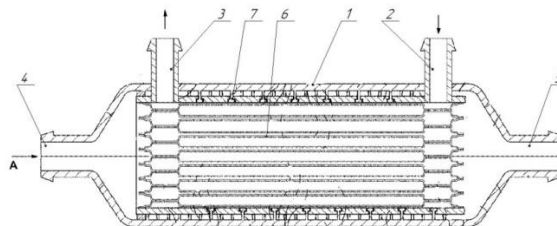
Рисунок 3.4- Теплообмінник

Перевагами конструкції є: притискання заглушок до відповідних патрубків надійне, а отже забезпечується надійна герметизація патрубків . Конструкція теплообмінника практично не ускладнюється.

Недоліками даної установки є: складність очистки апарату.

Кожухотрубний теплообмінник [9], який має трубну решітку, що містить перші канали потоку поточного середовища і другі канали потоку поточного середовища розташованих по черзі і корпус який охоплює трубну решітку . Корпус має багато з'єднувальних структур, що забезпечує жорстке з'єднання між корпусом та трубною решіткою. Зображений на рисунку 3.5.

Метою винаходу є підвищення ефективності використання апарату та збільшення інтенсифікації процесу теплообміну.



1-корпус, 2,4-штуцери входу, 3,5- штуцери виходу, 6 - трубна решітка, 7- кріпильний елемент

Рисунок 3.5 – Кожухотрубний теплообмінник

Перевагами такої конструкції є: інтенсифікація процесу теплообміну.

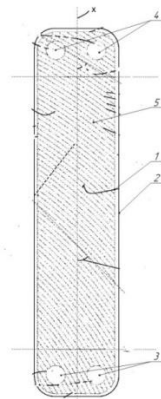
Недоліком є: металоємність конструкції, складність виготовлення апарату.

Кожухотрубний пластинчастий теплообмінник [10] призначений для теплообміну між першою рідиною та другою рідиною. Теплообмінник складається з трьох зон, першої кінцевої зони, центральної кінцевої зони та другої кінцевої зони. Зображений на рисунку 3.6

Метою винаходу являється: підвищення коефіцієнту тепловіддачі.

Перевагами даної конструкції є: ефективне використання тепла, підвищений коефіцієнт тепловіддачі.

Недоліками конструкції є: складність конструкції, підвищена вартість, металоємність[10].



1-корпус, 2-стінка, 3-ілюмінатори нижні, 4-ілюмінатори верхні, 5-пластини.

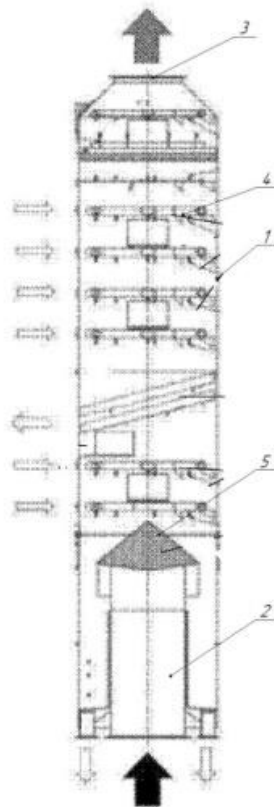
Рисунок 3.6- Конструкція кожухотрубного теплообмінника

Висновок: у результаті проведених патентних досліджень встановлено, що пропонований апарат і його складові частини відповідають умовам патентоздатності винаходу (корисної моделі).

Скрубери

Скрубер [11] призначений для очистки газу від різних забруднень. Складається з вертикального подовженого корпусу, штуцера входу газу та виходу газу, газ входить знизу, виходить зверху. Зображений на рисунку 3.7

Метою винаходу є: зробити процес очистки газу якомога ефективнішим.



1-корпус, 2-вхідний штуцер, 3-вихідний штуцер, 4-розпилююча насадка,
5-конусна насадка.

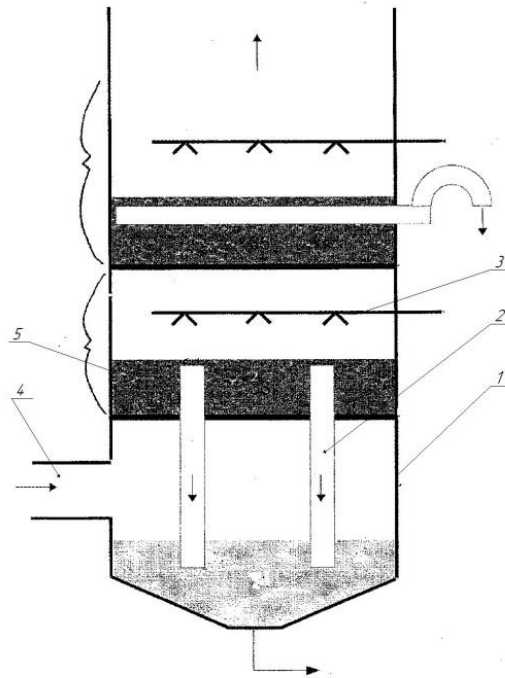
Рисунок 3.7- Скрубер

Перевагами даної конструкції : подвійна промивка водою , висока надійність обладнання.

Недоліками конструкції є: складність конструкції, підвищена вартість апарату у порівнянні з аналогами [11].

Скрубер [12] призначений для мокрої очистки від різних забруднень, в якому є декілька очисних зон, що покращує загальну ефективність видалення забруднень, за рахунок додавання зон полірування для систем видалення частинок.. Зображений на рисунку 3.8

Метою винаходу є: досягти високого рівня ефективності видалення забруднюючих речовин, та знизити затрати.



1-корпус, 2-трубка, 3-розпилююча насадка, 4- вхідний штуцер,
5- насадка.

Рисунок 3.8- Скрубер

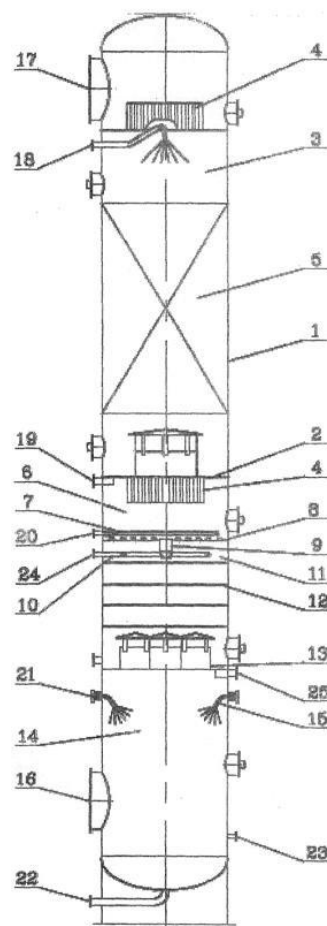
Перевагами даної конструкції : дешевий відносно інших аналогів.

Недоліками конструкції є: складність конструкції[12].

Скрубер [13], має вигляд циліндричного апарата, корпус якого поділений дном на верхню, десорбційну частину із масообмінною насадкою, і нижню, абсорбційну, з трьома ступенями масообміну, проміжне дно має патрубки для входу пари, в десорбційній частині є вхід води з фенолами, вихід циркулюючої пари і знефеноленої води, в абсорбційній частині встановлені розпилювальні пристрої для розпилення розчину луґу.Зображений на рисунку 3.9.

Метою винаходу є створення скрубера для вилучення фенолів, що забезпечить підвищення ефективності процесу вилучення фенолів з стічної води, довговічності і надійності скрубера.

						ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк. 31
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат			



Фиг. 1

1-корпус, 2-тарілка, 3-верхня десорбцій на частина, 4-бризкоуловлювач, 5-масообмінна насадка, 6-верхній ступінь, 7-пристрій для розподілу луку, 8-ковпачкова тарілка, 9-центральный злив, 10-пристрій розподілу фенолятів

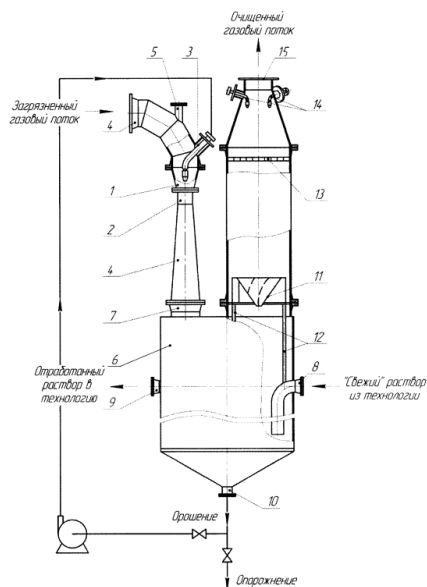
Рисунок 3.9- Скрубер

Перевагами конструкції є: підвищена ефективність процесу знефенолення, довговічність, надійність апарату.

Недоліками даної установки є: складність очистки апарату.

Скрубер [14], що призначений для мокрої очистки газів від різних частинок і газоподібних домішок. Результат досягається тим, що в ньому встановлений накопичувач рідини для зрошення з патрубками. Зображений на рисунку 3.10.

Метою винаходу є створення скрубера, що забезпечить підвищення ефективності процесу очистки газів від газоподібних домішок.



1-конфузор, 2-горловина, 3-форсунка, 4-диффузор,
5-патрубок, 6-накопичувач, 7-вхідний патрубок, 8-живильний, 9-переливний, 10-
зливний, 11-завіхрювач, 12,15-патрубок, 13-сито, 14-розпилювач.

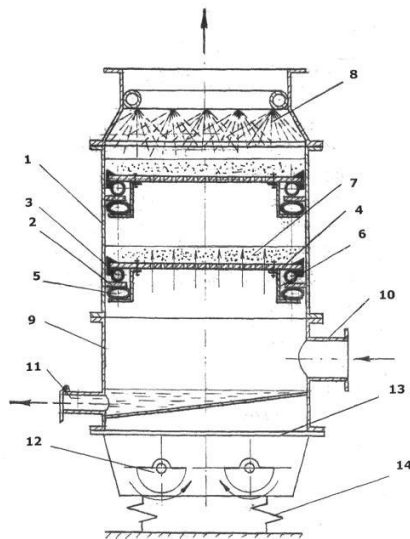
Рисунок 3.10- Скрубер

Превагами конструкції є: забезпечення високого ступеня очистки, можливість охолодження газу.

Недоліками даної установки є: висока вартість виготовлення апарату.

Скрубер [15] з встановленими в нього технологічними секціями з закріпленими в них решітками з насадкою, бризкала, розвантажувальної камери з патрубками для подачі газу та відводу рідини, секції з вібратором, при цьому решітка з насадкою з'єднана з корпусом по периметру через пружні рукави, які мають можливість регулювати параметри коливання решіток. Зображений на рисунку 3.11.

Метою винаходу є модернізація скрубера, в якому за рахунок модернізованих елементів і зв'язків досягається можливість керування параметрами руху кожної решітки при роботі скрубера в заданому режимі, за рахунок чого знижуються енерговитрати.



Фіг. 1

1-секція, 2-упори, 3,5-рукав, 4-решітка,
6-кронштейн, 7-насадка, 8-бризкало, 9-розвантажувальна секція,
10,11-патрубки, 12-вібратор, 13-приводна секція, 14-пружні зв'язки.

Рисунок 3.11- Скрубер

Перевагами конструкції є: підвищення ефективності очистки газів, покращення енергетичних і трудових затрат, керування параметрами процесу очистки газів безперервно.

Недоліками даної установки є: зволожений пил може забивати насадки, через це зменшується продуктивність.

Висновок: у результаті проведених патентних досліджень встановлено, що пропонуваній апарат і його складові частини відповідають умовам патентоздатності винаходу (корисної моделі).

4 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції

4.1 Параметричний розрахунок скрубера знефенолення води

Метою розрахунку є визначення геометричних розмірів скрубера.

Розрахункова схема зображена на рисунку 4.1.

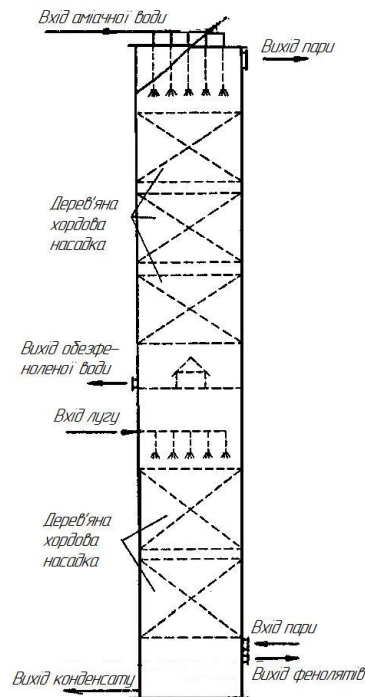


Рисунок 4.1 – Знефенолюючий скрубер.

Розрахункові залежності і алгоритм розрахунку

Вхідні дані:

кількість надсмольної води $G_{н.в.}$, кг/с	8,333;
Кількість фенолів в воді, що надходить у скрубер $V_{ф.в.}$, г/м ³	2,2;
Густина води при середній температурі 323К, $\rho_{н.в.}$	988.1;
Вміст фенолу в обезфеноленій воді $g_{в.ф.}$, г/л	0.2;
початкова температура аміачної води T_1' , К	273;

кінцева температура знефеноленої води T_1'' , К	373;
тиск пари внизу верхньої секції скрубера p_1 , Па	102410;
тиск вихідного пару верхньої секції скрубера p_2 , Па	101080.

Скористаємось алгоритмом розрахунку, запропонованим [1].

Розрахунок верхньої секції скрубера

Матеріальний розрахунок

Кількість фенолів в надсмольній воді становить:

$$G_{\phi} = V_{\phi.в.} \cdot \frac{G_{н.в.}}{\rho_{н.в.}} = 2,2 \cdot \frac{8,333}{988.1} = 0,018 \text{ кг/с,}$$

де $G_{н.в.}$ – кількість надсмольної води, що поступає із колони на знефенолювання, кг/с;

$V_{\phi.в.}$ – кількість фенолів в воді, що надходить у скрубера, кг/м³;

$\rho_{н.в.}$ – відносна вага надсмольної води, кг/м³.

Приймаємо степінь очистки води від фенолів 90%. Відповідно, в воді залишається не виведених фенолів:

$$G_{н.ф.} = g_{в.ф.} \cdot \frac{G_{н.в.}}{\rho_{н.в.}} = 0,001667 \text{ кг/с.}$$

А виводиться:

$$G_{в.ф.} = G_{\phi} - G_{н.ф.} = 0,018 - 0,001667 = 0,017 \text{ кг/с.}$$

Максимальний вміст фенолів в вихідному парі можна визначити по рівнянню рівноваги:

$$\rho_{2\text{макс}} = \frac{p \cdot M}{22,4 \cdot P} = \frac{60 \cdot 94}{22,4 \cdot 101080} = 0,0022 \text{ кг/м}^3,$$

де p – пружність фенолів надсмольною ам'ячною водою, що поступає, Па;

M – молекулярна маса фенолів, кг/м³;

P – тиск на виході із скрубера, Па.

Пружність фенолів над надсмольною ам'ячною водою:

$$p = 0,18 \cdot V_{\phi.в.} \cdot 133 = 0,18 \cdot 2,2 \cdot 133 = 53 \text{ Па.}$$

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк. 36
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

Приймаємо тиск на виході із скрубера 760 мм рт. ст., тобто $P=101080$ Па.

Мінімальна кількість пару, що циркулює визначаємо за рівнянням:

$$V_{\text{п.мін}} = \frac{G_{\text{в.ф.}}}{\rho_{2\text{мак}} - \rho_1} = \frac{0,017}{0,0022 - 0,00022} = 8 \text{ м}^3/\text{с},$$

де $G_{\text{в.ф.}}$ – кількість виділених фенолів, кг/с;

ρ_1 – вміст фенолів в поступаючому парі, кг/м³.

Приймаємо, що степінь видалення фенолів із пара в нижній частині скрубера 90%; тоді в парі, що поступає в верхню частину скрубера, вміст фенолів:

$$\rho_1 = 0,1 \cdot \rho_{2\text{мак}} = 0,1 \cdot 0,0022 = 0,00022 \text{ кг/м}^3.$$

Дійсна кількість пара приймається в 1,5-2 рази більше мінімального.

Приймаємо кількість пару, що циркулює в 1,5 рази більше мінімального, тоді:

$$V_{\text{п}} = 1,5 \cdot V_{\text{п.мін}} = 1,5 \cdot 8 = 12 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Користуючись попереднім рівнянням, визначаємо фактичний вміст фенолів в вихідному парі.

Так, як

$$\rho_2 - \rho_1 = \frac{G_{\text{в.ф.}}}{V} \text{ і } \rho_1 = 0,1 \cdot \rho_2,$$

то

$$0,9 \cdot \rho_2 = \frac{G_{\text{в.ф.}}}{0,9 \cdot V},$$

звідки:

$$\rho_2 = \frac{G_{\text{в.ф.}}}{0,9 \cdot V_{\text{п}}} = \frac{0,017}{0,9 \cdot 12} = 1,543 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3,$$

$$\rho_1 = 0,1 \cdot \rho_2 = 0,1 \cdot 1,543 \cdot 10^{-3} = 1,543 \cdot 10^{-4} \text{ кг/м}^3.$$

Приймаємо, округлюючи $\rho_2 = 1,6 \cdot 10^{-3}$ кг/м³ і $\rho_1 = 1,67 \cdot 10^{-4}$ кг/м³, тоді:

$$V = \frac{G_{\text{в.ф.}}}{\rho_2 - \rho_1} = \frac{0,017}{1,6 \cdot 10^{-3} - 1,67 \cdot 10^{-4}} = 11,87 \text{ м}^3/\text{с},$$

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		

що складає на 1 м³ безфенолюючої води:

$$V_{1.м} = \frac{V}{V_{п.мин}} = \frac{11,87}{8} = 1,48 \text{ м}^3.$$

Визначення поверхні зрошення і розмірів верхньої секції скрубера

Для верхньої секції скрубера приймаємо дерев'яні пластини, з такими характеристиками:

Товщина рейок a , мм	10;
Відстань між рейками b , мм	19;
Висота рейок c , мм	120;
Еквівалентний діаметр насадки d_e , м	0,038;
Кінематична в'язкість водяного ν_r , м ² /с	$20,9 \cdot 10^{-6}$.

Критична швидкість руху пара через насадку визначається рівнянням:

$$v_{кр} = 2320 \cdot \frac{\nu_r}{d_e} = 2320 \cdot \frac{20,9 \cdot 10^{-6}}{0,038} = 1,28 \text{ м/с},$$

де ν_r – кінематична в'язкість водяного пару при температурі $T = 283 \text{ К}$, м²/с;

Еквівалентний діаметр насадки знаходимо по формулі:

$$d_e = 2 \cdot b = 0,038 \text{ м}.$$

Таким чином, необхідний живий переріз насадки знаходимо:

$$S'_{ж} = \frac{V}{v_{кр}} = \frac{11,87}{1,28} = 9,3 \text{ м}^2.$$

Зальний переріз насадки:

$$S'_{заг} = S'_{ж} \cdot \frac{a+b}{b} = 14,2 \text{ м}^2.$$

Звідки діаметр круга насадки:

$$D' = \sqrt{\frac{4 \cdot S'_{заг}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 14,2}{3,14}} = 4,252 \text{ м}.$$

Приймаємо $D = 4,3 \text{ м}$, тоді:

$$S_{заг} = 0,785 \cdot D^2 = 14,5 \text{ м}^2,$$

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк. 38
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

$$S_{ж} = \frac{b}{a+b} \cdot S_{заг} = \frac{0,019}{0,01+0,019} \cdot 14,5 = 9,5 \text{ м}^2,$$

Фактична швидкість парів в насадці:

$$v = \frac{V}{S_{ж}} = 1,25 \text{ м/с.}$$

У верху скрубера парціальний тиск фенолів у парі, що виходить:

$$p_{г}' = \frac{22,4 \cdot \rho_2 \cdot p_2}{M} = \frac{22,4 \cdot 1,6 \cdot 10^{-3} \cdot 101080}{94} = 38,54 \text{ Па.}$$

Пружність фенолів над водою, що поступає:

$$p_{п}' = 0,18 \cdot V_1 \cdot 133 = 0,18 \cdot 2,2 \cdot 133 = 52,668 \text{ Па,}$$

де V_1 – вміст фенолів у воді, кг/м³.

Відповідно рушійна сила верхньої частини скрубера:

$$\Delta p' = p_{п}' - p_{г}' = 52,668 - 38,54 = 14,13 \text{ Па.}$$

Внизу верхньої секції скрубера парціальний тиск фенолів у вхідному парі:

$$p_{г}'' = \frac{22,4 \cdot p_1}{M} \cdot \rho_1 = \frac{22,4 \cdot 102410}{94} \cdot 1,67 \cdot 10^{-4} = 4,07 \text{ Па.}$$

Стійкість фенолів над знефенолюючою водою, що виходить із скрубера:

$$p_{п}'' = 0,18 \cdot 0,2 \cdot 133 = 4,788 \text{ Па.}$$

Відповідно,

$$\Delta p'' = p_{п}'' - p_{г}'' = 4,788 - 4,07 = 0,718 \text{ Па.}$$

Середній рушійний тиск процесу десорбції:

$$\Delta p_{ср} = \frac{p' - p''}{2,3 \log \frac{p'}{p''}} = \frac{14,13 - 0,718}{2,3 \log \frac{14,13}{0,718}} = 4,506 \text{ Па}$$

Визначення коефіцієнта десорбції фенолів із пара знаходимо по формулі:

$$K = \frac{k_{г} \cdot k_{п}}{k_{г} \cdot k_{п}} = \frac{5,194 \cdot 10^{-10} \cdot 5,363 \cdot 10^{-6}}{5,194 \cdot 10^{-10} + 5,363 \cdot 10^{-6}} = 5,194 \cdot 10^{-7} \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с Па,}$$

						ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк. 39
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат			

де k_r – частковий коефіцієнт десорбції через газову плівку, кг/с;

k_p – частковий коефіцієнт десорбції через рідинну плівку, кг/с.

Величину часткового коефіцієнта десорбції через газову плівку визначаємо із рівняння:

$$k_r = Nu_r \cdot \frac{D_r}{d_e} = 14,106 \cdot \frac{20,21 \cdot 10^{-6}}{0,038} = 7,502 \cdot 10^{-3} \text{ м/с,}$$

або

$$k_r = k_p \cdot \frac{M}{22,4 \cdot p_2} = 7,502 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{94}{22,4 \cdot 101080} = 5,194 \cdot 10^{-10} \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с Па.}$$

Визначимо величину критерія Нуссельта:

$$\begin{aligned} Nu_r &= 0,0445 \cdot Re_r^{0,752} \cdot Pr_r^{0,628} \cdot \left(\frac{d_e}{c} \right)^{0,056} = \\ &= 0,0445 \cdot 2273^{0,752} \cdot 1,037^{0,628} \cdot \left(\frac{0,038}{0,12} \right)^{0,056} = 14,106 \end{aligned}$$

Визначимо величину критерія Рейнольдса:

$$Re = \frac{v \cdot d_e}{\nu_2} = \frac{1,25 \cdot 0,038}{20,9 \cdot 10^{-6}} = 2273$$

Знайдемо критерій Прандтля:

$$Pr_2 = \frac{\nu_2}{D_2} = 1,037$$

де D_r – коефіцієнт дифузії фенолів в водяному парі при $T_1 = 273 \text{ К}$

і $p_1 = 0,10108 \text{ МПа}$ визначаємо по формулі:

$$D_r' = \frac{4,5 \cdot 10^{-4}}{\sqrt{M_1 \cdot M_2}} = \frac{4,5 \cdot 10^{-4}}{\sqrt{94 \cdot 18}} = 10,9 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с,}$$

де M_1 – молекулярна маса фенолів, кг/моль;

M_2 – молекулярна маса водяного пару, кг/моль.

Приводимо D_r' до температури $T_2 = 373 \text{ К}$ і середнього тиску в скрубери

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк. 40
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

$p_2 = 101745$ Па, тоді:

$$D_r = D_r' \cdot \left(\frac{T_2}{T_1}\right)^2 \cdot \frac{p_1}{p_2} = 10,9 \cdot 10^{-6} \cdot \left(\frac{373}{273}\right)^2 \cdot \frac{101080}{101745} = 20,21 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}.$$

Частковий коефіцієнт десорбції через рідинну плівку:

$$k_p = Nu_p \cdot \frac{D_p}{d_e} = 1494 \cdot \frac{10,3 \cdot 10^{-6}}{0,038 \cdot 3600} = 1,284 \cdot 10^{-4} \text{ м/с},$$

або

$$k_p = \frac{k_p}{H \cdot 133} = \frac{1,284 \cdot 10^{-4}}{0,18 \cdot 133} = 5,363 \cdot 10^{-6} \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с Па},$$

де H – константа Генрі, мм.рт.ст.

Знаходимо Критерій Нуссельта:

$$Nu_p = 471 \cdot Re_p^{0,324} \cdot Pr_p^{0,165} \cdot \left(\frac{de}{c}\right)^{0,503} = 471 \cdot 20^{0,324} \cdot 102^{0,165} \cdot \left(\frac{0,038}{0,12}\right)^{0,503} = 1494$$

Знаходимо критерій Рейнольдса для рідинної плівки:

$$Re_p = \frac{q}{\nu_p} = 20$$

де q – густина зрошення, м³/с·м;

ν_p – в'язкість розчину, м²/с.

Густина зрошення знаходимо:

$$q = \frac{W_1}{2 \cdot l} = \frac{0,0058}{2 \cdot 500} = 5,8 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3/\text{с} \cdot \text{м},$$

де W_1 – кількість надсмольної води, м³/с;

l – довжина рейок в одному крузі насадки, м.

Так, як живий переріз $S_{ж} = 9,5 \text{ м}^2$, то довжина рейок в одному крузі:

$$l = \frac{S_{ж}}{b} = \frac{9,5}{0,019} = 500$$

В'язкість води при $T_2 = 373 \text{ К}$ рівна $\nu = 0,28$ сантипуаза, або кінематична в'язкість:

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

$$v_p = \frac{z}{1000 \cdot \gamma_p} = \frac{0,28}{1000 \cdot 958} = 0,293 \cdot 10^{-6}, \text{ м}^2/\text{с},$$

де γ_p – питома вага рідини, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Знайдемо критерій Прандтля для рідини:

$$\text{Pr}_p = \frac{v_p}{D_p} = \frac{0,293 \cdot 10^{-6} \cdot 3600}{10,3 \cdot 10^{-6}} = 102$$

де v_p – в'язкість розчину, $\text{м}^2/\text{с}$;

D_p – коефіцієнт дифузії фенолів у воді, $\text{м}^2/\text{с}$.

Коефіцієнт дифузії фенолів у воді визначаємо по формулі:

$$D_p = 0,0124 \cdot 10^{-6} \frac{T_2}{\gamma_p \cdot v_p} \cdot \sqrt[3]{\frac{\gamma_{p.ф.}}{M}} =$$

$$= 0,0124 \cdot 10^{-6} \frac{373}{958 \cdot 0,293 \cdot 10^{-6}} \cdot \sqrt[3]{\frac{1060}{94}} = 0,037 \text{ м}^2/\text{с},$$

де T_2 – температура рідини, К;

$\gamma_{p.ф.}$ – питома вага рідкого фенолу, $\text{кг}/\text{м}^3$;

M – молекулярна маса фенолів, $\text{кг}/\text{моль}$.

Знаходимо розрахункову площу теплообміну:

$$F = \frac{G}{K \cdot \Delta p_{cp}} = \frac{0,017}{5,194 \cdot 10^{-7} \cdot 4,506} = 7122 \text{ м}^2.$$

Поверхня одного кільця насадки:

$$f = 2 \cdot l \cdot c = 2 \cdot 500 \cdot 0,12 = 120 \text{ м}^2.$$

Відповідно, число кілець насадки:

$$n = \frac{F}{f} = \frac{7122}{120} = 59,35 \text{ шт.}$$

Приймаємо 3 ряди по 20 кілець, всього 60 кілець із загальною поверхнею:

$$F = n \cdot f = 60 \cdot 120 = 7200 \text{ м}^2.$$

Висота одного яруса:

$$h = 20 \cdot 0,14 = 2,8 \text{ м.}$$

						ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
							42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат			

Висота скрубера, заповнена насадкою:

$$H_1 = 3 \cdot h + 2 \cdot 0,5 = 3 \cdot 2,8 + 2 \cdot 0,5 = 9,4 \text{ м.}$$

Загальна висота верхньої секції скрубера:

$$H = H_1 + 1,5 \cdot D = 9,4 + 1,1 \cdot 4,3 = 14,1 \text{ м.}$$

Розрахунок нижньої секції знефенолюючого скрубера

Матеріальний розрахунок

Кількість суміші пару V_1 , м ³ /с	9,22;
Вміст фенолів у парі ρ_1 , кг/м ³	$1,6 \cdot 10^3$;
Початкова температура суміші пару T_1 , К	273;
Тиск суміші пару p_1 , Па	103740;
Об'єм фенолів у знефеноленому парі на виході ρ_2 , кг/м ³	$1,6 \cdot 10^{-4}$;
Кінцева температура знефеноленого пару T_2 , К	373;
Тиск знефеноленого пару на виході p_2 , Па	102410;
Кількість фенолів, що вилучаємо G , кг/с	0,017.

Приймаємо концентрацію NaOH в розчині, що поступає 8% і степінь реакції NaOH – 75%. Таким чином, реагує тільки 6% NaOH, або ж 60 кг/м³.

По реакції $C_6H_5OH + NaOH = C_6H_5ONa + H_2O$ 1л розчину NaOH може поглинути фенолу:

$$m_{\phi} = \rho_{NaOH} \cdot \frac{M}{M_{NaOH}} = 60 \cdot \frac{94}{40} = 0,141 \text{ кг,}$$

де M_{NaOH} – молярна маса розчину NaOH, кг/моль;

ρ_{NaOH} – вміст NaOH у розчині, кг/м³.

Так, як для поглинання 0,017 кг/с фенолів необхідно подавати розчин в кількості:

$$W_2 = \frac{G}{m_{\phi}} = 0,120 \text{ м}^3/\text{с.}$$

Оскільки цієї кількості недостатньо для зрошування, то приймаємо періодичну подачу розчину. Для цього необхідно подавати кожних 15 хвилин 85л

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		43

розчину.

Визначення поверхні абсорбції і розмірів скрубера

Приймаємо діаметр нижньої частини скрубера таким, як і верхньої частини, тобто рівним 4300 мм.

Приймаємо металічну спіральну насадку з наступною характеристикою:

Поверхня 1 м³ насадки f , м²

120;

Насипна вага γ_n , кг/м³

104.

Звідси вільний об'єм насадки:

$$V_B = \frac{\gamma_z - \gamma_n}{\gamma_z} = \frac{7800 - 104}{7800} = 0,9867 \text{ м}^3/\text{м}^3,$$

де γ_z – питома вага заліза, кг/м³.

Відповідно, доля живого перерізу насадки $S_{нж} = 0,9867 \text{ м}^2/\text{м}^2$.

Еквівалентний діаметр насадки:

$$d_e = \frac{4 \cdot V_B}{f} = \frac{4 \cdot 0,9867}{120} = 0,033 \text{ м.}$$

Фактична швидкість газу а насадці:

$$v = \frac{V}{S_{нж} \cdot S_{заг}} = \frac{11,87}{0,9867 \cdot 14,5} = 0,824 \text{ м/с.}$$

Знаходимо критерій Рейнольдса:

$$Re = \frac{v \cdot d_e}{\nu_n} = 1256$$

де ν_n – кінематична в'язкість пара при 373 К, м²/с.

Знаходимо критерій Прандтля:

$$Pr_p = \frac{\nu_n}{D_{п}} = \frac{20,9 \cdot 10^{-6}}{19,95 \cdot 10^{-6}} = 1,048,$$

де $D_{п}$ – коефіцієнт дифузії, який знаходимо користуючись формулою:

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		44

$$D_r = D_r' \cdot \left(\frac{T_2}{T_1} \right)^2 \cdot \frac{p_1}{p_c} = 10,9 \cdot 10^{-6} \cdot \left(\frac{373}{273} \right)^2 \cdot \frac{101080}{103075} = 19,95 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с},$$

де p_c – середній тиск:

$$p_c = \frac{p_1 + p_2}{2} = \frac{(1,0374 + 102410) \cdot 10^6}{2} = 103075 \text{ Па.}$$

Знаходимо критерій Нуссельта:

$$Nu_n = 0,0445 \cdot Re_n^{0,752} \cdot Pr_r^{0,628} = 0,0445 \cdot 1256^{0,752} \cdot 1,048^{0,628} = 9,8.$$

Коефіцієнт абсорбції через газову плівку:

$$k_n = Nu \frac{D_n}{de} = 9,8 \cdot \frac{19,95 \cdot 10^{-6}}{0,033} = 5,92 \cdot 10^{-3} \text{ м/с},$$

або

$$k_n = k_n \cdot \frac{M}{22,4 \cdot p_2} = 5,92 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{94}{22,4 \cdot 101080} = 3,2 \cdot 10^{-7} \text{ кг/м}^2 \cdot \text{с Па.}$$

Визначаємо рушійну силу процесу.

Парціальний тиск фенолів у вхідному парі:

$$p_n' = \frac{p_1 \cdot 22,4 \cdot p_1}{M} = \frac{1,6 \cdot 10^{-3} \cdot 22,4 \cdot 103740}{94} = 39,554 \text{ Па.}$$

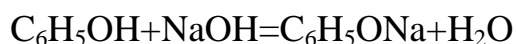
У вихідному парі:

$$p_n'' = \frac{p_2 \cdot 22,4 \cdot p_2}{M} = \frac{1,6 \cdot 10^{-4} \cdot 22,4 \cdot 102410}{94} = 3,905 \text{ Па.}$$

Пружність фенолів над розчином на вході:

$$p_p'' = 0.$$

Пружність фенолів над розчином фенолятів на виході визначаємо за рівнянням рівноваги:



Загальна кількість фенолів, поглинутих 1 л розчину лугу, рівне 0,141 кг.

При степені гідролізу фенолятів натрію, рівній 1%, вільних фенолів буде

$$V_2 = 1,41 \text{ кг/м}^3.$$

						ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат			45

Стійкість фенолів над таким розчином:

$$p_p' = 0,18 \cdot V_2 \cdot 133 = 0,18 \cdot 1,41 \cdot 133 = 33,76 \text{ Па.}$$

Рушійна сила абсорбції вверху нижньої секції скрубера буде:

$$\Delta p' = p_{\Pi}'' - p_p'' = 3,905 \text{ Па.}$$

В нижній частині:

$$\Delta p'' = p_{\Pi}' - p_p' = 39,554 - 33,76 = 5,798 \text{ Па.}$$

Середня рушійна сила абсорбції:

$$\Delta p_{cp} = \frac{\Delta p'' - \Delta p'}{2,3 \log \frac{\Delta p''}{\Delta p'}} = \frac{5,798 - 3,905}{2,3 \log \frac{5,798}{3,905}} = 4,795 \text{ Па.}$$

Розраховуємо поверхню абсорбції:

$$F = \frac{G}{k_n \cdot \Delta p_{cp}} = \frac{0,017}{3,2 \cdot 10^{-7} \cdot 4,795} = 11080 \text{ м}^2.$$

При поверхні 1 м³ насадки 120 м² необхідно мати об'єм насадки:

$$V_H = \frac{F}{f} = \frac{11080}{120} = 92,3 \text{ м}^3.$$

Так, як переріз скрубера $S_{ж} = 14,5 \text{ м}^2$, то висота насадки буде:

$$h_H = \frac{V_H}{S_{ж}} = \frac{92,3}{14,5} = 6 \text{ м.}$$

Приймаємо два яруси насадки висотою по 3 м.

Відстань між ярусами приймаємо 0,5 м, тоді висота нижньої секції скрубера, що зайнята насадкою, буде рівною 6,5 м і загальна висота цієї секції:

$$H = 6,5 + 1,5 \cdot D = 6,5 + 1,1 \cdot 4,3 = 11,23 \text{ м.}$$

Загальна висота скрубера

$$H = 14,1 + 11,23 = 25,33 \text{ м.}$$

Висновок:; висота нижньої секції скрубера 11,23 м, висота верхньої секції скрубера 14,1 м, загальна висота скрубера складає 25,33 м.

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		46

4.2 Розрахунок товщини еліптичного днища та кришки з умов міцності.

Метою розрахунку є визначення товщини еліптичного кришки та розрахунок її на міцність.

Розрахункова схема зображена на рисунку 4.2.

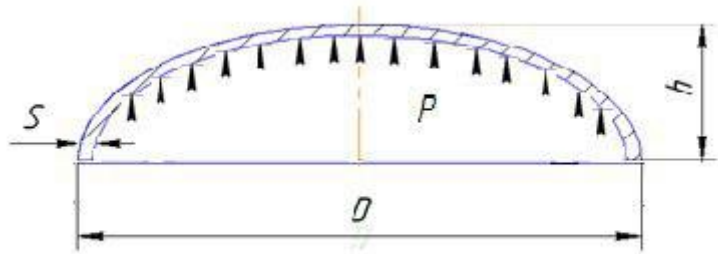


Рисунок 4.2 – Еліптична кришка

Вихідні дані:

Діаметр апарата D , м 4,3;

Допустиме напруження матеріалу кришки за розрахункової температури 100°C $[\sigma]$, МПа 177;

Робочий тиск у кожусі апарата, МПа, p 0,1;

Розрахунковий коефіцієнт міцності зварного шва, φ 0,9.

Розрахунок ведемо по методиці наведеній в [17]

Розраховуємо стандартне еліптичне днище з висотою:

$$h_B = 0,25 \cdot D = 0,25 \cdot 4,3 = 1,075 \text{ м.}$$

Внутрішній радіус кривизни у вершині кришки або днища R_e :

$$R_e = \frac{D^2}{4 \cdot h_B} = \frac{4,3^2}{4 \cdot 1,075} = 4,3 \text{ , м.}$$

Розрахункова товщина стінки кришки або днища $S_{\partial R}$:

$$S_{\partial R} = \frac{p \cdot R_e}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - 0,5 \cdot p} = \frac{0,1 \cdot 4,3}{2 \cdot 177 \cdot 0,9 - 0,5 \cdot 0,1} = 1,35 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Додаток до розрахункової товщини для компенсації ерозії приймаємо $C_e = 0$ через те, що рух рідини не перевищує 20 м/с.

Додаток до розрахункової товщини для компенсації корозії і ерозії приймаємо $C_1 = 2 \cdot 10^{-3}$, тому що відомо, що у робочих умовах, елемент який розраховується, стійкий до середовища що його оточує.

Виконавча товщина стінки кришки або днища у першому наближенні S_{∂}^1 :

$$S_{\partial}^1 = S_{\partial R} + C_1 + C_0 = 1,35 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 10^{-3} + 2,82 \cdot 10^{-4} = 3,7 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

де $C_0 = 2,82 \cdot 10^{-4}$ обираємо через те, що найближча товщина листового прокату становить $2,82 \cdot 10^{-3}$ м.

Додаток до розрахункової товщини на компенсацію мінусового допуску листового гарячекатаного прокату $C_2 = 4 \cdot 10^{-4}$ м.

Технологічний додаток до розрахункової товщини приймаємо $C_3 = 0$ м так як у нашому випадку не має місця стоншення стінки елемента.

Сума додатків до розрахункової товщини C :

$$\frac{C_2 + C_3}{S_{\partial}^1} = \frac{4 \cdot 10^{-4} + 0}{3,5 \cdot 10^{-3}} = 0,108 > 0,05, \text{ тому}$$

$$C = C_1 + C_2 + C_3 = 2 \cdot 10^{-3} + 4 \cdot 10^{-4} + 0 = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Виконавча товщина стінки кришки або днища S_{∂} :

$$S_{\partial} = \frac{p \cdot D}{2 \cdot [\sigma] - p} + C + C_0 = \frac{0,1 \cdot 4,3}{2 \cdot 177 - 0,1} + 2,4 \cdot 10^{-3} + 4,82 \cdot 10^{-4} = 4,1 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Перевіряємо умову застосування формули:

$$0,8 \cdot \sqrt{D \cdot (S_{\partial} - C)} = 0,8 \cdot \sqrt{4,3 \cdot (4,2 - 2,4)} = 0,068 \leq h_B = 1,075 \text{ м.}$$

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

Перерахунок додатка до розрахункової товщини на компенсацію мінусового допуску. Приймаємо $C_2 = 5 \cdot 10^{-4}$ м.

Перерахунок суми додатків до розрахункової товщини C :

$$\frac{C_2+C_3}{S_{\partial}} = \frac{5 \cdot 10^{-3} + 0}{4,2 \cdot 10^{-3}} = 0,122 > 0,05, \text{ тому}$$

$$C = C_1 + C_2 + C_3 = 2 \cdot 10^{-3} + 5 \cdot 10^{-3} + 0 = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Перевірка застосування розрахункових формул:

$$0,002 \leq \frac{S_{\partial} - C}{D} = \frac{4,2 \cdot 10^{-3} - 2,5 \cdot 10^{-3}}{4,3} = 3,721 \cdot 10^{-4} \leq 0,1$$

Так як умова не виконується збільшуємо товщину $S_d = 12 \cdot 10^{-3}$ м.

Приймаємо $C_2 = 6 \cdot 10^{-4}$ м.

Сума додатків до розрахункової товщини C :

$$\frac{C_2+C_3}{S_{\partial}} = \frac{6 \cdot 10^{-4} + 0}{12 \cdot 10^{-3}} = 0,052 > 0,05 \text{ тому}$$

$$C = C_1 + C_2 + C_3 = 2 \cdot 10^{-3} + 6 \cdot 10^{-4} + 0 = 2,6 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Перевірка застосування розрахункових формул:

$$0,002 \leq \frac{S_{\partial} - C}{D} = \frac{12 \cdot 10^{-3} - 2,6 \cdot 10^{-3}}{4,3} = 2,186 \cdot 10^{-3} \leq 0,1$$

$$0,2 \leq \frac{h_B}{D} = \frac{0,1}{0,4} = 0,25 \leq 0,5.$$

Умови застосування розрахункових формул виконуються.

Допустимий внутрішній надлишковий тиск $[p]$:

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi \cdot (S_{\partial} - C)}{R_e + 0,5 \cdot (S_{\partial} - C)} = \frac{2 \cdot 177 \cdot 0,9 \cdot (12 \cdot 10^{-3} - 2,6 \cdot 10^{-3})}{4,3 + 0,5 \cdot (12 \cdot 10^{-3} - 2,6 \cdot 10^{-3})} = 0,696 \geq p = 0,1 \text{ МПа.}$$

Висновки: Умова міцності виконується приймаємо товщину стінки 6,3 мм, яка задовольняє умовам роботи апарата.

4.3 Розрахунок товщини циліндричної обичайки

Метою розрахунку є визначення товщини обичайки та розрахунок її на міцність з умови міцності за безмоментною теорією у випадку, коли обичайка навантажена внутрішнім тиском.

Розрахункова схема зображена на рис 4.3.

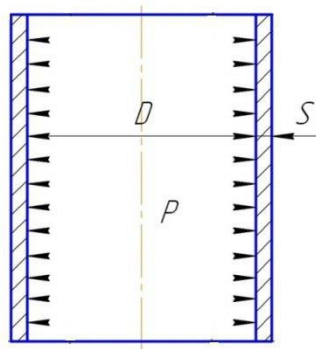


Рисунок 4.3 – Обичайка

Вихідні дані:

Діаметр апарата D , м	4,3;
Допустиме напруження матеріалу кришки (днища) за розрахункової температури $[\sigma]$, МПа	177;
Робочий тиск у кожусі апарата, МПа, p	0,1;
Розрахунковий коефіцієнт міцності зварного шва φ	0,9.
Розрахунок ведемо по методиці, приведеній в [17].	

Для сталі марки 12X18H10T за розрахункової температури $t=100^{\circ}\text{C}$ допустиме напруження $[\sigma]=177\text{ МПа}$ [16].

Розрахунковий коефіцієнт міцності зварного шва φ_p .

Для стикового шва з підварюванням кореня, що виконується вручну, коли довжина контрольованих зварних швів становить 100% від загальної довжини $\varphi_p=0,9$

Розрахункова товщина стінки циліндричної обичайки S_R :

$$S_R = \frac{p \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_p - p} = \frac{0,1 \cdot 4,3}{2 \cdot 177 \cdot 0,9 - 0,1} = 1,35 \cdot 10^{-3}, \text{ м.}$$

Додаток до розрахункової товщини для компенсації ерозії приймаємо $C_e=0$ через те, що рух пари не перевищує 100 м/с.

Додаток до розрахункової товщини для компенсації корозії і ерозії $C_1 = 2 \cdot 10^{-3}$ м.

Виконавча товщина стінки циліндричної обичайки у першому наближенні S^1 :

$$S^1 = S_R + C_1 + C_0 = 1,35 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 10^{-3} + 0,5 \cdot 10^{-4} = 3,4 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Додаток до розрахункової товщини на компенсацію мінусового допуску C_2 :

Граничне відхилення по товщині прокату листового гарячекатаного $4 \cdot 10^{-3}$ м нормальної точності при його ширині від 1500 до 2000 включно становить $4 \cdot 10^{-4}$ м, тобто $C_2=4 \cdot 10^{-4}$ м.

Технологічний додаток до розрахункової товщини $C_3=0$ м, так як у нашому випадку не має місця стоншення стінки елемента.

Відношення суми додатків C_2 і C_3 до товщини S_1 :

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

$$\frac{C_2 + C_3}{S^1} = \frac{4 \cdot 10^{-4} + 0}{3,4 \cdot 10^{-3}} = 0,118$$

Сума додатків розрахункової товщини С:

$$C = \begin{cases} C_1, \text{ якщо } \frac{C_2 + C_3}{S^1} \leq 0,05; \\ C_1 + C_2 + C_3, \text{ якщо } \frac{C_2 + C_3}{S^1} > 0,05. \end{cases}$$

$$\frac{C_2 + C_3}{S^1} > 0,05, \text{ тому}$$

$$C = 2 \cdot 10^{-3} + 4 \cdot 10^{-4} + 0 = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Виконавча товщина стінки циліндричної обичайки S:

$$S = S_R + C + C_0 = 1,35 \cdot 10^{-3} + 2,4 \cdot 10^{-3} + 0,5 \cdot 10^{-4} = 3,8 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Обираємо $C_0 = 0,5 \cdot 10^{-4}$ м з урахуванням можливих додаткових навантажень під час транспортування, монтажу і т.ін.

Перерахунок додатка до розрахункової товщини на компенсацію мінусового допуску C_2 (виконується коли $S \neq S^1$).

Граничне відхилення по товщині прокату листового гарячекатаного $4,5 \cdot 10^{-3}$ м нормальної точності при його ширині від 1500 до 2000 мм включно становить $5 \cdot 10^{-4}$ м, тобто $C_2 = 5 \cdot 10^{-4}$ м.

Відношення суми додатків C_2 та C_3 до товщини S (виконується коли $S \neq S^1$):

$$\frac{C_2 + C_3}{S} = \frac{5 \cdot 10^{-4} + 0}{3,8 \cdot 10^{-3}} = 0,132$$

Перерахунок суми додатків до розрахункової товщини С (виконується коли $S \neq S^1$):

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

$$C = \begin{cases} C_1, \text{ якщо } \frac{C_2 + C_3}{S^1} \leq 0,05; \\ C_1 + C_2 + C_3, \text{ якщо } \frac{C_2 + C_3}{S^1} > 0,05. \end{cases}$$

$$\frac{C_2 + C_3}{S^1} > 0,05, \text{ тому}$$

$$C = 2 \cdot 10^{-3} + 5 \cdot 10^{-4} + 0 = 2,5 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Перевірка умов застосування розрахункових формул:

$$\frac{S - C}{D} = \frac{10 \cdot 10^{-3} - 2,5 \cdot 10^{-3}}{4,3} = 3,023 \cdot 10^{-3} < 0,1$$

Приймаємо $S=10\text{мм}$

$$S = 10 \cdot 10^{-3} \text{ м} \geq \frac{D}{1000} + 2,5 \cdot 10^{-3} = \frac{4,3}{1000} + 2,5 \cdot 10^{-3} = 6,8 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Умови застосування розрахункових формул виконуються.

Допустимий внутрішній надлишковий тиск $[p]$.

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \phi_p \cdot (S - C)}{D + S - C} = \frac{2 \cdot 177 \cdot 1 \cdot (10 \cdot 10^{-3} - 5 \cdot 10^{-4})}{4,3 + 10 \cdot 10^{-3} - 5 \cdot 10^{-4}} = 0,78 \text{ МПа.}$$

Перевірка умови міцності

$$p \leq [p]$$

$$0,1 \text{ МПа} \leq 0,78 \text{ МПа}$$

Висновки: Умова міцності виконується приймаємо товщину стінки 10 мм, яка задовольняє умовам роботи апарата.

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

4.4 Розрахунок опори колонного апарата

Метою даного вибору опори є встановлення скрубера на фундамент, який здійснюємо за двома параметрами: діаметром і вагою апарата.

Опора циліндрична, виконання В. Розрахунок проводимо для робочих умов. Зварний кільцевий шов знаходиться поза зоною отвору. Район розташування знефенолюючого скрубера знаходиться в м. Київ.

Розрахункова схема зображена на рисунку 5.9

Вихідні дані:

діаметр апарата D , м	4,3;
товщина циліндричної обичайки S , м,	0,010;
висота колони h_k , м	28.4;
маса фланців і арматури $M_{фл}$, кг	800;
густина матеріалу корпусу ρ , кг/м ³	7920;
об'єм днища $V_{дн}$, м ³	0,3568;
густина депарафінованого мастила при $t = 20$ °С ρ_d , кг/м ³	998.

Розрахунок ведемо по методиці, приведений в [18].

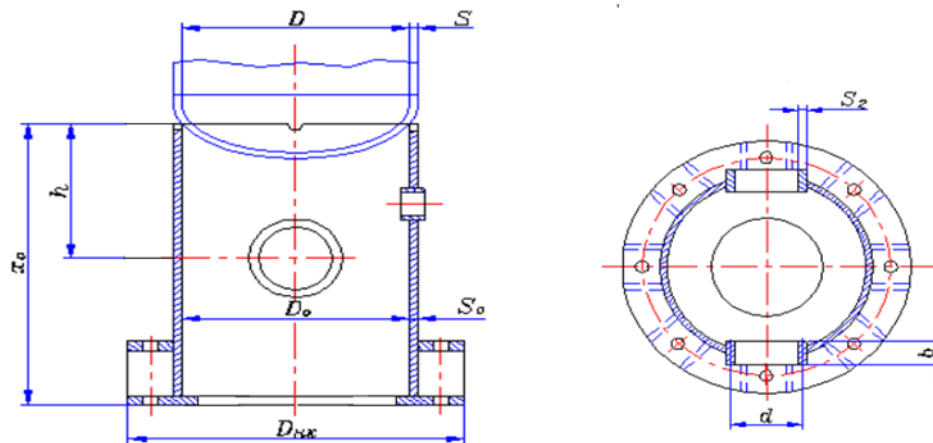


Рисунок 4.4 – Конструкція циліндричної опори для скрубера

Маса корпусу колони:

$$M_k = h_k \pi D S \rho = 25 \cdot 3,14 \cdot 4,3 \cdot 0,010 \cdot 7920 = 30370 \text{ кг}$$

Маса кришки та днища відпарної колони:

$$M_{кр} = M_{дн} = 315,2 \text{ кг.}$$

Маса порожнього апарата:

$$M_{ап} = (M_k + 2 \cdot M_{кр} + M_{фл}) \cdot 1,3 = (30370 + 315,2 \cdot 2 + 800) \cdot 1,3 = 41340 \text{ кг.}$$

Навантаження порожнього апарата:

$$Q_{ап} = M_{ап} g = 41340 \cdot 9,81 = 405500 \text{ Н} = 0,4055 \text{ МН}$$

Об'єм апарата:

$$V = \frac{\pi D^2}{4} \cdot h_k = \frac{3,14 \cdot 4,3^2}{4} \cdot 28,4 = 412,2 \text{ м}^3.$$

Маса води в апараті:

$$M_B = V \rho_B = 412,2 \cdot 998 = 411400 \text{ кг.}$$

Навантаження апарата на опори під час гідравлічних випробувань:

$$Q_{ап}^u = (M_{ап} + M_B) g = (41340 + 411400) \cdot 9,81 = 4441000 \text{ Н} = 4,441 \text{ МН.}$$

Висновок: виходячи з того, що $Q_{\max} = Q_{ап}^u = 4,441 \text{ МН}$, $Q_{\min} = Q_{ап} = 0,4055 \text{ МН}$ вибираємо циліндричну опору типу 3 згідно ОСТ 26-467-78 по Q_{\min} .

4.5 Розрахунок фланцевого з'єднання

Мета розрахунку: розрахувати фланцеве з'єднання, що складається з двох плоских приварних фланців, зробити перевірку міцності прокладки та болтів, а також перевірити на міцність та герметичність фланцеве з'єднання.

Розрахункова схема фланцевого з'єднання показана на рисунку 4.5

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		55

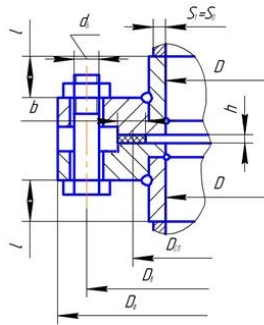


Рисунок 4.5 – Розрахункова схема фланцевого з'єднання

Вихідні дані:

Внутрішній тиск P , МПа	0,1;
Температура середовища t , °С	100;
Внутрішній діаметр фланцевого з'єднання D , м	4,3;
Товщина стінки апарату S_1 , м	0,016;
Товщина прокладки h , м	0,005;
Ширина прокладки b , м	0,02;
Товщина прокладки, м, h	0,002;
Коефіцієнт, m	2,5;
Мінімальний тиск, МПа, q	20;
Модуль пружності, МПа, $E_{\text{п}}$	2000;
Зовнішній діаметр прокладки, м $D_{\text{п}}$	1,080
Зовнішній діаметр фланця м, $D_{\text{ф}}$	1,175
Діаметр болтового кола, м, $D_{\text{Б}}$	1,120
Товщина фланця, м, $h_{\text{ф1}}$	0,036
Товщина фланця, м, $h_{\text{ф2}}$	0,036
Кількість болтів, $Z_{\text{Б}}$	28
Зовнішній діаметр різьби болтів, м, $d_{\text{Б}}$	0,03
Модуль пружності матеріалу болтів (сталь 35Х) при температурі 100°С, МПа $E_{\text{Б}}^t$	$1,83 \cdot 10^5$

Розрахунок фланцевого з'єднання здійснено за методикою, наведеною у літературі [19].

1. Розрахунок допоміжних величин

Відношення більшої товщини втулки до меншої приймаємо $\beta=1$.

Середній діаметр прокладки, м:

$$D_{\text{сп}} = D_{\text{п}} - b = 1,080 - 0,02 = 1,06 \text{ м.}$$

Ефективна ширина прокладки, м:

$$\text{при } b > 0,015 \text{ м } b_{\text{Е}} = 0,06 \cdot \sqrt{b} = 0,06 \cdot \sqrt{0,02} = 0,01 \text{ м.}$$

Конструктивний коефіцієнт для фланців:

$$K_{\phi} = \frac{D_{\phi}}{D} = \frac{1,175}{1} = 1,175.$$

Конструктивні коефіцієнти для фланців:

$$\lambda_{\phi 1} = \frac{h_{\phi 1}}{\sqrt{D \cdot S_0}} = \frac{0,036}{\sqrt{1 \cdot 0,016}} = 0,285,$$

$$\lambda_{\phi 2} = \frac{h_{\phi 2}}{\sqrt{D \cdot S_0}} = \frac{0,036}{\sqrt{1 \cdot 0,016}} = 0,285.$$

Поправковий коефіцієнт для фланців:

$$\psi_{1\phi} = 1,28 \cdot \lg(K_{\phi}) = 1,28 \cdot \lg(1,175) = 0,09,$$

$$\psi_{2\phi} = \frac{K_{\phi}+1}{K_{\phi}-1} = \frac{1,175+1}{1,175-1} = 12,429.$$

Поправковий коефіцієнт для перерізу S_0 приймаємо $\psi_3 = 1$.

Геометричні параметри фланців:

$$j_{\phi 1} = \frac{h_{\phi 1}}{S_0} = \frac{0,036}{0,016} = 2,25,$$

$$j_{\phi 2} = \frac{h_{\phi 2}}{S_0} = \frac{0,036}{0,016} = 2,25.$$

Безрозмірний параметр фланців:

$$T_{\phi} = \frac{K_{\phi}^2 \cdot (1 + 8,55 \cdot \lg(K_{\phi})) - 1}{(1,05 + 1,945 \cdot K_{\phi}^2) \cdot (K_{\phi} - 1)} = \frac{1,175^2 \cdot (1 + 8,55 \cdot \lg(1,175)) - 1}{(1,05 + 1,945 \cdot 1,175^2) \cdot (1,175 - 1)} = 1,847.$$

Безрозмірні параметри фланців:

$$\omega_{\phi 1} = [1 + 0,9 \cdot \lambda_{\phi 1} \cdot (1 + \psi_{1\phi} \cdot j_{\phi 1}^2)]^{-1} = [1 + 0,9 \cdot 0,285 \cdot (1 + 0,09 \cdot 2,25^2)]^{-1} = 0,729,$$

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк. 57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		

$$\omega_{\phi 2} = [1 + 0,9 \cdot \lambda_{\phi 2} \cdot (1 + \psi_{1\phi} \cdot j_{\phi 2}^2)]^{-1} = [1 + 0,9 \cdot 0,285 \cdot (1 + 0,09 \cdot 2,25^2)]^{-1} = 0,729.$$

Кутова піддатливість фланців, 1/(МН · м):

$$y_{\phi 1} = \frac{[1 - \omega_{\phi 1} \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda_{\phi 1})] \cdot \psi_{2\phi}}{h_{\phi 1}^3 \cdot E_{\phi 1}^t} = \frac{[1 - 0,729 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,285)] \cdot 12,429}{0,036^3 \cdot 2 \cdot 10^5} = 0,113,$$

$$y_{\phi 2} = \frac{[1 - \omega_{\phi 2} \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda_{\phi 2})] \cdot \psi_{2\phi}}{h_{\phi 2}^3 \cdot E_{\phi 2}^t} = \frac{[1 - 0,729 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,285)] \cdot 12,429}{0,036^3 \cdot 2 \cdot 10^5} = 0,113.$$

Розрахункова довжина болтів фланцевого з'єднання, м:

$$L_B = h_{\phi 1} + h_{\phi 2} + h + 0,28 \cdot d_B = 0,036 + 0,036 + 0,005 + 0,28 \cdot 0,03 = 0,085, \text{ м.}$$

Лінійна піддатливість неметалевої прокладки:, м/МН:

$$y_{\Pi} = \frac{h}{\pi \cdot D_{\text{сн}} \cdot b \cdot E_{\Pi}} = \frac{0,005}{3,14 \cdot 1,06 \cdot 0,02 \cdot 2000} = 3,754 \cdot 10^{-5} \text{ м/МН.}$$

Площа поперечного перерізу болта, м²:

$$f_B = 0,785 \cdot d_o^2 = 0,785 \cdot 0,017^2 = 2,349 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

Лінійна піддатливість болтів, м/МН:

$$y_B = \frac{L_B}{E_B^t \cdot f_B \cdot Z_B} = \frac{0,085}{1,83 \cdot 10^5 \cdot 2,349 \cdot 10^{-4} \cdot 28} = 7,094 \cdot 10^{-5} \text{ м/МН.}$$

Параметр жорсткості фланцевого з'єднання, МН/м:

$$A_{\phi} = [y_{\Pi} + y_B + 0,25 \cdot (y_{\phi 1} + y_{\phi 2}) \cdot (D_B - D_{\text{сн}})]^{-1} = [3,754 \cdot 10^{-5} + 7,094 \cdot 10^{-5} + 0,25 \cdot (0,113 + 0,113) \cdot (1,120 - 1,06)]^{-1} = 286,273 \text{ МН/м.}$$

Параметри жорсткості фланців, 1/МН:

$$B_{\phi 1} = y_{\phi 1} \cdot (D_B - D - S_o) = 0,113 \cdot (1,120 - 1 - 0,016) = 0,012 \text{ МН/м.}$$

$$B_{\phi 2} = y_{\phi 2} \cdot (D_B - D - S_o) = 0,113 \cdot (1,120 - 1 - 0,016) = 0,012 \text{ МН/м.}$$

Безрозмірний коефіцієнт фланцевого з'єднання:

$$\gamma = A_{\phi} \cdot y_B = 286,273 \cdot 7,094 \cdot 10^{-5} = 0,02.$$

Безрозмірний коефіцієнт жорсткості фланцевого з'єднання:

						ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
							58
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат			

$$\alpha_{\phi} = A_{\phi} \cdot [y_{\text{Б}} + 0,25 \cdot (B_{\phi 1} + B_{\phi 2}) \cdot (D_{\text{Б}} - D_{\text{СП}})] = 286,273 \cdot [7,094 \cdot 10^{-5} + 0,25 \cdot (0,012 + 0,012) \cdot (1,120 - 1,06)] = 0,121.$$

2. Розрахунок болтів фланцевого з'єднання

$$t_{\phi} = t_{\phi} \cdot 0,97 = 100 \cdot 0,97 = 97 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Рівнодіюча внутрішнього тиску, МН:

$$Q_{\text{д}} = 0,785 \cdot D_{\text{СП}}^2 \cdot p = 0,785 \cdot 1,06^2 \cdot 0,1 = 0,088 \text{ МН}.$$

Реакція прокладки у робочих умовах, МН:

$$R_n = 2 \cdot \pi \cdot D_{\text{СП}} \cdot b_{\text{Е}} \cdot t \cdot p = 2 \cdot 3,14 \cdot 1,06 \cdot 0,01 \cdot 2,5 \cdot 0,1 = 0,017 \text{ МН}.$$

Зусилля, що виникає від температурної деформації фланцевого з'єднання, МН:

$$\gamma \cdot Z_{\text{Б}} \cdot f_{\text{Б}} \cdot E_{\text{Б}}^t \cdot (\alpha_{\phi}^t \cdot t_{\phi} - \alpha_{\text{Б}}^t \cdot t_{\text{Б}}) = 0,02 \cdot 28 \cdot 2,349 \cdot 10^{-4} \cdot 1,83 \cdot 10^5 \cdot (12,4 \cdot 10^{-6} \cdot 100 - 1,33 \cdot 10^{-5} \cdot 97) = -1,225 \cdot 10^{-3} < 0,$$

тому $Q_{t\phi} = 0$ МН.

Монтажне болтове навантаження фланцевого з'єднання за різних умов розрахунку:

$$P'_{\text{Б1}} = \pi \cdot D_{\text{СП}} \cdot b_{\text{Е}} \cdot q = 3,14 \cdot 1,06 \cdot 0,01 \cdot 20 = 0,666 \text{ МН},$$

$$P''_{\text{Б1}} = \alpha_{\phi} \cdot (Q_{\text{д}} + P) + R_n + \frac{4 \cdot M}{D_{\text{СП}}} = 0,121 \cdot (0,088 + 0,09) + 0,017 + \frac{4 \cdot 0}{1,06} = 0,038 \text{ МН},$$

$$P'''_{\text{Б1}} = 0,4 \cdot [\sigma_{\text{Б}}]^{20} \cdot Z_{\text{Б}} \cdot f_{\text{Б}} = 0,4 \cdot 230 \cdot 28 \cdot 2,349 \cdot 10^{-4} = 0,605 \text{ МН}.$$

Розрахункове навантаження на болти, МН:

$$p \leq 0,6 \text{ МПа, тому } P_{\text{Б1}} = \max\{P'_{\text{Б1}}; P''_{\text{Б1}}; P'''_{\text{Б1}}\} = \max\{0,666; 0,038; 0,605\} = 0,666 \text{ МН}.$$

Умова міцності прокладки:

$$\frac{P_{\text{Б1}}}{\pi \cdot D_{\text{СП}} \cdot b} = \frac{0,666}{3,14 \cdot 1,06 \cdot 0,02} = 9,087 \text{ МПа} \leq [q] = 130 \text{ МПа}.$$

Умова міцності виконується.

Болтове навантаження за робочих умов, МН:

						ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк. 59
Змн.	Арк.	№ док.	Піліпис	Лат			

$$P_{B2} = P_{B1} + (1 - \alpha_{\phi}) \cdot (Q_d + P) + Q_{t\phi} = 0,666 + (1 - 0,121) \cdot (0,088 + 0,09) + 0 = 0,762 \text{ МН.}$$

Розрахункове навантаження а болти, МН:

$$P_{B\phi} = \max\{P_{B1}; P_{B2}\} = \{0,666; 0,762\} = 0,762 \text{ МН.}$$

Напруження в болтах за умов монтажу, МПа:

$$\sigma_B^{20} = \frac{P_{B1}}{Z_B \cdot f_B} = \frac{0,666}{28 \cdot 2,349 \cdot 10^{-4}} = 92 \text{ МПа.}$$

Напруження розтягування в болтах за робочих умов, МПа:

$$\sigma_B^t = \frac{P_{B2}}{Z_B \cdot f_B} = \frac{0,762}{28 \cdot 2,349 \cdot 10^{-4}} = 115,809 \text{ МПа.}$$

Скручуючий момент, що виникає від розтягування гайок, МН·м:

$$M_{скр} = f_1 \cdot \frac{P_{B\phi}}{Z_B} \cdot d_B = 0,1 \cdot \frac{0,762}{28} \cdot 0,03 = 8,163 \cdot 10^{-5} \text{ МН·м.}$$

Дотичне напруження в болтах, МПа:

$$\tau_B = \frac{M_{скр}}{0,2 \cdot d_o^3} = \frac{8,163 \cdot 10^{-5}}{0,2 \cdot 0,017^3} = 78,824 \text{ МПа.}$$

Еквівалентні напруження в болтах, МПа:

$$\sigma_B^{20} = \sqrt{(\sigma_B^{20})^2 + 3 \cdot \tau_B^2} = \sqrt{92^2 + 3 \cdot 78,824^2} = 164,632 \text{ МПа.}$$

$$\sigma_B^t = \sqrt{(\sigma_B^t)^2 + 3 \cdot \tau_B^2} = \sqrt{115,809^2 + 3 \cdot 78,824^2} = 179,029 \text{ МПа.}$$

Умови міцності болтів:

$$\sigma_B^{20} = 164,632 \text{ МПа} \leq [\sigma_B]^{20} = 230 \text{ МПа};$$

$$\sigma_B^t = 179,029 \text{ МПа} \leq [\sigma_B]^t = 226 \text{ МПа.}$$

Умови міцності виконуються.

3. Розрахунок фланців на міцність

Приведений згинаючий момент в діаметральному перерізі фланців за умов монтажу, МН·м:

$$M_{01\phi} = 0,5 \cdot P_{B1} \cdot (D_B - D_{сп}) = 0,5 \cdot 0,666 \cdot (1,120 - 1,06) = 0,018 \text{ МН·м.}$$

Приведений згинаючий момент в діаметральному перерізі фланця за робочих умов, МН·м:

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		60

$$M_{02\phi} = 0,5 \cdot [P_{Б2} \cdot (D_B - D_{сп}) + Q_d \cdot (D_{сп} - D - S_o)] \cdot \frac{[\sigma_\phi]^{20}}{[\sigma_\phi]^t} = 0,5 \cdot [0,712 \cdot (1,120 - 1,06) + 0,088 \cdot (1,06 - 1 - 0,016)] \cdot \frac{170}{150} = 0,028 \text{ МН}\cdot\text{м.}$$

Розрахунковий згинаючий момент у діаметральному перерізі фланця, МН·м:

$$M_{0\phi} = \max\{M_{01\phi}; M_{02\phi}\} = \{0,018; 0,028\} = 0,028 \text{ МН}\cdot\text{м.}$$

Максимальні напруження в перерізі S_o фланців від дії вигинаючого моменту $M_{0\phi}$, МПа:

$$\sigma_{0\phi1} = \psi_3 \cdot \frac{T_\phi \cdot M_{0\phi} \cdot \omega_{\phi1}}{D^* \cdot (S_o - C)^2} = 1 \cdot \frac{1,847 \cdot 0,028 \cdot 0,729}{1 \cdot (0,016 - 0,0026)} = 210,63 \text{ МПа.}$$

$$\sigma_{0\phi2} = \psi_3 \cdot \frac{T_\phi \cdot M_{0\phi} \cdot \omega_{\phi2}}{D^* \cdot (S_o - C)^2} = 1 \cdot \frac{1,847 \cdot 0,028 \cdot 0,729}{1 \cdot (0,016 - 0,0026)} = 210,63 \text{ МПа.}$$

де $D^* = D = 1$ м, якщо $D = 1 \geq 20 \cdot S_o = 20 \cdot 0,016 = 0,32$.

Максимальні кільцеві напруження в дисках фланців від дії згинаючого моменту $M_{0\phi}$, МПа:

$$\begin{aligned} \sigma_{к\phi1} &= \frac{M_{0\phi} \cdot [1 - \omega_{\phi1} \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda_{\phi1})] \cdot \psi_{2\phi}}{D \cdot h_{\phi1}^2} = \\ &= \frac{0,028 \cdot [1 - 0,729 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,285)] \cdot 28,692}{1 \cdot 0,036^2} = \\ &= 22,828 \text{ МПа.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \sigma_{к\phi2} &= \frac{M_{0\phi} \cdot [1 - \omega_{\phi2} \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda_{\phi2})] \cdot \psi_{2\phi}}{D \cdot h_{\phi2}^2} = \\ &= \frac{0,028 \cdot [1 - 0,729 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,285)] \cdot 28,692}{1 \cdot 0,036^2} = \\ &= 22,828 \text{ МПа.} \end{aligned}$$

Кільцеве та меридіанне напруження у циліндричній втулці фланця від дії внутрішнього тиску p :

$$\sigma_{x\phi1} = \sigma_{x\phi2} = \frac{p \cdot D}{2 \cdot (S_o - C)} = \frac{0,1 \cdot 1}{2 \cdot (0,016 - 0,0026)} = 3,731,$$

$$\sigma_{y\phi1} = \sigma_{y\phi2} = \frac{p \cdot D}{4 \cdot (S_o - C)} = \frac{0,1 \cdot 1}{4 \cdot (0,016 - 0,0026)} = 1,866.$$

Еквівалентні напруження в перерізі циліндричної втулки фланців, МПа:

						ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат			61

$$\sigma_{E\phi 1} = \sqrt{(\sigma_{0\phi 1} + \sigma_{y\phi 1})^2 + \sigma_{x\phi 1}^2 - (\sigma_{0\phi 1} + \sigma_{y\phi 1}) \cdot \sigma_{x\phi 1}} =$$

$$\sqrt{(210,63 + 1,866)^2 + 3,731 - (210,63 + 1,866) \cdot 3,731} = 210,655 \text{ МПа,}$$

$$\sigma_{E\phi 2} = \sqrt{(\sigma_{0\phi 2} + \sigma_{y\phi 2})^2 + \sigma_{x\phi 2}^2 - (\sigma_{0\phi 2} + \sigma_{y\phi 2}) \cdot \sigma_{x\phi 2}} =$$

$$\sqrt{(210,63 + 1,866)^2 + 3,731 - (210,63 + 1,866) \cdot 3,731} = 210,655 \text{ МПа.}$$

Умова міцності:

$$[\sigma_{\phi 1}^{S_o}] = [\sigma_{\phi 2}^{S_o}] = 0,003 \cdot E_{\phi 1}^t = 0,003 \cdot E_{\phi 2}^t = 0,003 \cdot 1,98 \cdot 10^5 =$$

$$= 594 \text{ МПа.}$$

$$\sigma_{E\phi 1} = 210,655 \text{ МПа} \leq [\sigma_{\phi 1}^{S_o}] \cdot \varphi = 0,9 \cdot 594 = 534,6 \text{ МПа,}$$

$$\sigma_{E\phi 2} = 210,655 \text{ МПа} \leq [\sigma_{\phi 2}^{S_o}] \cdot \varphi = 0,9 \cdot 594 = 534,6 \text{ МПа.}$$

Умови міцності виконуються

Умови герметичності:

При $D = 1 \leq 2 \text{ м}$ $[\theta] = 0,009 \text{ рад}$

$$\frac{\sigma_{к\phi 1} \cdot D}{E_{\phi 1}^t \cdot h_{\phi 1}} = \frac{22,828 \cdot 1}{2 \cdot 10^5 \cdot 0,036} = 3,171 \cdot 10^{-3} < [\theta] = 0,009$$

$$\frac{\sigma_{к\phi 2} \cdot D}{E_{\phi 2}^t \cdot h_{\phi 2}} = \frac{22,828 \cdot 1}{2 \cdot 10^5 \cdot 0,036} = 3,171 \cdot 10^{-3} < [\theta] = 0,009$$

Умови герметичності виконуються.

Висновок: В результаті розрахунку був прийнятий плоский приварний фланець для діаметра штуцера $D=1 \text{ м}$. Умови міцності та герметичності фланцевого з'єднання виконуються.

4.6 Розрахунок товщини теплової ізоляції

Мета: розрахувати товщину теплової ізоляції.

Розрахункова схема зображена на рисунку 4.6

						ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк. 62
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат			

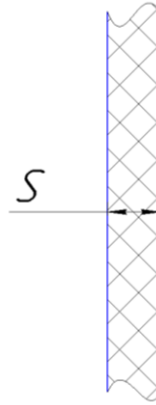


Рисунок 4.6 - Розрахункова схема теплової ізоляції

Вихідні дані:

Матеріал	12X18H10T;
Діаметр корпусу D , м	4,3;
Температура середовища t_e , °C	20;
Температура стінки t_w , °C	100;
Матеріал теплоізоляції	Азбестове волокно.

Товщину теплової ізоляції розраховуємо за методикою [16].

Середня температура теплоізоляційного шару для об'єктів, розташованих у приміщенні, становить:

$$t_m = \frac{t_w + 40}{2} = \frac{100 + 40}{2} = 70 \text{ °C.}$$

Коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні теплоізоляційної конструкції до оточуючого середовища для даного ізольованого об'єкта:

$$\alpha_e = 9,3 + 0,05 \cdot t_w = 9,3 + 0,05 \cdot 100 = 14,3 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К).}$$

Теплопровідність теплоізоляційного шару в конструкції

$$\lambda_k = 0,052 + 0,00016 \cdot t_m = 0,052 + 0,00016 \cdot 70 = 0,063 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К).}$$

Опір теплопередачі теплоізоляційної конструкції

$$R_{tot} = \frac{t_w - t_e}{q \cdot K_1} = \frac{100 - 20}{83 \cdot 1} = 0,964 \text{ К/Вт.}$$

де $q = 83 \text{ Вт/м}^2$ -нормована поверхнева щільність теплового потоку; для території України коефіцієнт який враховує зміну вартості теплоти та теплоізоляційної конструкції дорівнює $K_1 = 1,0$.

Термічний опір теплоізоляційної конструкції:

$$R_k = R_{tot} - \frac{1}{a_e} - R_m = 0,964 - \frac{1}{14,3} - 0 = 0,894 \text{ К/Вт.}$$

Оскільки обичайка корпуса апарата виготовлена зі сталевого прокату, то термічний опір $R_m = 0$.

Товщина теплоізоляційного шару:

$$\delta_k = \lambda_k \cdot R_k = 0,063 \cdot 0,894 = 0,056 \text{ м.}$$

Товщина теплоізоляційного виробу δ_1 з матеріалів, що ущільнюються, до встановлення на ізольовану поверхню визначаємо з урахуванням коефіцієнта ущільнення K_e , який для мінераловатних прошивних мат становить 1,2.

Тоді за формулою товщина δ_1

$$\delta_1 = \delta_k \cdot K_c \frac{D + \delta_k}{D + 2 \cdot \delta_k} = 0,056 \cdot 1,2 \frac{4,3 + 0,056}{4,3 + 2 \cdot 0,056} = 0,067 \text{ м.}$$

Висновок: згідно стандартів товщина теплоізоляційного шару азбестового волокна становить 70 мм.

4.7 Розрахунок діаметра штуцерів

Мета розрахунку: розрахувати діаметр штуцерів за заданої швидкості руху для холодоагенту та реакційної суміші, та визначити швидкості їх руху для вибраних діаметрів штуцерів.

Розрахункова схема фланцевого з'єднання показана на рисунку 4.7

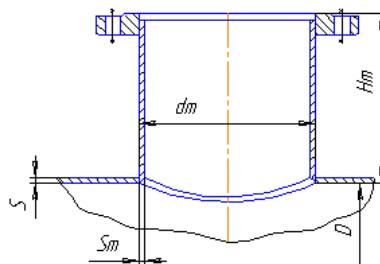


Рисунок 4.7 – Розрахункова схема штуцерів

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк. 64
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

Вихідні дані:

Густина реакційної суміші $\rho_{\text{см}}$, кг/м ³	988,1;
Масові витрати реакційної суміші $G_{\text{см}}$, кг/с	8,333;
Швидкість руху реакційної суміші $\omega_{\text{см}}$, м/с	0,5;
Густина води $\rho_{\text{рс}}$, кг/м ³	998;
Масові витрати води $G_{\text{рс}}$, кг/с	4,78;
Швидкість руху води $\omega_{\text{рс}}$, м/с	45.

Розрахунок штуцерів здійснено за методикою, наведеною у літературі [17].

Для розрахунку діаметрів штуцерів приймаємо значення для швидкостей потоку із рекомендованого діапазону для рідини та газів [17].

Вхід розчину

$$d_{\text{см}} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{\text{см}}}{\pi \cdot \rho_{\text{см}} \cdot \omega_{\text{см}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 8,333}{3,14 \cdot 988,1 \cdot 0,5}} = 0,146 \text{ м.}$$

$$d_{\text{вн}} = 0,15; d_3 = 0,152 \text{ м.}$$

Дійсна швидкість реакційної суміші:

$$\omega_{\text{д}} = \frac{4 \cdot G_{\text{см}}}{\pi \cdot \rho_{\text{см}} \cdot d_{\text{вн}}^2} = \frac{4 \cdot 8,333}{3,14 \cdot 988,1 \cdot 0,15^2} = 0,47 \text{ м/с.}$$

Вихід розчину

$$d_{\text{рс}} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{\text{рс}}}{\pi \cdot \rho_{\text{рс}} \cdot \omega_{\text{рс}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 4,78}{3,14 \cdot 998 \cdot 0,5}} = 0,110 \text{ м.}$$

$$d_{\text{вн}} = 0,15; d_3 = 0,152 \text{ м.}$$

Дійсна швидкість:

$$\omega_{\text{д}} = \frac{4 \cdot G_{\text{рс}}}{\pi \cdot \rho_{\text{рс}} \cdot d_{\text{вн}}^2} = \frac{4 \cdot 4,78}{\pi \cdot 998 \cdot 0,15^2} = 0,27 \text{ м/с.}$$

Висновок: в результаті проведеного розрахунку були визначені діаметри патрубків штуцерів і визначено їх основні розміри.

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		65

4.8 Визначення вітрового навантаження на колонний апарат

Метою розрахунку є визначення вітрового навантаження, що діє на знефенолюючий скруббер в робочих умовах та перевірка умов міцності та стійкості апарата з урахуванням вітрового навантаження.

Вихідні дані до розрахунку:

Діаметр апарата D , м	4,3.
Висота апарата H , м	28,4.
Товщина стінки корпусу s , м	0,010.
Додаток до розрахункової товщини s , м	0,006.
Вага апарата G , Н	405500.
Матеріал корпусу	12X18H10T.
Розрахункова температура t_R , К	373.
Район встановлення колони	м.Київ.

Схема дії вітрового навантаження зображено на рисунку 4.8. Апарат розглядаємо у вигляді вертикального стрижня з пружним защемленням. Вітрове навантаження змінюється по висоті апарата, тому стрижень умовно ділимо на 5 частини з висотою $h_i = 5,7$ м кожна. Вага кожної з них $G_i = G/5 = 405500/5,7 = 71140$ Н. Вважаємо, що центр ваги розташований посередині ділянки. Відстань x_i до центра ваги $x_1 = 25,64$ м, $x_2 = 19,94$ м, $x_3 = 14,24$ м, $x_4 = 8,54$ м, $x_5 = 2,84$ м.

Розрахунок проводимо згідно з [20].

Момент інерції перерізу фундаменту: $6,083 \text{ м}^4$

де D_K - діаметр фундаментного кільця опори.

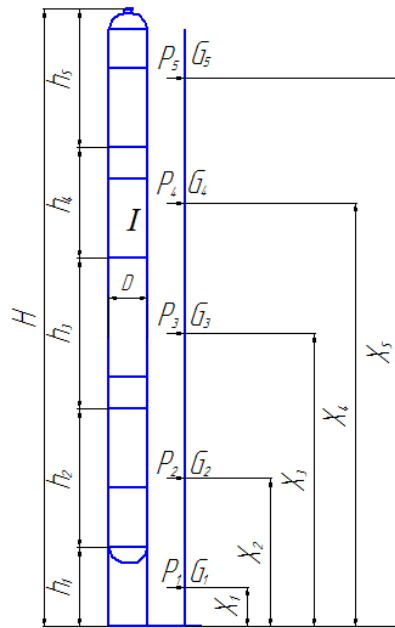


Рисунок 4.8 – Схема дії вітрового навантаження

Момент інерції основного верхнього металічного перерізу колони:

$$I_I = \frac{\pi}{64} [(D_I + 2s_I - 2c)^4 - D^4] = \frac{3,14}{64 [(4,3 + 2 \cdot 0,010 - 2 \cdot 0,006)^4 - 4,3^4]} = 0,125 \text{ м}^4.$$

I – момент перерізу частин колони, які відрізняються діаметрами або товщинами стінок. В даному випадку $D = \text{const}$ і $s = \text{const}$.

Період основного тону власних коливань апарата постійного перерізу:

$$T = T_0 \sqrt{1 + \frac{4EI_I}{HC_F I_F}} = 0,247 \sqrt{1 + \frac{4 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 0,125}{28,4 \cdot 0,8 \cdot 10^8 \cdot 6,083}} = 1,002 \text{ с},$$

де:

$$T_0 = 1,8H \sqrt{\frac{GH}{gEI_I}} = 1,8 \cdot 28,4 \sqrt{\frac{405500 \cdot 28,4}{9,81 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 0,125}} = 0,342 \text{ с},$$

де C_F – коефіцієнт нерівномірності стиснення ґрунта, визначається по даним інженерної геології.

Так як $I = \text{const}$ $\Delta = \frac{1}{3}$, $\lambda = 0$, $\mu = 0$.

$$\gamma = \frac{2}{H^3} \left(H^3 \cdot \frac{1}{3} \right) = \frac{2}{28,4^3} \left(28,4^3 \cdot \frac{1}{3} \right) = 0,667.$$

Коефіцієнт β_i для кожної ділянки визначається за залежністю:

$$\beta_1 = \left(\frac{x_1}{H}\right)^{(1,9-0,375\frac{x_1}{H})} = \left(\frac{25,64}{28,4}\right)^{(1,9-0,375\frac{25,64}{28,4})} = 0,852,$$

$\beta_2=0,561$; $\beta_3=0,307$; $\beta_4=0,117$; $\beta_5=0,014$.

Відносні переміщення центрів ваги ділянок:

$$\begin{aligned}\alpha_1 &= \gamma \frac{H}{2EI} \beta_1 + \frac{x_1}{HC_F I_F} = \\ &= 0,667 \frac{28,4}{2 \cdot 210 \cdot 10^9 \cdot 0,125} \cdot 0,852 + \frac{25,64}{28,4 \cdot 0,8 \cdot 10^8 \cdot 6,083} = 2,162 \cdot 10^{-9}, \\ \alpha_2 &= 1,645 \cdot 10^{-9}; \quad \alpha_3 = 1,141 \cdot 10^{-9}; \quad \alpha_4 = 6,6 \cdot 10^{-10}; \\ \alpha_5 &= 2,104 \cdot 10^{-10}.\end{aligned}$$

Коефіцієнт, який враховує зміну швидкісного напору вітру по висоті апарата:

$$\theta_1 = \left(\frac{x_1}{10}\right)^{0,32} = \left(\frac{25,64}{10}\right)^{0,32} = 1,352$$

$\theta_2=1,247$; $\theta_3=1,12$; $\theta_4=0,951$; $\theta_5=0,668$.

Швидкісний напор вітру $q_0 = 450 \text{ Н/м}^2$.

Нормативне значення статичної складової вітрового навантаження на середину i -ї ділянки :

$$q_{i\text{ st }1} = q_0 \cdot \theta_1 \cdot k = 450 \cdot 1,352 \cdot 0,7 = 425,759 \text{ Н/м}^2,$$

де $k=0,7$ – аеродинамічний коефіцієнт.

$$q_{i\text{ st }2} = 392,846; \quad q_{i\text{ st }3} = 352,723; \quad q_{i\text{ st }4} = 299,486; \quad q_{i\text{ st }5} = 210,558.$$

Статична складова навантаження на i - й ділянці:

$$P_{1\text{ st}} = q_{i\text{ st }1} \cdot D_3 \cdot h = 425,759 \cdot 1,4,32 = 1044 \text{ Н},$$

де D_3 – зовнішній діаметр колони,

h - висота ділянки.

$$P_{2\text{ st}} = 2594; \quad P_{3\text{ st}} = 1926; \quad P_{4\text{ st}} = 2936; \quad P_{5\text{ st}} = 2580.$$

Коефіцієнт пульсації швидкісного напору для середини ділянки:

						ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
							68
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат			

$$m_1=0,6 \cdot \left(\frac{x_1}{10}\right)^{-0,16} = 0,6 \cdot \left(\frac{25,64}{10}\right)^{-0,16} = 0,516,$$

$$m_2=0,537; m_3=0,567; m_4=0,615; m_5=0,734.$$

Приведене відносне прискорення центра ваги i -ї ділянки:

$$\eta_1 = \alpha_1 \cdot \frac{\sum \alpha_1 \cdot m_1 \cdot P_{1st}}{\sum \alpha_1^2 \cdot G_1} =$$

$$= 2,162 \cdot 10^{-9} \frac{\sum 2,162 \cdot 10^{-9} \cdot 0,516 \cdot 1044}{\sum (2,162 \cdot 10^{-9})^2 \cdot 81100} = 0,066,$$

$$\eta_2=0,064; \eta_3=0,06; \eta_4=0,056; \eta_5=0,047.$$

Безрозмірний параметр

$$\varepsilon = \frac{T \cdot \sqrt{q_0}}{840} = \frac{1,002 \cdot \sqrt{450}}{840} = 0,025.$$

Коефіцієнт, який встановлює кореляцію пульсації швидкості вітру $v = 0,7$.

Коефіцієнт динамічності:

$$\xi = 1,29 + 15,47 \cdot \varepsilon = 1,29 + 15,47 \cdot 0,025 = 1,682.$$

Динамічна складова вітрового навантаження:

$$P_{1dyn} = v \xi \eta_1 G_1 = 0,7 \cdot 1,682 \cdot 0,066 \cdot 81100 = 6339 \text{ Н},$$

$$P_{2dyn} = 17310; P_{3dyn} = 12180; P_{4dyn} = 21270; P_{5dyn} = 22290.$$

Вітрове навантаження на i -й ділянці:

$$P_1 = P_{1st} + P_{1dyn} = 1044 + 6339 = 16670 \text{ Н},$$

$$P_2 = 31440; P_3 = 43250; P_4 = 50630; P_5 = 48090.$$

Вигинаючий момент:

$$M_v = \sum_{i=1}^n P_i \cdot (x_i - x_0) = 3503 \cdot (25,64 - 1,2) +$$

$$+ 3693 \cdot (19,94 - 1,2) + 3156 \cdot (14,24 - 1,2) + 2296 \cdot (8,54 - 1,2) +$$

$$+ 1225 \cdot (2,84 - 1,2) = 214800 \text{ Н}$$

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		69

Вигинаючий момент від дії вітрового навантаження складає $M_v=214800$ Н. Аналіз здатності корпусу знефенолюючого скрубера витримати дане навантаження проводимо шляхом перевірки міцності корпусу.

4.9 Перевірка міцності корпусу колонного апарату

Метою розрахунку є визначення несучої спроможності та перевірка корпусу знефенолюючого скрубера.

Вихідні дані до розрахунку:

Діаметр корпусу D , м	4,3.
Товщина стінки корпусу s , м	0,010.
Додаток до розрахункової товщини c , м	0,006.
Вага апарату G , кН	405,5.
Вигинаючий момент M , МН·м	0,2148.
Матеріал корпусу	12X18H10T.

Розрахунок проводимо згідно з [21].

По вихідним даним для сталі 12X18H10T при розрахунковій температурі $t_R = 20$ °С $[\sigma] = 172$ МПа. Розрахунок проводимо для перерізу в місці з'єднання корпусу та опорної обичайки. В перерізі діють осьова стискаюча сила $F=G=0,4055$ МН, вигинаючий момент від вітрового навантаження $M=0,2148$ МН·м, зовнішній тиск $p = 0,1$ МПа.

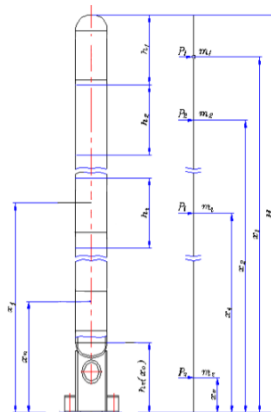


Рисунок 4.9- Розрахункова схема колонного апарату

Меридіальне напруження на вітровій стороні:

$$\begin{aligned}\sigma_{N1} &= -\frac{p(D+s)}{4(s-c)} - \frac{F}{\pi D(s-c)} + \frac{4M}{\pi D^2(s-c)} = \\ &= -\frac{0,1(4,3+0,010)}{4(0,010-0,006)} - \frac{0,4055}{3,14 \cdot 4,3 \cdot (0,010-0,006)} + \\ &\quad + \frac{4 \cdot 0,2148}{3,14 \cdot 4,3^2(0,010-0,006)} = -31,096 \text{ МПа.}\end{aligned}$$

Меридіальне напруження на підвітряній стороні:

$$\begin{aligned}\sigma_{N2} &= -\frac{p(D+s)}{4(s-c)} - \frac{F}{\pi D(s-c)} - \frac{4M}{\pi D^2(s-c)} = \\ &= -\frac{0,1(4,3+0,010)}{4(0,010-0,006)} - \frac{0,4055}{3,14 \cdot 4,3 \cdot (0,010-0,006)} - \\ &\quad - \frac{4 \cdot 0,2148}{3,14 \cdot 4,3^2(0,010-0,006)} = -38,5 \text{ МПа.}\end{aligned}$$

Кільцеве напруження:

$$\sigma_t = -\frac{p(D+s)}{2(s-c)} = -\frac{0,1(4,3+0,010)}{2(0,010-0,006)} = -54,575 \text{ МПа.}$$

Еквівалентне напруження на навітряній стороні:

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{екв1}} &= \sqrt{\sigma_{N1}^2 - \sigma_{N1}\sigma_t \frac{\varphi_T}{\varphi_N} + \left(\sigma_t \frac{\varphi_T}{\varphi_N}\right)^2} = \\ &= \sqrt{-31,096^2 - (-31,096) \cdot (-54,575) \frac{1}{1} + \left(-54,575 \cdot \frac{1}{1}\right)^2} = 47,417 \text{ МПа.}\end{aligned}$$

Еквівалентне напруження на підвітряній стороні знаходиться за наступною формулою:

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{екв2}} &= \sqrt{\sigma_{N2}^2 - \sigma_{N2}\sigma_t \frac{\varphi_T}{\varphi_N} + \left(\sigma_t \frac{\varphi_T}{\varphi_N}\right)^2} = \\ &= \sqrt{(-38,5)^2 - (-38,5) \cdot (-54,575) \frac{1}{1} + \left(-54,575 \cdot \frac{1}{1}\right)^2} = 48,574 \text{ МПа.}\end{aligned}$$

						ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат			71

Перевірка умови міцності на навітряній стороні:

$$\max\{|\sigma_{N1}|, \sigma_{екв1}\} \leq [\sigma]\varphi_t$$

$$\max\{31,096; 47,417\} = 47,417 \text{ МПа} < 152,2 \cdot 1 \text{ МПа.}$$

Перевірка умови міцності на підвітряній стороні:

$$\max\{|\sigma_{N2}|, \sigma_{екв2}\} \leq [\sigma]\varphi_t$$

$$\max\{38,5; 48,574\} = 48,574 \text{ МПа} \leq 152,2 \cdot 1 \text{ МПа.}$$

Умови міцності виконуються. Отже, можна зробити висновок, що корпус витримує вітрове навантаження при товщині стінки $S=0,012$ м.

4.10. Параметричний розрахунок двоходового теплообмінника

Метою розрахунку є визначення необхідної поверхні теплообміну та конструктивних розмірів апарату. Розрахунок ведемо по методиці наведеній у літературі [16].

Розрахункова схема теплообмінника зображена на рисунку 4.10.

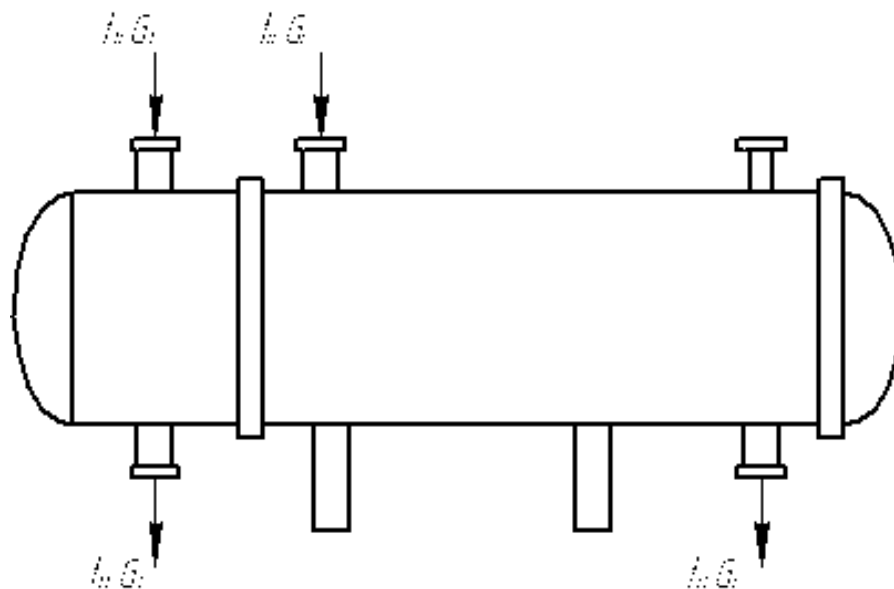


Рисунок 4.10 – Схема теплообмінника

Вихідні дані:

початкова температура технічної води К, t_{11}

363;

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

кінцева температура технічної води К, t_{12}	333;
початкова температура води з фенолами К, t_{21}	293;
кінцева температура води з фенолами К, t_{22}	343;
масова витрата води з фенолами кг/с, G_2	13,88;

Температурна схема:

$$t_{11} = 363 \text{ К} \rightarrow t_{12} = 333 \text{ К};$$

$$t_{21} = 293 \text{ К} \rightarrow t_{22} = 343 \text{ К}.$$

Більша різниця температур між холодним та гарячим теплоносіями:

$$\Delta t_6 = t_{12} - t_{21} = 333 - 293 = 40 \text{ К}.$$

Менша різниця температур між холодним та гарячим теплоносіями:

$$\Delta t_m = t_{11} - t_{22} = 363 - 343 = 20 \text{ К}.$$

Оскільки $\Delta t_6 / \Delta t_m = 40 / 20 = 2 \leq 2$, то визначаємо середню арифметичну різницю температур:

$$\Delta t_{cp} = \frac{40 + 20}{2} = 30 \text{ К}.$$

Середня температура води:

Технічна вода:

$$t_1 = (t_{11} + t_{12}) / 2 = (363 + 333) / 2 = 348 \text{ К}.$$

Вода з фенолами:

$$t_2 = t_1 + \Delta t_{cp} = 348 - 30 = 318 \text{ К}.$$

Визначаємо витрати теплоти з урахування витрат у навколишнє середовище у розмірі 5%:

$$Q = 1,05 \cdot G_2 \cdot c_2 (t_{22} - t_{21}) = 1,05 \cdot 13,88 \cdot 4177 \cdot (343 - 293) = 3043780 \text{ Вт},$$

де G_2 - масова витрата води, кг/с, [16]

c_2 - теплоємність технічної води при температурі t_2 , $c_2 = 4177 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К}$ [17].

Масові витрати води:

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		73

$$G_1 = \frac{Q}{c_1 \cdot (t_{11} - t_{12})} = \frac{3043780}{4191 \cdot (363 - 333)} = 24,21 \text{ кг/с},$$

де c_1 - теплоємність води при температурі t_1 , $c_1 = 4191$ Дж/кг·К [16].

Об'ємні витрати води з фенолами:

$$V_2 = \frac{G_2}{\rho_2} = \frac{13,88}{994,1} = 0,0139 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Об'ємні витрати технічної води:

$$V_1 = \frac{G_1}{\rho_1} = \frac{24,21}{977,8} = 0,0247 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Визначаємо орієнтовно значення площі поверхні теплообміну, приймаючи коефіцієнт теплопередачі $K_{op} = 340$ Вт/м²·К

$$F_{op} = \frac{Q}{K_{op} \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{3043780}{340 \cdot 30} = 298,41 \text{ м}^2.$$

Приймаємо число Рейнольдса $Re_2 = 11000$.

Кількість труб:

$$n = \frac{G_2 \cdot z}{0,785 \cdot (d_{вн} \cdot \mu \cdot Re_1)} = \frac{13,88 \cdot 2}{0,785 \cdot (0,021 \cdot 2,32 \cdot 10^{-4} \cdot 11000)} = 660,$$

де $d_{вн}$ – внутрішній діаметр трубок, приймаємо $d_{вн} = 0,021$ м,

z – число ходів,

μ - динамічний коефіцієнт в'язкості при середній температурі технічної води t_2

За ГОСТ 15120-79 обираємо кожухотрубний двоходовий теплообмінник діаметром 1000 мм і з трубами 25x2 мм, кількість труб $n = 718$, довжина труб $L = 4$ м, прохідний переріз трубного простору $S_T = 12,4 \cdot 10^{-2}$ м², прохідний переріз міжтрубного простору $S_{MT} = 13 \cdot 10^{-2}$ м² [16].

Швидкість потоку технічної води:

$$\omega_1 = \frac{V_1}{S_T} = \frac{0,0247}{12,4 \cdot 10^{-2}} = 0,199 \text{ м/с}.$$

Критерій Рейнольдса для технічної води:

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		74

$$Re_1 = \frac{\omega_1 \cdot d_{\text{вн}} \cdot \rho_1}{\mu_1} = \frac{0,199 \cdot 0,021 \cdot 977,8}{4,04 \cdot 10^{-4}} = 10116,$$

де $d_{\text{вн}}$ – внутрішній діаметр трубок, приймаємо $d_{\text{вн}}=0,021$ м,

μ_1 - динамічний коефіцієнт в'язкості при середній температурі технічної води t_1 , $\mu_1 = 4,04 \cdot 10^{-4}$ Па·с [16].

Швидкість потоку води з фенолами:

$$\omega_2 = \frac{V_2}{S_{MT}} = \frac{0,0139}{13 \cdot 10^{-2}} = 0,107 \text{ м/с.}$$

Критерій Рейнольдса для води з фенолами:

$$Re_2 = \frac{\omega_2 \cdot d_{\text{зн}} \cdot \rho_2}{\mu_2} = \frac{0,107 \cdot 0,025 \cdot 994,1}{0,6 \cdot 10^{-3}} = 4432,$$

де $d_{\text{зн}}$ – зовнішній діаметр трубок, приймаємо $d_{\text{зн}}=0,025$ м

μ_2 - динамічний коефіцієнт в'язкості при середній температурі води t_2 , $\mu_2 = 0,6 \cdot 10^{-3}$ Па·с [16].

Для теплового розрахунку приймаємо: температуру стінки зі сторони технічної води $t_{\text{ст1}} = 338$ К, температуру стінки зі сторони води з фенолами $t_{\text{ст2}} = 298$ К.

Критерій Прандтля для технічної води біля стінки:

$$Pr_{\text{ст1}} = \frac{c_{\text{ст1}} \cdot \mu_{\text{ст1}}}{\lambda_{\text{ст1}}} = \frac{4185 \cdot 0,430 \cdot 10^{-3}}{66,4 \cdot 10^{-2}} = 2,71,$$

де $c_{\text{ст1}}$ - теплоємність технічної води при температурі $t_{\text{ст1}}$, $c_{\text{ст1}} = 4185$ Дж/кг·К; [16]

$\mu_{\text{ст1}}$ - динамічний коефіцієнт в'язкості при температурі технічної води при стінці $t_{\text{ст1}}$, $\mu_{\text{ст1}} = 0,430 \cdot 10^{-3}$ Па·с; [16]

$\lambda_{\text{ст1}}$ - коефіцієнт теплопровідності при температурі технічної води при стінці $t_{\text{ст1}}$, $\lambda_{\text{ст1}} = 66,4 \cdot 10^{-2}$ Вт/м·К. [16]

Критерій Нусельта для технічної води при $Re > 10000$:

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

$$\begin{aligned} Nu_1 &= 0,021 \cdot Re_1^{0,8} \cdot Pr_1^{0,43} \cdot (Pr_1/Pr_{cr1})^{0,25} \cdot \xi_l = \\ &= 0,021 \cdot 10116^{0,8} \cdot 2,32^{0,43} \cdot (2,32/2,71)^{0,25} \cdot 1 = 46,4. \end{aligned}$$

де ξ_φ – коефіцієнт, який враховує кут атаки, $\xi_\varphi = 0,6$, $Pr_1 = 2,32$ – критерій Прандтля для технічної води при температурі t_1 . [16]

Коефіцієнт тепловіддачі для технічної води:

$$\alpha_1 = \frac{Nu_1 \cdot \lambda_1}{d_{3H}} = \frac{46,4 \cdot 67 \cdot 10^{-2}}{0,021} = 1244 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

де λ_1 - коефіцієнт теплопровідності при температурі технічної води t_1 , $\lambda_1 = 67 \cdot 10^{-2}$ Вт/м·К. [16]

Критерій Прандтля води з фенолами біля стінки:

$$Pr_{cr2} = \frac{c_{ст2} \cdot \mu_{ст2}}{\lambda_{ст2}} = \frac{4179 \cdot 0,910 \cdot 10^{-3}}{60,2 \cdot 10^{-2}} = 6,317,$$

де $c_{ст2}$ - теплоємність води з фенолами при температурі $t_{ст2}$, $c_{ст2} = 4179$ Дж/кг·К [16]

$\mu_{ст2}$ - динамічний коефіцієнт в'язкості при температурі води з фенолами при стінці $t_{ст2}$, $\mu_{ст2} = 0,901 \cdot 10^{-3}$ Па·с [16]

$\lambda_{ст2}$ - коефіцієнт теплопровідності при температурі води з фенолами при стінці $t_{ст2}$, $\lambda_{ст2} = 60,2 \cdot 10^{-2}$ Вт/м·К [16].

Так як $Re_2 > 1000$, то формула для знаходження критерія Нусельта для води з фенолами виглядає наступним чином:

$$\begin{aligned} Nu_2 &= 0,4 \cdot Re_2^{0,6} \cdot Pr_2^{0,36} \cdot (Pr_2/Pr_{cr})^{0,25} \cdot \xi_\varphi = \\ &= 0,4 \cdot 4432^{0,6} \cdot 3,9^{0,36} \cdot (3,9/6,317)^{0,25} \cdot 0,6 = 53,53. \end{aligned}$$

де Pr_2 - критерій Прандтля при температурі води з фенолами t_2 , $Pr_2 = 3,9$. [16].

Коефіцієнт тепловіддачі для води з фенолами:

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

$$\alpha_2 = \frac{Nu_2 \cdot \lambda_2}{d_{\text{вн}}} = \frac{53,53 \cdot 64,1 \cdot 10^{-2}}{0,025} = 1634 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К},$$

де λ_2 - коефіцієнт теплопровідності при температурі води з фенолами t_2 ,
 $\lambda_2 = 64,1 \cdot 10^{-2} \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$. [16]

Термічний опір стінки та забруднень:

$$\sum r_{\text{ст}} = r_1 + \frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}} + r_2 = \frac{1}{5800} + \frac{0,002}{17,5} + \frac{1}{5800} = 4,6 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

де $\frac{1}{r_1}$ - теплопровідність забруднень зі сторони технічної води,

$$\frac{1}{r_1} = 5800 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К};$$

$\frac{1}{r_2}$ - теплопровідність забруднень зі сторони води з фенолами,

$$\frac{1}{r_2} = 5800 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

Коефіцієнт теплопередачі:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum r_{\text{ст}} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{1244} + 4,6 \cdot 10^{-4} + \frac{1}{1634}} = 533 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

Поверхнева щільність теплового потоку:

$$q = K \cdot \Delta t_{\text{ср}} = 533 \cdot 30 = 15990 \text{ Вт/м}^2.$$

$$F = \frac{Q}{q} = \frac{3043780}{15990} = 190,4 \text{ м}^2.$$

Кількість труб:

$$n = \frac{G_2 \cdot z}{0,785 \cdot (d_{\text{вн}} \cdot \mu \cdot Re_1)} = \frac{13,88 \cdot 2}{0,785 \cdot (0,021 \cdot 2,32 \cdot 10^{-4} \cdot 10116)} = 717,5,$$

де $d_{\text{вн}}$ – внутрішній діаметр трубок, приймаємо $d_{\text{вн}}=0,021 \text{ м}$,

z – число ходів, $z=2$,

						ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
							77
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат			

μ - динамічний коефіцієнт в'язкості при середній температурі технічної води t_2

Довжина труб:

$$l = \frac{F}{\pi \cdot d_{cp} \cdot n} = \frac{190,4}{3,14 \cdot 0,023 \cdot 718} = 3,7 \text{ м,}$$

де d_{cp} - середній діаметр труб, $d_{cp} = 0,023$ м.

За ГОСТ 15120-79 обираємо кожухотрубний двоходовий теплообмінник діаметром 1000 мм і з трубами 25x2 мм, кількість труб $n = 718$, довжина труб $L = 4$ м [16].

Перевірка значень $t_{ст1}$ і $t_{ст2}$:

$$t_{ст1} = t_1 - \frac{q}{\alpha_1} = 348 - \frac{15990}{1244} = 335,2 \text{ К,}$$

$$t_{ст2} = t_2 + \frac{q}{\alpha_2} = 318 + \frac{15990}{1643} = 327,8 \text{ К.}$$

Перевірочні значення температур відрізняються від прийнятих. Проведемо перерахунок з новими значеннями температури стінки зі сторони технічної води $t_{ст1} = 336$ К, температуру стінки зі сторони води з фенолами $t_{ст2} = 327,8$ К.

Критерій Прандтля для технічної води біля стінки:

$$Pr_{ст1} = \frac{c_{ст1} \cdot \mu_{ст1}}{\lambda_{ст1}} = \frac{4182 \cdot 0,46 \cdot 10^{-3}}{66,1 \cdot 10^{-2}} = 2,91,$$

де $c_{ст1}$ - теплоємність технічної води при температурі $t_{ст1}$, $c_{ст1} = 4182$ Дж/кг·К; [16]

$\mu_{ст1}$ - динамічний коефіцієнт в'язкості при температурі технічної води при стінці $t_{ст1}$, $\mu_{ст1} = 0,46 \cdot 10^{-3}$ Па·с; [16]

$\lambda_{ст1}$ - коефіцієнт теплопровідності при температурі технічної води при стінці $t_{ст1}$, $\lambda_{ст1} = 66,1 \cdot 10^{-2}$ Вт/м·К. [16]

Критерій Прандтля води з фенолами біля стінки:

$$Pr_{ст2} = \frac{c_{ст2} \cdot \mu_{ст2}}{\lambda_{ст2}} = \frac{4180 \cdot 0,51 \cdot 10^{-3}}{65,35 \cdot 10^{-2}} = 3,26,$$

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

де $c_{ст2}$ - теплоємність води з фенолами при температурі $t_{ст2}$, $c_{ст2} = 4180$ Дж/кг·К [16]

$\mu_{ст2}$ - динамічний коефіцієнт в'язкості при температурі води з фенолами при стінці $t_{ст2}$, $\mu_{ст2} = 0,51 \cdot 10^{-3}$ Па·с [16]

$\lambda_{ст2}$ - коефіцієнт теплопровідності при температурі води з фенолами при стінці $t_{ст2}$, $\lambda_{ст2} = 65,35 \cdot 10^{-2}$ Вт/м·К. [16]

Критерій Нусельта для технічної води при $Re > 10000$:

$$\begin{aligned} Nu_1 &= 0,021 \cdot Re_1^{0,8} \cdot Pr_1^{0,43} \cdot (Pr_1/Pr_{ст1})^{0,25} \cdot \varepsilon_l = \\ &= 0,021 \cdot 10116^{0,8} \cdot 2,32^{0,43} \cdot (2,32/2,91)^{0,25} \cdot 1 = 45,58. \end{aligned}$$

де ξ_φ - коефіцієнт, який враховує кут атаки, $\xi_\varphi = 0,6$, $Pr_1 = 2,32$ - критерій Прандтля для технічної води при температурі t_1 . [16]

Коефіцієнт тепловіддачі для технічної води:

$$\alpha_1 = \frac{Nu_1 \cdot \lambda_1}{d_{зн}} = \frac{45,58 \cdot 67 \cdot 10^{-2}}{0,021} = 1454 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

де λ_1 - коефіцієнт теплопровідності при температурі технічної води t_1 , $\lambda_1 = 67 \cdot 10^{-2}$ Вт/м·К. [16]

Так як $Re_2 > 1000$, то формула для знаходження критерія Нусельта для води з фенолами виглядає наступним чином:

$$\begin{aligned} Nu_2 &= 0,4 \cdot Re_2^{0,6} \cdot Pr_2^{0,36} \cdot (Pr_2/Pr_{ст})^{0,25} \cdot \xi_\varphi = \\ &= 0,4 \cdot 4432^{0,6} \cdot 3,9^{0,36} \cdot (3,9/3,26)^{0,25} \cdot 0,6 = 63,16. \end{aligned}$$

де Pr_2 - критерій Прандтля при температурі води з фенолами t_2 , $Pr_2 = 3,9$.

Коефіцієнт тепловіддачі для води з фенолами:

$$\alpha_2 = \frac{Nu_2 \cdot \lambda_2}{d_{вн}} = \frac{63,16 \cdot 64,1 \cdot 10^{-2}}{0,025} = 1619 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К},$$

де λ_2 - коефіцієнт теплопровідності при температурі води з фенолами t_2 , $\lambda_2 = 64,1 \cdot 10^{-2}$ Вт/м·К. [16]

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк. 79
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

Термічний опір стінки та забруднень:

$$\sum r_{\text{ст}} = r_1 + \frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}} + r_2 = \frac{1}{5800} + \frac{0.002}{17,5} + \frac{1}{5800} = 4,6 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт},$$

де $\frac{1}{r_1}$ - теплопровідність забруднень зі сторони технічної води,

$$\frac{1}{r_1} = 5800 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К};$$

$\frac{1}{r_2}$ - теплопровідність забруднень зі сторони води з фенолами,

$$\frac{1}{r_2} = 5800 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}.$$

Коефіцієнт теплопередачі:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum r_{\text{ст}} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{1454} + 4,6 \cdot 10^{-4} + \frac{1}{1619}} = 566 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К}.$$

Поверхнева щільність теплового потоку:

$$q = K \cdot \Delta t_{\text{cp}} = 566 \cdot 30 = 16980 \text{ Вт}/\text{м}^2.$$

Перевірка значень $t_{\text{ст1}}$ і $t_{\text{ст2}}$:

$$t_{\text{ст1}} = t_1 - \frac{q}{\alpha_1} = 348 - \frac{16980}{1454} = 336,3 \text{ К},$$

$$t_{\text{ст2}} = t_2 + \frac{q}{\alpha_2} = 318 + \frac{16980}{1619} = 328 \text{ К}.$$

Введення поправок в розрахунки не потребується.

Розрахункова площа поверхні теплопередачі:

$$F_p \approx \frac{Q}{q} = \frac{3043780}{16980} = 179,26 \text{ м}^2.$$

Площа поверхні теплопередачі із запасов в 10%:

$$F_p = 1,1 \cdot F_p \approx 1,1 \cdot 179,26 = 197,2 \text{ м}^2.$$

Кількість труб:

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

$$n = \frac{G_2 \cdot z}{0,785 \cdot (d_{\text{вн}} \cdot \mu \cdot \text{Re}_1)} = \frac{13,88 \cdot 2}{0,785(0,021 \cdot 2,32 \cdot 10^{-4} \cdot 10116)} = 717,5,$$

де $d_{\text{вн}}$ – внутрішній діаметр трубок, приймаємо $d_{\text{вн}}=0,021$ м,

z – число ходів, $z=2$,

μ_2 - динамічний коефіцієнт в'язкості при середній температурі технічної води t_2

Довжина труб:

$$l = \frac{F}{\pi \cdot d_{\text{cp}} \cdot n} = \frac{197,2}{3,14 \cdot 0,023 \cdot 718} = 3,85 \text{ м},$$

де d_{cp} – середній діаметр труб, $d_{\text{cp}} = 0,023$ м.

За ГОСТ 15120-79 обираємо кожухотрубний двоходовий теплообмінник діаметром 1000 мм і з трубами 25x2 мм, кількість труб $n = 718$, довжина труб $L = 4$ м, площа поверхні теплопередачі одного апарата $F = 226$ м²[16].

Число апаратів:

$$N = \frac{F_p}{F} = \frac{197,2}{226} = 0,87.$$

Приймаємо $N = 1$.

Знаходимо запас площі поверхні теплообміну:

$$\Delta = \frac{F \cdot N - F_p}{F_p} \cdot 100\% = \frac{226 - 179,26}{179,26} \cdot 100\% = 26,1\%.$$

Висновок: в результаті розрахунків була визначена необхідна площа теплообміну $F_p = 179,26$ м², за якою остаточно приймаємо нормалізований теплообмінник з діаметром апарату 1000 мм, $n=718$, зовнішній діаметр труб 25мм, довжина труб 4 м.

4.10.1 Гідравлічний розрахунок

Метою розрахунку є: визначення сумарних гідравлічних втрат напору в трубному та міжтрубному просторах.

Розрахункова схема зображена на рисунку 4.11..

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ доквм.	Підпис	Лат		

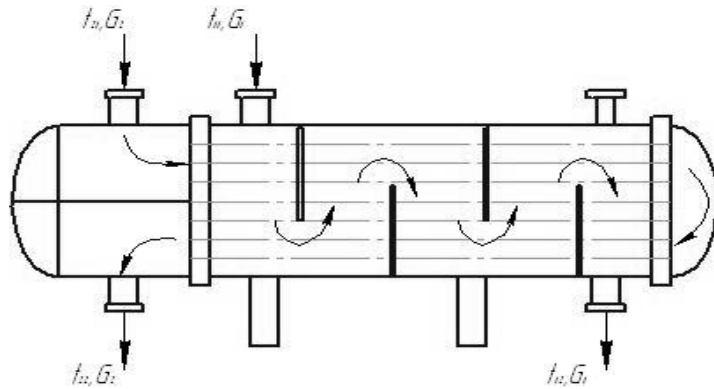


Рисунок 4.11 – Схема гідрравлічного розрахунку

Вихідні дані:

швидкість технічної води, м/с, ω_1	0,199;
критерій Рейнольдса для технічної води, Re_1	10116;
швидкість води з фенолами, м/с, ω_2	0,107;
критерій Рейнольдса для води з фенолами, Re_2	4432;
розміри трубок, мм, $d \times S_T$	25 x 2;
тиск у трубному просторі, МПа, p_T	0,2;
тиск у міжтрубному просторі, МПа, p_M	0,15;
масова продуктивність води з фенолами, кг/с, G_2	13,88;

Скористаємося методикою розрахунку запропонованою [16].

Сума коефіцієнтів місцевого опору на всмоктуючій лінії:

$$\sum \xi = 2 \cdot \xi_{\text{вх}} + 4 \cdot \xi_{\text{тр}} + \xi_{180^\circ} = 2 \cdot 1,5 + 4 \cdot 1 + 2,5 = 9,5,$$

де $\xi_{\text{вх}}$ – коефіцієнт опору на вході та виході в теплообмінник, $\xi_{\text{вх}} = 1,5$; [16]

$\xi_{\text{тр}}$ - коефіцієнт опору на вході в труби та виході з них, $\xi_{\text{тр}} = 1$; [16]

ξ_{180° - коефіцієнт опору при повороті на 180° із однієї секції в іншу, $\xi_{180^\circ} = 2,5$.

[18]

Коефіцієнт тертя для турбулентного режиму руху середовища:

$$\lambda = \frac{0,316}{Re_1^{0,25}} = \frac{0,316}{10116^{0,25}} = 0,032.$$

Сумарні гідравлічні втрати напору для трубного простору визначимо за формулою:

$$\Delta p = \Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_3 + \Delta p_{\text{дод}} = \frac{\omega_1^2 \cdot \rho_1}{2} \cdot \left(1 + \lambda \cdot \frac{L}{d_{\text{екв}}} + \sum \xi \right) + (p_{\text{т}} - p_{\text{м}}) =$$

$$= \frac{0,199^2 \cdot 977,8}{2} \cdot \left(1 + 0,032 \cdot \frac{4}{0,021} + 9,5 \right) + (0,2 - 0,15) \cdot 10^6 = 50320 \text{ Па}$$

Визначимо сумарні гідравлічні втрати для міжтрубного простору:

Сумарний коефіцієнт гідравлічних опорів для між трубного простору:

$$\sum \xi = 2 \cdot \xi_{\text{вх}} + 12 \cdot \xi_{180^\circ} = 2 \cdot 1,5 + 12 \cdot 1,5 = 21,$$

де $\xi_{\text{вх}}$ – коефіцієнт опору на вході та виході в теплообмінник, $\xi_{\text{вх}} = 1,5$;

ξ_{180° – коефіцієнт опору при повороті на 180° через перегородку в між трубному просторі, $\xi_{180^\circ} = 1,5$.

Сумарні гідравлічні втрати напору для міжтрубного простору:

$$\Delta p = \Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_3 + \Delta p_{\text{дод}} = \frac{\omega_2^2 \cdot \rho_2}{2} \cdot \left(1 + \sum \xi \right) + b \cdot (2 + 3,3 \cdot m) \cdot \text{Re}_2^{-0,28} + (p_{\text{т}} - p_{\text{м}}) =$$

$$= \frac{0,107^2 \cdot 994,1}{2} \cdot (1 + 21) + 1 \cdot (2 + 3,3 \cdot 11) \cdot 4432^{-0,28} + (0,2 - 0,15) \cdot 10^6 = 50130 \text{ Па},$$

де b – поправочний коефіцієнт, який залежить від кута атаки, приймаємо $b = 1$;

m – число рядів труб в пучці в напрямку руху потоку, $m = 11$.

Висновок: в результаті розрахунку було визначено сумарні гідравлічні втрати напору в трубному просторі $\Delta p = 50320$ Па та міжтрубному просторі $\Delta p = 50130$ Па.

4.11. Параметричний розрахунок одноходового теплообмінника

Метою розрахунку є визначення необхідної поверхні теплообміну та конструктивних розмірів апарату.

						ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
							83
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат			

Розрахункова схема теплообмінника зображена на рисунку 4.12.

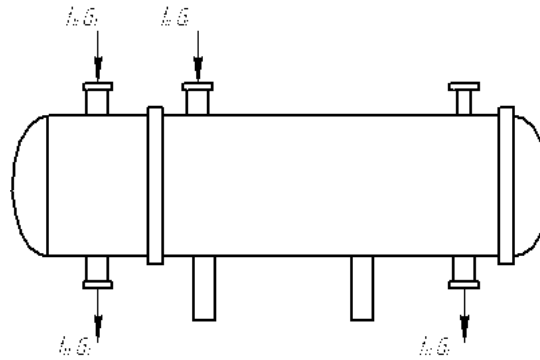


Рисунок 4.12 – Схема теплообмінника

Вихідні дані:

початкова температура технічної води К, t_{11}	363;
кінцева температура технічної води К, t_{12}	333;
початкова температура води з фенолами К, t_{21}	293;
кінцева температура води з фенолами К, t_{22}	343;
масова витрата води з фенолами кг/с, G_2	13,88;

Розрахунок ведемо по методиці наведеній у літературі [16].

Температурна схема:

$$t_{11} = 363 \text{ К} \rightarrow t_{12} = 333 \text{ К};$$

$$t_{21} = 293 \text{ К} \rightarrow t_{22} = 343 \text{ К}.$$

Більша різниця температур між холодним та гарячим теплоносіями:

$$\Delta t_6 = t_{12} - t_{21} = 333 - 293 = 40 \text{ К}.$$

Менша різниця температур між холодним та гарячим теплоносіями:

$$\Delta t_m = t_{11} - t_{22} = 363 - 343 = 20 \text{ К}.$$

Оскільки $\Delta t_6 / \Delta t_m = 40 / 20 = 2 \leq 2$, то визначаємо середню арифметичну різницю температур:

$$\Delta t_{cp} = \frac{40 + 20}{2} = 30 \text{ К}.$$

Середня температура води:

Технічна вода:

$$t_1 = (t_{11} + t_{12}) / 2 = (363 + 333) / 2 = 348 \text{ К}.$$

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		84

Вода з фенолами:

$$t_2 = t_1 + \Delta t_{cp} = 348 - 30 = 318 \text{ К.}$$

Визначаємо витрати теплоти з урахування витрат у навколишнє середовище у розмірі 5%:

$$Q = 1,05 \cdot G_2 \cdot c_2 (t_{22} - t_{21}) = 1,05 \cdot 13,88 \cdot 4177 \cdot (343 - 293) = 3043780 \text{ Вт,}$$

де G_2 - масова витрата води, кг/с, [16]

c_2 - теплоємність технічної води при температурі t_2 , $c_2 = 4177 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К}$. [16]

Масові витрати води:

$$G_1 = \frac{Q}{c_1 \cdot (t_{11} - t_{12})} = \frac{3043780}{4191 \cdot (363 - 333)} = 24,21 \text{ кг/с,}$$

де c_1 - теплоємність води при температурі t_1 , $c_1 = 4191 \text{ Дж/кг} \cdot \text{К}$. [16]

Об'ємні витрати води з фенолами:

$$V_2 = \frac{G_2}{\rho_2} = \frac{13,88}{994,1} = 0,0139 \text{ м}^3/\text{с.}$$

Об'ємні витрати технічної води:

$$V_1 = \frac{G_1}{\rho_1} = \frac{24,21}{977,8} = 0,0247 \text{ м}^3/\text{с.}$$

Визначаємо орієнтовно значення площі поверхні теплообміну, приймаючи коефіцієнт теплопередачі $K_{op} = 325 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$

$$F_{op} = \frac{Q}{K_{op} \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{3043780}{325 \cdot 30} = 298,41 \text{ м}^2.$$

Кількість труб:

$$n = \frac{G_2 \cdot z}{0,785 \cdot (d_{вн} \cdot \mu \cdot Re_1)} = \frac{13,88 \cdot 1}{0,785 (0,021 \cdot 2,32 \cdot 10^{-4} \cdot 15000)} = 242,$$

де $d_{вн}$ – внутрішній діаметр трубок, приймаємо $d_{вн} = 0,021 \text{ м}$,

z – число ходів,

μ - динамічний коефіцієнт в'язкості при середній температурі технічної води t_2

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		85

За ГОСТ 15120-79 обираємо кожухотрубний одноходовий теплообмінник діаметром 600 мм і з трубами 25x2 мм, кількість труб $n = 257$, довжина труб $L = 4$ м, прохідний переріз трубного простору $S_T = 8,9 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$, прохідний переріз міжтрубного простору $S_{MT} = 5,3 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$ [16].

Швидкість потоку технічної води:

$$\omega_1 = \frac{V_1}{S_T} = \frac{0,0247}{8,9 \cdot 10^{-2}} = 0,278 \text{ м/с.}$$

Критерій Рейнольдса для технічної води:

$$\text{Re}_1 = \frac{\omega_1 \cdot d_{\text{вн}} \cdot \rho_1}{\mu_1} = \frac{0,278 \cdot 0,021 \cdot 977,8}{4,04 \cdot 10^{-4}} = 14105,$$

де $d_{\text{вн}}$ – внутрішній діаметр трубок, приймаємо $d_{\text{вн}} = 0,021$ м,

μ_1 – динамічний коефіцієнт в'язкості при середній температурі технічної води t_1 , $\mu_1 = 4,04 \cdot 10^{-4} \text{ Па} \cdot \text{с}$ [16].

Швидкість потоку води з фенолами:

$$\omega_2 = \frac{V_2}{S_{MT}} = \frac{0,0139}{5,3 \cdot 10^{-2}} = 0,262 \text{ м/с.}$$

Критерій Рейнольдса для води з фенолами:

$$\text{Re}_2 = \frac{\omega_2 \cdot d_{\text{зн}} \cdot \rho_2}{\mu_2} = \frac{0,262 \cdot 0,025 \cdot 994,1}{0,6 \cdot 10^{-3}} = 10862,$$

де $d_{\text{зн}}$ – зовнішній діаметр трубок, приймаємо $d_{\text{зн}} = 0,025$ м

μ_2 – динамічний коефіцієнт в'язкості при середній температурі води t_2 , $\mu_2 = 0,6 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$ [16].

Для теплового розрахунку приймаємо: температуру стінки зі сторони технічної води $t_{\text{ст1}} = 336 \text{ К}$, температуру стінки зі сторони води з фенолами $t_{\text{ст2}} = 327,8 \text{ К}$.

Критерій Прандтля для технічної води біля стінки:

$$\text{Pr}_{\text{ст1}} = \frac{c_{\text{ст1}} \cdot \mu_{\text{ст1}}}{\lambda_{\text{ст1}}} = \frac{4182 \cdot 0,46 \cdot 10^{-3}}{66,1 \cdot 10^{-2}} = 2,91,$$

						ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк. 86
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат			

де $c_{ст1}$ - теплоємність технічної води при температурі $t_{ст1}$, $c_{ст1} = 4182$ Дж/кг·К; [16]

$\mu_{ст1}$ - динамічний коефіцієнт в'язкості при температурі технічної води при стінці $t_{ст1}$, $\mu_{ст1} = 0,46 \cdot 10^{-3}$ Па·с; [16]

$\lambda_{ст1}$ - коефіцієнт теплопровідності при температурі технічної води при стінці $t_{ст1}$, $\lambda_{ст1} = 66,1 \cdot 10^{-2}$ Вт/м·К. [16]

Критерій Прандтля води з фенолами біля стінки:

$$Pr_{ст2} = \frac{c_{ст2} \cdot \mu_{ст2}}{\lambda_{ст2}} = \frac{4180 \cdot 0,51 \cdot 10^{-3}}{65,35 \cdot 10^{-2}} = 3,26,$$

де $c_{ст2}$ - теплоємність води з фенолами при температурі $t_{ст2}$, $c_{ст2} = 4180$ Дж/кг·К [16]

$\mu_{ст2}$ - динамічний коефіцієнт в'язкості при температурі води з фенолами при стінці $t_{ст2}$, $\mu_{ст2} = 0,51 \cdot 10^{-3}$ Па·с [16]

$\lambda_{ст2}$ - коефіцієнт теплопровідності при температурі води з фенолами при стінці $t_{ст2}$, $\lambda_{ст2} = 65,35 \cdot 10^{-2}$ Вт/м·К. [16]

Критерій Нусельта для технічної води при $Re > 10000$:

$$\begin{aligned} Nu_1 &= 0,021 \cdot Re_1^{0,8} \cdot Pr_1^{0,43} \cdot (Pr_1/Pr_{ст1})^{0,25} \cdot \varepsilon_l = \\ &= 0,021 \cdot 14105^{0,8} \cdot 2,32^{0,43} \cdot (2,32/2,91)^{0,25} \cdot 1 = 59,48. \end{aligned}$$

де ξ_φ - коефіцієнт, який враховує кут атаки, $\xi_\varphi = 0,6$, $Pr_1 = 2,32$ - критерій Прандтля для технічної води при температурі t_1 . [16]

Коефіцієнт тепловіддачі для технічної води:

$$\alpha_1 = \frac{Nu_1 \cdot \lambda_1}{d_{зн}} = \frac{59,48 \cdot 67 \cdot 10^{-2}}{0,021} = 1898 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

де λ_1 - коефіцієнт теплопровідності при температурі технічної води t_1 , $\lambda_1 = 67 \cdot 10^{-2}$ Вт/м·К. [16]

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

Так як $Re_2 > 1000$, то формула для знаходження критерія Нусельта для води з фенолами виглядає наступним чином:

$$\begin{aligned}Nu_2 &= 0,4 \cdot Re_2^{0,6} \cdot Pr_2^{0,36} \cdot (Pr_2/Pr_{cr})^{0,25} \cdot \xi_\varphi = \\ &= 0,4 \cdot 10862^{0,6} \cdot 3,9^{0,36} \cdot (3,9/3,26)^{0,25} \cdot 0,6 = 108,14.\end{aligned}$$

де Pr_2 - критерій Прандтля при температурі води з фенолами t_2 , $Pr_2 = 3,9$.

Коефіцієнт тепловіддачі для води з фенолами:

$$\alpha_2 = \frac{Nu_2 \cdot \lambda_2}{d_{вн}} = \frac{108,14 \cdot 64,1 \cdot 10^{-2}}{0,025} = 2773 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К},$$

де λ_2 - коефіцієнт теплопровідності при температурі води з фенолами t_2 ,
 $\lambda_2 = 64,1 \cdot 10^{-2} \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$. [16]

Термічний опір стінки та забруднень:

$$\sum r_{cr} = r_1 + \frac{\delta_{cr}}{\lambda_{cr}} + r_2 = \frac{1}{5800} + \frac{0,002}{17,5} + \frac{1}{5800} = 4,6 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

де $\frac{1}{r_1}$ - теплопровідність забруднень зі сторони технічної води,

$$\frac{1}{r_1} = 5800 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К};$$

$\frac{1}{r_2}$ - теплопровідність забруднень зі сторони води з фенолами,

$$\frac{1}{r_2} = 5800 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

Коефіцієнт теплопередачі:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum r_{cr} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{1898} + 4,6 \cdot 10^{-4} + \frac{1}{2773}} = 742 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

Поверхнева щільність теплового потоку:

$$q = K \cdot \Delta t_{cp} = 742 \cdot 30 = 22260 \text{ Вт/м}^2.$$

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		

$$F = \frac{Q}{q} = \frac{3043780}{22260} = 136,8 \text{ м}^2.$$

Кількість труб:

$$n = \frac{G \cdot z}{0,785 \cdot (d_{\text{вн}} \cdot \mu \cdot \text{Re}_1)} = \frac{13,88 \cdot 1}{0,785(0,021 \cdot 2,32 \cdot 10^{-4} \cdot 14105)} = 257,$$

де $d_{\text{вн}}$ – внутрішній діаметр трубок, приймаємо $d_{\text{вн}}=0,021$ м,

z – число ходів, $z=1$,

μ – динамічний коефіцієнт в'язкості при середній температурі технічної води t_2

Довжина труб:

$$l = \frac{F}{\pi \cdot d_{\text{ср}} \cdot n} = \frac{136,8}{3,14 \cdot 0,023 \cdot 257} = 7,37 \text{ м},$$

де $d_{\text{ср}}$ – середній діаметр труб, $d_{\text{ср}} = 0,023$ м.

За ГОСТ 15120-79 обираємо два кожухотрубних одноходових теплообмінника діаметром 600 мм і з трубами 25x2 мм, кількість труб $n = 257$, довжина труб $L = 4$ м [16].

Перевірка значень $t_{\text{ст1}}$ і $t_{\text{ст2}}$:

$$t_{\text{ст1}}' = t_1 - \frac{q}{\alpha_1} = 348 - \frac{22260}{1898} = 336,3 \text{ К},$$

$$t_{\text{ст2}}' = t_2 + \frac{q}{\alpha_2} = 318 + \frac{22260}{2773} = 327 \text{ К}.$$

$t_{\text{ст1}}' = t_{\text{ст1}}$, $t_{\text{ст2}}' = t_{\text{ст2}}$, тому введення поправок в розрахунки не потребується.

Розрахункова площа поверхні теплопередачі:

$$F_p \approx \frac{Q}{q} = \frac{3043780}{22260} = 136,74 \text{ м}^2.$$

Площа поверхні теплопередачі із запасов в 10%:

$$F_p = 1,1 \cdot F_p \approx 1,1 \cdot 136,74 = 150,14 \text{ м}^2.$$

Кількість труб:

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк. 89
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

$$n = \frac{G \cdot z}{0,785 \cdot (d_{\text{вн}} \cdot \mu \cdot \text{Re}_1)} = \frac{13,88 \cdot 1}{0,785(0,021 \cdot 2,32 \cdot 10^{-4} \cdot 14105)} = 257,$$

де $d_{\text{вн}}$ – внутрішній діаметр трубок, приймаємо $d_{\text{вн}}=0,021$ м,

z – число ходів, $z=1$,

μ – динамічний коефіцієнт в'язкості при середній температурі технічної води t_2

Довжина труб:

$$l = \frac{F}{\pi \cdot d_{\text{ср}} \cdot n} = \frac{150,2}{3,14 \cdot 0,023 \cdot 257} = 8 \text{ м},$$

де $d_{\text{ср}}$ – середній діаметр труб, $d_{\text{ср}} = 0,023$ м.

За ГОСТ 15120-79 обираємо два кожухотрубних одноходових теплообмінника діаметром 600 мм і з трубами 25x2 мм, кількість труб $n = 257$, довжина труб $L = 4$ м, площа поверхні теплопередачі одного апарата $F = 81$ м²[16].

Число апаратів:

$$N = \frac{F_p}{F} = \frac{150,14}{81} = 1,85.$$

Приймаємо $N = 2$.

Знаходимо запас площі поверхні теплообміну:

$$\Delta = \frac{F \cdot N - F_p}{F_p} \cdot 100\% = \frac{81 - 136,74}{136,74} \cdot 100\% = 18,47\%.$$

Висновок: в результаті розрахунків була визначена необхідна площа теплообміну $F_p = 136,74$ м², за якою остаточно приймаємо нормалізований теплообмінник з діаметром апарату 600 мм, $n=257$, зовнішній діаметр труб 25мм, довжина труб 4 м.

4.11.1 Гідравлічний розрахунок

Метою розрахунку є: визначення сумарних гідравлічних втрат напору в трубному та міжтрубному просторах.

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ доквм.	Пілпис	Лат		

Розрахункова схема зображена на рисунку 4.13.

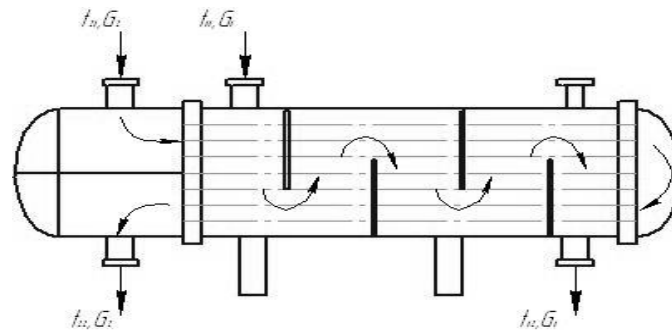


Рисунок 4.13 – Схема гідравлічного розрахунку.

Вихідні дані:

швидкість технічної води, м/с, ω_1	0,278;
критерій Рейнольдса для технічної води, Re_1	14105;
швидкість води з фенолами, м/с, ω_2	0,262;
критерій Рейнольдса для води з фенолами, Re_2	10862;
розміри трубок, мм, $d \times S_T$	25 x 2;
тиск у трубному просторі, МПа, p_T	0,2;
тиск у міжтрубному просторі, МПа, p_M	0,15;
масова продуктивність води з фенолами, кг/с, G_2	13,88;

Скористаємося методикою розрахунку запропонованою [16].

Сума коефіцієнтів місцевого опору на всмоктуючій лінії:

$$\sum \xi = 2 \cdot \xi_{\text{вх}} + 4 \cdot \xi_{\text{тр}} + \xi_{180^\circ} = 2 \cdot 1,5 + 4 \cdot 1 + 2,5 = 9,5,$$

де $\xi_{\text{вх}}$ – коефіцієнт опору на вході та виході в теплообмінник, $\xi_{\text{вх}} = 1,5$; [16]

$\xi_{\text{тр}}$ - коефіцієнт опору на вході в труби та виході з них, $\xi_{\text{тр}} = 1$; [16]

ξ_{180° - коефіцієнт опору при повороті на 180° із однієї секції в іншу, $\xi_{180^\circ} = 2,5$. [16]

Коефіцієнт тертя для турбулентного режиму руху середовища:

$$\lambda = \frac{0,316}{\text{Re}_1^{0,25}} = \frac{0,316}{14105^{0,25}} = 0,029.$$

Сумарні гідравлічні втрати напорів для трубного простору визначимо за формулою:

$$\begin{aligned} \Delta p &= \Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_3 + \Delta p_{\text{дод}} = \frac{\omega_1^2 \cdot \rho_1}{2} \cdot \left(1 + \lambda \cdot \frac{L}{d_{\text{екв}}} + \sum \xi \right) + (p_{\text{т}} - p_{\text{м}}) = \\ &= \frac{0,278^2 \cdot 977,8}{2} \cdot \left(1 + 0,032 \cdot \frac{4}{0,021} + 9,5 \right) + (0,2 - 0,15) \cdot 10^6 = 50610 \text{ Па} \end{aligned}$$

Визначимо сумарні гідравлічні втрати для міжтрубного простору:

Сумарний коефіцієнт гідравлічних опорів для міжтрубного простору:

$$\sum \xi = 2 \cdot \xi_{\text{вх}} + 12 \cdot \xi_{180^\circ} = 2 \cdot 1,5 + 12 \cdot 1,5 = 21,$$

де $\xi_{\text{вх}}$ – коефіцієнт опору на вході та виході в теплообмінник, $\xi_{\text{вх}} = 1,5$;

ξ_{180° – коефіцієнт опору при повороті на 180° через перегородку в міжтрубному просторі, $\xi_{180^\circ} = 1,5$.

Сумарні гідравлічні втрати напорів для міжтрубного простору:

$$\begin{aligned} \Delta p &= \Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_3 + \Delta p_{\text{дод}} = \frac{\omega_2^2 \cdot \rho_2}{2} \cdot \left(1 + \sum \xi \right) + b \cdot (2 + 3,3 \cdot m) \cdot \text{Re}_2^{-0,28} + (p_{\text{т}} - p_{\text{м}}) = \\ &= \frac{0,262^2 \cdot 994,1}{2} \cdot (1 + 21) + 1 \cdot (2 + 3,3 \cdot 11) \cdot 14105^{-0,28} + (0,2 - 0,15) \cdot 10^6 = 50750 \text{ Па}, \end{aligned}$$

де b – поправочний коефіцієнт, який залежить від кута атаки, приймаємо $b = 1$;

m – число рядів труб в пучці в напрямку руху потоку, $m = 11$.

Висновок: в результаті розрахунку було визначено сумарні гідравлічні втрати напорів в трубному просторі $\Delta p = 50610$ Па та міжтрубному просторі $\Delta p = 50750$ Па.

										ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
											92
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат							

4.12 Параметричний розрахунок чотириходового теплообмінника

Метою розрахунку є визначення необхідної поверхні теплообміну та конструктивних розмірів апарату.

Розрахункова схема теплообмінника зображена на рисунку 4.13.

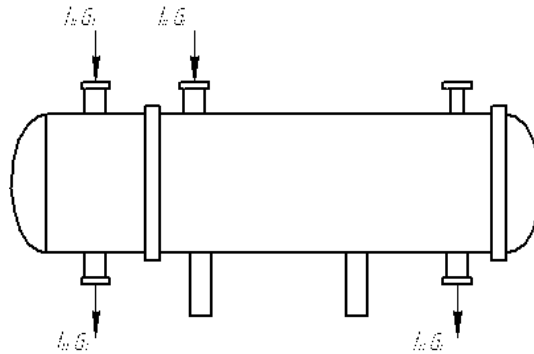


Рисунок 4.13 – Схема теплообмінника

Вихідні дані:

початкова температура технічної води К, t_{11}	363;
кінцева температура технічної води К, t_{12}	333;
початкова температура води з фенолами К, t_{21}	293;
кінцева температура води з фенолами К, t_{22}	343;
масова витрата води з фенолами кг/с, G_2	13,88;

Розрахунок ведемо за методикою наведеною в [16].

Температурна схема:

$$t_{11} = 363 \text{ К} \rightarrow t_{12} = 333 \text{ К};$$

$$t_{21} = 293 \text{ К} \rightarrow t_{22} = 343 \text{ К}.$$

Більша різниця температур між холодним та гарячим теплоносіями:

$$\Delta t_{\text{г}} = t_{12} - t_{21} = 333 - 293 = 40 \text{ К}.$$

Менша різниця температур між холодним та гарячим теплоносіями:

$$\Delta t_{\text{м}} = t_{11} - t_{22} = 363 - 343 = 20 \text{ К}.$$

Оскільки $\Delta t_{\text{г}}/\Delta t_{\text{м}} = 40/20 = 2 \leq 2$, то визначаємо середню арифметичну різницю температур:

$$\Delta t_{cp} = \frac{40 + 20}{2} = 30 \text{ К.}$$

Середня температура води:

Технічна вода:

$$t_1 = (t_{11} + t_{12})/2 = (363 + 333)/2 = 348 \text{ К.}$$

Вода з фенолами:

$$t_2 = t_1 + \Delta t_{cp} = 348 - 30 = 318 \text{ К.}$$

Визначаємо витрати теплоти з урахування витрат у навколишнє середовище у розмірі 5%:

$$Q = 1,05 \cdot G_2 \cdot c_2 (t_{22} - t_{21}) = 1,05 \cdot 13,88 \cdot 4177 \cdot (343 - 293) = 3043780 \text{ Вт,}$$

де G_2 - масова витрата води, кг/с, [16]

c_2 - теплоємність технічної води при температурі t_2 , $c_2 = 4177$ Дж/кг·К. [16]

Масові витрати води:

$$G_1 = \frac{Q}{c_1 \cdot (t_{11} - t_{12})} = \frac{3043780}{4191 \cdot (363 - 333)} = 24,21 \text{ кг/с,}$$

де c_1 - теплоємність води при температурі t_1 , $c_1 = 4191$ Дж/кг·К. [16]

Об'ємні витрати води з фенолами:

$$V_2 = \frac{G_2}{\rho_2} = \frac{13,88}{994,1} = 0,0139 \text{ м}^3/\text{с.}$$

Об'ємні витрати технічної води:

$$V_1 = \frac{G_1}{\rho_1} = \frac{24,21}{977,8} = 0,0247 \text{ м}^3/\text{с.}$$

Визначаємо орієнтовно значення площі поверхні теплообміну, приймаючи коефіцієнт теплопередачі $K_{op} = 325$ Вт/м²·К

$$F_{op} = \frac{Q}{K_{op} \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{3043780}{340 \cdot 30} = 298,41 \text{ м}^2.$$

Кількість труб:

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		

$$n = \frac{G_2 \cdot z}{0,785 \cdot (d_{\text{вн}} \cdot \mu \cdot \text{Re}_1)} = \frac{13,88 \cdot 4}{0,785(0,021 \cdot 2,32 \cdot 10^{-4} \cdot 15000)} = 967,8,$$

де $d_{\text{вн}}$ – внутрішній діаметр трубок, приймаємо $d_{\text{вн}}=0,021$ м,

z – число ходів,

μ – динамічний коефіцієнт в'язкості при середній температурі технічної води t_2

За ГОСТ 15120-79 обираємо кожухотрубний чотириходовий теплообмінник діаметром 1200 мм і з трубами 25x2 мм, кількість труб $n = 986$, довжина труб $L = 4$ м, прохідний переріз трубного простору $S_T = 8,4 \cdot 10^{-2}$ м², прохідний переріз міжтрубного простору $S_{MT} = 16,5 \cdot 10^{-2}$ м² [16].

Швидкість потоку технічної води:

$$\omega_1 = \frac{V_1}{S_T} = \frac{0,0247}{8,4 \cdot 10^{-2}} = 0,294 \text{ м/с.}$$

Критерій Рейнольдса для технічної води:

$$\text{Re}_1 = \frac{\omega_1 \cdot d_{\text{вн}} \cdot \rho_1}{\mu_1} = \frac{0,294 \cdot 0,021 \cdot 977,8}{4,04 \cdot 10^{-4}} = 14943,$$

де $d_{\text{вн}}$ – внутрішній діаметр трубок, приймаємо $d_{\text{вн}}=0,021$ м,

μ_1 – динамічний коефіцієнт в'язкості при середній температурі технічної води t_1 , $\mu_1 = 4,04 \cdot 10^{-4}$ Па·с [16].

Швидкість потоку води з фенолами:

$$\omega_2 = \frac{V_2}{S_{MT}} = \frac{0,0139}{16,5 \cdot 10^{-2}} = 0,842 \text{ м/с.}$$

Критерій Рейнольдса для води з фенолами:

$$\text{Re}_2 = \frac{\omega_2 \cdot d_{\text{зн}} \cdot \rho_2}{\mu_2} = \frac{0,842 \cdot 0,025 \cdot 994,1}{0,6 \cdot 10^{-3}} = 34893,$$

де $d_{\text{зн}}$ – зовнішній діаметр трубок, приймаємо $d_{\text{зн}}=0,025$ м

μ_2 – динамічний коефіцієнт в'язкості при середній температурі води t_2 , $\mu_2 = 0,6 \cdot 10^{-3}$ Па·с [16].

						ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк. 95
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат			

Для теплового розрахунку приймаємо: температуру стінки зі сторони технічної води $t_{ст1} = 336\text{К}$, температуру стінки зі сторони води з фенолами $t_{ст2} = 327,8\text{К}$.

Критерій Прандтля для технічної води біля стінки:

$$Pr_{ст1} = \frac{c_{ст1} \cdot \mu_{ст1}}{\lambda_{ст1}} = \frac{4185 \cdot 0,430 \cdot 10^{-3}}{66,4 \cdot 10^{-2}} = 2,71,$$

де $c_{ст1}$ - теплоємність технічної води при температурі $t_{ст1}$, $c_{ст1} = 4185$ Дж/кг·К; [16]

$\mu_{ст1}$ - динамічний коефіцієнт в'язкості при температурі технічної води при стінці $t_{ст1}$, $\mu_{ст1} = 0,430 \cdot 10^{-3}$ Па·с; [16]

$\lambda_{ст1}$ - коефіцієнт теплопровідності при температурі технічної води при стінці $t_{ст1}$, $\lambda_{ст1} = 66,4 \cdot 10^{-2}$ Вт/м·К. [16]

Критерій Нусельта для технічної води при $Re > 10000$:

$$\begin{aligned} Nu_1 &= 0,021 \cdot Re_1^{0,8} \cdot Pr_1^{0,43} \cdot (Pr_1/Pr_{ст1})^{0,25} \cdot \varepsilon_l = \\ &= 0,021 \cdot 14943^{0,8} \cdot 2,32^{0,43} \cdot (2,32/2,91)^{0,25} \cdot 1 = 62,28. \end{aligned}$$

де ξ_φ - коефіцієнт, який враховує кут атаки, $\xi_\varphi = 0,6$, $Pr_1 = 2,32$ - критерій Прандтля для технічної води при температурі t_1 . [16]

Коефіцієнт тепловіддачі для технічної води:

$$\alpha_1 = \frac{Nu_1 \cdot \lambda_1}{d_{зн}} = \frac{62,28 \cdot 67 \cdot 10^{-2}}{0,021} = 1987 \text{Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

де λ_1 - коефіцієнт теплопровідності при температурі технічної води t_1 , $\lambda_1 = 67 \cdot 10^{-2}$ Вт/м·К. [16]

Критерій Прандтля води з фенолами біля стінки:

$$Pr_{ст2} = \frac{c_{ст2} \cdot \mu_{ст2}}{\lambda_{ст2}} = \frac{4179 \cdot 0,910 \cdot 10^{-3}}{60,2 \cdot 10^{-2}} = 6,317,$$

де $c_{ст2}$ - теплоємність води з фенолами при температурі $t_{ст2}$, $c_{ст2} = 4179$ Дж/кг·К [16]

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						96
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

$\mu_{ст2}$ - динамічний коефіцієнт в'язкості при температурі води з фенолами при стінці $t_{ст2}$, $\mu_{ст2} = 0,901 \cdot 10^{-3}$ Па·с [16]

$\lambda_{ст2}$ - коефіцієнт теплопровідності при температурі води з фенолами при стінці $t_{ст2}$, $\lambda_{ст2} = 60,2 \cdot 10^{-2}$ Вт/м·К. [16]

Так як $Re_2 > 10000$, то формула для знаходження критерія Нусельта для води з фенолами виглядає наступним чином:

$$\begin{aligned} Nu_2 &= 0,021 \cdot Re_2^{0,8} \cdot Pr_2^{0,43} \cdot (Pr_2/Pr_{ст})^{0,25} \cdot \xi_\phi = \\ &= 0,4 \cdot 34893^{0,8} \cdot 3,9^{0,43} \cdot (3,9/3,26)^{0,25} \cdot 0,6 = 169,8. \end{aligned}$$

де Pr_2 - критерій Прандтля при температурі води з фенолами t_2 , $Pr_2 = 3,9$. [16].

Коефіцієнт тепловіддачі для води з фенолами:

$$\alpha_2 = \frac{Nu_2 \cdot \lambda_2}{d_{вн}} = \frac{169,8 \cdot 64,1 \cdot 10^{-2}}{0,025} = 4355 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К},$$

де λ_2 - коефіцієнт теплопровідності при температурі води з фенолами t_2 , $\lambda_2 = 64,1 \cdot 10^{-2}$ Вт/м·К. [16]

Термічний опір стінки та забруднень:

$$\sum r_{ст} = r_1 + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + r_2 = \frac{1}{5800} + \frac{0,002}{17,5} + \frac{1}{5800} = 4,6 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

де $\frac{1}{r_1}$ - теплопровідність забруднень зі сторони технічної води,

$$\frac{1}{r_1} = 5800 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К};$$

$\frac{1}{r_2}$ - теплопровідність забруднень зі сторони води з фенолами,

$$\frac{1}{r_2} = 5800 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						97
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

Коефіцієнт теплопередачі:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum r_{ct} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{1987} + 4,6 \cdot 10^{-4} + \frac{1}{4355}} = 834,7 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

Поверхнева щільність теплового потоку:

$$q = K \cdot \Delta t_{cp} = 834,7 \cdot 30 = 25040 \text{ Вт/м}^2.$$

$$F = \frac{Q}{q} = \frac{3043780}{25040} = 121,6 \text{ м}^2.$$

Кількість труб:

$$n = \frac{G \cdot z}{0,785 \cdot (d_{вн} \cdot \mu \cdot Re_1)} = \frac{13,88 \cdot 4}{0,785 (0,021 \cdot 2,32 \cdot 10^{-4} \cdot 14943)} = 972,$$

де $d_{вн}$ – внутрішній діаметр трубок, приймаємо $d_{вн}=0,021$ м,

z – число ходів, $z=4$,

μ – динамічний коефіцієнт в'язкості при середній температурі технічної води t_2

Довжина труб:

$$l = \frac{F}{\pi \cdot d_{cp} \cdot n} = \frac{121,6}{3,14 \cdot 0,023 \cdot 972} = 1,7 \text{ м},$$

де d_{cp} – середній діаметр труб, $d_{cp} = 0,023$ м.

За ГОСТ 15120-79 обираємо кожухотрубний чотиреходовий теплообмінник діаметром 1200 мм і з трубами 25x2 мм, кількість труб $n = 986$, довжина труб $L = 4$ м [16].

Перевірка значень $t_{ст1}$ і $t_{ст2}$:

$$t_{ст1} = t_1 - \frac{q}{\alpha_1} = 348 - \frac{25040}{1987} = 334 \text{ К},$$

$$t_{ст2} = t_2 + \frac{q}{\alpha_2} = 318 + \frac{25040}{9308} = 312 \text{ К}.$$

Перевірочні значення температур відрізняються від прийнятих. Проведемо перерахунок з новими значеннями температури стінки зі сторони технічної води $t_{ст1} = 335$ К, температуру стінки зі сторони води з фенолами $t_{ст2} = 312$ К.

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк. 98
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

Критерій Прандтля для технічної води біля стінки:

$$Pr_{ст1} = \frac{c_{ст1} \cdot \mu_{ст1}}{\lambda_{ст1}} = \frac{4180 \cdot 0,478 \cdot 10^{-3}}{65,9 \cdot 10^{-2}} = 3,03,$$

де $c_{ст1}$ - теплоємність технічної води при температурі $t_{ст1}$, $c_{ст1} = 4180$ Дж/кг·К; [16]

$\mu_{ст1}$ - динамічний коефіцієнт в'язкості при температурі технічної води при стінці $t_{ст1}$, $\mu_{ст1} = 0,478 \cdot 10^{-3}$ Па·с; [17]

$\lambda_{ст1}$ - коефіцієнт теплопровідності при температурі технічної води при стінці $t_{ст1}$, $\lambda_{ст1} = 65,9 \cdot 10^{-2}$ Вт/м·К. [16]

Критерій Прандтля води з фенолами біля стінки:

$$Pr_{ст2} = \frac{c_{ст2} \cdot \mu_{ст2}}{\lambda_{ст2}} = \frac{4180 \cdot 0,65 \cdot 10^{-3}}{63,5 \cdot 10^{-2}} = 4,28,$$

де $c_{ст2}$ - теплоємність води з фенолами при температурі $t_{ст2}$, $c_{ст2} = 4180$ Дж/кг·К [16]

$\mu_{ст2}$ - динамічний коефіцієнт в'язкості при температурі води з фенолами при стінці $t_{ст2}$, $\mu_{ст2} = 0,65 \cdot 10^{-3}$ Па·с [16]

$\lambda_{ст2}$ - коефіцієнт теплопровідності при температурі води з фенолами при стінці $t_{ст2}$, $\lambda_{ст2} = 63,5 \cdot 10^{-2}$ Вт/м·К. [16]

Критерій Нусельта для технічної води при $Re > 10000$:

$$\begin{aligned} Nu_1 &= 0,021 \cdot Re_1^{0,8} \cdot Pr_1^{0,43} \cdot (Pr_1 / Pr_{ст1})^{0,25} \cdot \varepsilon_l = \\ &= 0,021 \cdot 14943^{0,8} \cdot 2,32^{0,43} \cdot (2,32 / 3,03)^{0,25} \cdot 1 = 61,65. \end{aligned}$$

де ξ_φ - коефіцієнт, який враховує кут атаки, $\xi_\varphi = 0,6$, $Pr_1 = 2,32$ - критерій Прандтля для технічної води при температурі t_1 . [17]

Коефіцієнт тепловіддачі для технічної води:

$$\alpha_1 = \frac{Nu_1 \cdot \lambda_1}{d_{зн}} = \frac{61,65 \cdot 67 \cdot 10^{-2}}{0,021} = 1967 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						99
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		

де λ_1 - коефіцієнт теплопровідності при температурі технічної води t_1 ,
 $\lambda_1 = 67 \cdot 10^{-2}$ Вт/м·К. [16]

Так як $Re_2 > 1000$, то формула для знаходження критерія Нусельта для води з фенолами виглядає наступним чином:

$$\begin{aligned} Nu_2 &= 0,021 \cdot Re_2^{0,8} \cdot Pr_2^{0,43} \cdot (Pr_2/Pr_{ст})^{0,25} \cdot \xi_\phi = \\ &= 0,4 \cdot 34893^{0,8} \cdot 3,9^{0,43} \cdot (3,9/4,28)^{0,25} \cdot 0,6 = 158,67. \end{aligned}$$

де Pr_2 - критерій Прандтля при температурі води з фенолами t_2 , $Pr_2 = 3,9$.

Коефіцієнт тепловіддачі для води з фенолами:

$$\alpha_2 = \frac{Nu_2 \cdot \lambda_2}{d_{вн}} = \frac{158,67 \cdot 64,1 \cdot 10^{-2}}{0,025} = 4068 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К},$$

де λ_2 - коефіцієнт теплопровідності при температурі води з фенолами t_2 ,
 $\lambda_2 = 64,1 \cdot 10^{-2}$ Вт/м·К. [17]

Термічний опір стінки та забруднень:

$$\sum r_{ст} = r_1 + \frac{\delta_{ст}}{\lambda_{ст}} + r_2 = \frac{1}{5800} + \frac{0,002}{17,5} + \frac{1}{5800} = 4,6 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

де $\frac{1}{r_1}$ - теплопровідність забруднень зі сторони технічної води,

$$\frac{1}{r_1} = 5800 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К};$$

$\frac{1}{r_2}$ - теплопровідність забруднень зі сторони води з фенолами,

$$\frac{1}{r_2} = 5800 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

Коефіцієнт теплопередачі:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum r_{ст} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{1967} + 4,6 \cdot 10^{-4} + \frac{1}{4068}} = 823,6 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

Поверхнева щільність теплового потоку:

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						100
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

$$q = K \cdot \Delta t_{cp} = 823,6 \cdot 30 = 24710 \text{ Вт/м}^2.$$

Перевірка значень t_{cr1} і t_{cr2} :

$$t_{cr1} = t_1 - \frac{q}{\alpha_1} = 348 - \frac{24710}{1967} = 335 \text{ К},$$

$$t_{cr2} = t_2 + \frac{q}{\alpha_2} = 318 + \frac{24710}{4068} = 312 \text{ К}.$$

Введення поправок в розрахунки не потребується.

Розрахункова площа поверхні теплопередачі:

$$F_p = \frac{Q}{q} = \frac{3043780}{24710} = 123,2 \text{ м}^2.$$

Площа поверхні теплопередачі із запасов в 10%:

$$F_p = 1,1 \cdot F_p = 1,1 \cdot 123,2 = 135,6 \text{ м}^2.$$

Кількість труб:

$$n = \frac{G \cdot z}{0,785 \cdot (d_{вн} \cdot \mu \cdot Re_1)} = \frac{13,88 \cdot 4}{0,785(0,021 \cdot 2,32 \cdot 10^{-4} \cdot 14943)} = 972,$$

де $d_{вн}$ – внутрішній діаметр трубок, приймаємо $d_{вн}=0,021$ м,

z – число ходів, $z=4$,

μ – динамічний коефіцієнт в'язкості при середній температурі технічної води t_2

Довжина труб:

$$l = \frac{F}{\pi \cdot d_{cp} \cdot n} = \frac{135,6}{3,14 \cdot 0,023 \cdot 972} = 2 \text{ м},$$

де d_{cp} – середній діаметр труб, $d_{cp} = 0,023$ м.

За ГОСТ 15120-79 обираємо кожухотрубний чотирехходовий теплообмінника діаметром 1200 мм із трубами 25x2 мм, кількість труб $n = 986$, довжина труб $L = 4$ м, площа поверхні теплопередачі одного апарата $F = 310 \text{ м}^2$ [16].

Число апаратів:

$$N = \frac{F_p}{F} = \frac{123,2}{310} = 0,397.$$

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк. 101
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

Приймаємо $N = 1..$

Знаходимо запас площі поверхні теплообміну:

$$\Delta = \frac{F \cdot N - F_p^{\wedge}}{F_p^{\wedge}} \cdot 100\% = \frac{310 - 123,2}{123,2} \cdot 100\% = 151,6\% .$$

Висновок: в результаті розрахунків була визначена необхідна площа теплообміну $F_p^{\wedge} = 123,2 \text{ м}^2$, за якою остаточно приймаємо нормалізований теплообмінник з діаметром апарату 1200 мм, $n=986$, зовнішній діаметр труб 25мм, довжина труб 4 м.

4.12.1 Гідравлічний розрахунок

Метою розрахунку є: визначення сумарних гідравлічних втрат напору в трубному та міжтрубному просторах.

Розрахункова схема зображена на рисунку 4.14.

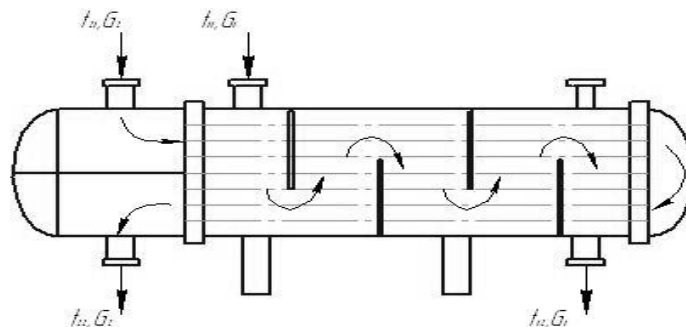


Рисунок 4.14 – Схема гідравлічного розрахунку.

Вихідні дані:

швидкість технічної води, м/с, ω_1	0,294;
критерій Рейнольдса для технічної води, Re_1	14943;
швидкість води з фенолами, м/с, ω_2	0,842;
критерій Рейнольдса для води з фенолами, Re_2	34893;
розміри трубок, мм, $d \times S_T$	25 x 2;
тиск у трубному просторі, МПа, p_T	0,2;

тиск у міжтрубному просторі, МПа, p_m 0,15;

масова продуктивність води з фенолами, кг/с, G_2 13,88;

Скористаємося методикою розрахунку запропонованою [16].

Сума коефіцієнтів місцевого опору на всмоктуючій лінії:

$$\sum \xi = 2 \cdot \xi_{\text{вх}} + 4 \cdot \xi_{\text{тр}} + \xi_{180^\circ} = 2 \cdot 1,5 + 4 \cdot 1 + 2,5 = 9,5,$$

де $\xi_{\text{вх}}$ – коефіцієнт опору на вході та виході в теплообмінник, $\xi_{\text{вх}} = 1,5$; [16]

$\xi_{\text{тр}}$ - коефіцієнт опору на вході в труби та виході з них, $\xi_{\text{тр}} = 1$; [16]

ξ_{180° - коефіцієнт опору при повороті на 180° із однієї секції в іншу, $\xi_{180^\circ} = 2,5$.

[16]

Коефіцієнт тертя для турбулентного режиму руху середовища:

$$\lambda = \frac{0,316}{\text{Re}_1^{0,25}} = \frac{0,316}{14943^{0,25}} = 0,029.$$

Сумарні гідравлічні втрати напору для трубного простору визначимо за формулою:

$$\begin{aligned} \Delta p &= \Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_3 + \Delta p_{\text{дод}} = \frac{\omega_1^2 \cdot \rho_1}{2} \cdot \left(1 + \lambda \cdot \frac{L}{d_{\text{екв}}} + \sum \xi \right) + (p_T - p_M) = \\ &= \frac{0,294^2 \cdot 977,8}{2} \cdot \left(1 + 0,032 \cdot \frac{4}{0,021} + 9,5 \right) + (0,2 - 0,15) \cdot 10^6 = 50670 \text{ Па} \end{aligned}$$

Визначимо сумарні гідравлічні втрати для міжтрубного простору:

Сумарний коефіцієнт гідравлічних опорів для між трубного простору:

$$\sum \xi = 2 \cdot \xi_{\text{вх}} + 12 \cdot \xi_{180^\circ} = 2 \cdot 1,5 + 12 \cdot 1,5 = 21,$$

де $\xi_{\text{вх}}$ – коефіцієнт опору на вході та виході в теплообмінник, $\xi_{\text{вх}} = 1,5$;

ξ_{180° - коефіцієнт опору при повороті на 180° через перегородку в між трубному просторі, $\xi_{180^\circ} = 1,5$.

Сумарні гідравлічні втрати напору для міжтрубного простору:

$$\Delta p = \Delta p_1 + \Delta p_2 + \Delta p_3 + \Delta p_{\text{дод}} = \frac{\omega_2^2 \cdot \rho_2}{2} \cdot \left(1 + \sum \xi \right) + b \cdot (2 + 3,3 \cdot m) \cdot \text{Re}_2^{-0,28} + (p_T - p_M) =$$

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						103
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

$$= \frac{0,842^2 \cdot 994,1}{2} \cdot (1 + 21) + 1 \cdot (2 + 3,3 \cdot 11) \cdot 34893^{-0,28} + (0,2 - 0,15) \cdot 10^6 = 57750 \text{ Па},$$

де b – поправочний коефіцієнт, який залежить від кута атаки, приймаємо $b = 1$;

m – число рядів труб в пучці в напрямку руху потоку, $m = 11$.

Висновок: в результаті розрахунку було визначено сумарні гідравлічні втрати напору в трубному просторі $\Delta p = 50670$ Па та міжтрубному просторі $\Delta p = 57750$ Па.

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						104
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

5. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

Метою розділу є встановлення вимог охорони праці для установки переробки надсмольної аміачної води та перевірка відповідності апаратів цим вимогам [22].

Згідно Кодексу законів про працю України на всіх підприємствах повинні створюватися здорові і безпечні умови праці (ст. 153). Ці умови включають раціональне використання площі виробничих приміщень та місць встановлення обладнання, правильну експлуатацію і правильну організацію технологічних процесів, захист працюючих від впливу шкідливих умов праці, додержання санітарно-гігієнічних норм повсюди [23].

1) Тема магістерської дисертації передбачає модернізацію блоку вилучення фенолу із стічних вод установки очистки димових газів з розробкою скрубера та теплообмінника. Контроль параметрів технологічного процесу здійснює оператор установки. Площа виробничого приміщенні $S=1500 \text{ м}^2$. Площа операторської $S=30 \text{ м}^2$

Фактори які є шкідливими і небезпечними при роботі та обслуговуванні установки:

- виробниче освітлення;
- ураження електричним струмом;
- розташування обладнання на різних висотах;
- повітря робочої зони;
- виробничий шум і вібрація;
- надзвичайні ситуації (вибухо пожежо захист).

Для установки вилучення фенолів із надсмольної аміачної води, яку проектуємо, визначимо шкідливі і небезпечні ділянки виробництва та розробимо міри їх попередження та ліквідації.

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						105
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

Як впливає з технологічної частини проекту в виробництві виділяються шкідливі, пожежонебезпечні речовини, використовується електрична, механічна і теплова енергія.

Проектні рішення прийняті з урахуванням вимог охорони праці.

Виробниче освітлення

Проектом передбачене природне, штучне і суміщене освітлення. Система природного освітлення - комбінована. Система штучного освітлення: загальна і комбінована. Проектом передбачене робоче, евакуаційне, аварійне і ремонтне освітлення.

У приміщенні було розташовано дванадцять вікон розміром 3,8 x 1,8 м, КПО 1,44 %

Проектом передбачається штучне освітлення у всіх приміщеннях і на всіх площадках установки, мінімальна освітленість повинна становити $E_{нор} = 200лк$.

Для освітлення приміщення цеху приймаємо лампи ДРЛ250 потужністю 250Вт, напру 220В, світловий потік $\Phi = 1100лм$, кількістю 20 шт, що відповідає вимогам $E_{фак} = 300лм$

Мінімальна освітленість в якому виконуються зорові роботи розраховані для IV групи класу, а повинна становити $E_{нор} = 300лк$. Для кабіни оператора приймаємо лампи ЛД40 потужність яких 40Вт і напруга 220В, кількістю 36 шт, що відповідає вимогам СНиП II-4-79.

Згідно СН 181-70 для підвищення рівномірності розподілу яскравості у полі зору, стеля і стіни виробничих приміщень пофарбувати у світлі тони. Виробниче устаткування пофарбувати в ясно-зелені тони, а відкриті механізми в яскраво-червоний колір.

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						106
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

Небезпека ураження електричним струмом

Згідно ПУЕ виробниче приміщення відноситься до особливо небезпечних приміщень.

Електричне устаткування на проектованій установці живиться від 3-х фазної 4-х провідної електричної мережі перемінного струму промислової частоти з глухозаземленою нейтралю напругою 380/220 В.

Основними причинами враження електричним струмом є: дотик до відкритих струмопровідних елементів устаткування, що виявилось під напругою внаслідок порушення ізоляції, а також поразка кроковою напругою або через електричну дугу.

Електробезпечність

Для забезпечення електробезпечності передбачені організаційні і технічні заходи:

- Інструктаж і навчання безпечним методам праці.
- Установлення плакатів і знаків безпеки.
- Захисне заземлення $R_{зз} \geq 40 \text{ Ом}$.
- Захисне відключення.
- Орієнтація в електро установках
- Використовувати малі напруги 12 В для живлення світильників електроінструментів..
- Надійно ізолюємо елементи конструкції, що проводять електричний струм ($R_{із} \geq 0,5 \text{ мОм}$) - опір ізоляції.
- Застосування огорожувальних пристроїв.
- Установлення попереджувальної сигналізації, блокувань.
- Використання електрозахистних засобів, у т.ч. ізолюючих рукавичок, інструментів з ізолюючими ручками, покажчиків напруги.

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						107
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

Електростатична безпека забезпечується створенням умов, що попереджають виникнення розрядів статичної електрики за рахунок вибору оптимальних швидкостей руху продуктів по трубопроводах і виключення подачі продуктів в апарати падаючим струменем. Усі трубопроводи, що знаходяться в місцях перетинання і зближення один із іншим, з металевими конструкціями чи сходами, з'єднані між собою перемичками. У місцях виникнення і накопичення електростатичних зарядів застосовують радіоізотопні нейтралізатори типу НР-1 і НР-6.

Проектом передбачене застосування вибухозахищеного електроустаткування.

В аварійному режимі приміняється пристрій занулення і захисне автовідключення, відповідно до ГОСТ 12.1.030-81/91.

Безпека технологічних процесів і устаткування

Найбільш небезпечними процесами в проектованому виробництві є: нагрів сировини в парогенераторах, перекачування насосами пожежонебезпечних речовин.

Проектом передбачене застосування насосів, що є джерелами шуму і вібрації. Існує небезпека одержання травм від частин насосів, що рухаються. У проекті використана пара з високою температурою ($t=445\text{ K}$).

1) Основними причинами аварійної ситуації є:

- Порушення технологічного режиму в результаті відмов у системі автоматизованого керування і регулювання технологічним процесом.
- Раптове припинення подачі сировини приводить до перебоїв у роботі технологічного устаткування.
- Розгерметизація технологічного устаткування, арматури, ущільнень у фланцевих з'єднаннях трубопроводів.

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						108
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		

- Потрапляння високих потенціалів при грозових розрядах у виробниче приміщення.

- Розряди статичної електрики у вибухонебезпечному середовищі апаратів і трубопроводів.

Для забезпечення безаварійної роботи установки передбачений ряд заходів.

Заходи щодо охорони праці

Розроблені заходи для забезпечення безпечного проведення процесу:

1. Технологічна схема прийнята з мінімально-можливою кількістю апаратів при забезпеченні необхідної якості товарної продукції.

2. Передбачено продувку апаратів азотом для виключення утворення вибухонебезпечних сумішей при пуску в роботу чи зупинці устаткування.

3. Технологічна система оснащена засобами контролю за технологічними параметрами і сигналізацією при їхньому відхиленні від заданих значень, засобами автоматичного і дистанційного регулювання.

4. Проектом передбачається комплексна автоматизація технологічних процесів з виносом в операторну всіх параметрів, що забезпечують безпечну роботу устаткування

5. Усі трубопроводи й устаткування, що мають температуру зовнішніх поверхонь вище 333 К, у зонах обслуговування теплоізолюються.

6. Для захисту апаратури від перевищення тиску проектом передбачені запобіжні клапани, що захищають окремі апарати, чи трубопроводи групи апаратів.

7. Апарати, обслуговування яких зв'язано з перебуванням на висоті, обладнаються промисловими площадками зі східцями, що мають поручні висотою 1м.

8. Забезпечується електроустаткування, яке відповідає умовам навколишнього середовища, у тому числі по вибухозахисту, виконується захисне заземлення електроустановок, захист від проявів статичної електрики,

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						109
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

блискавкозахисту будинків і споруджень. На випадок виникнення аварійної ситуації передбачене відключення електроустаткування з розподіленою системою керування.

9. На випадок виникнення аварійної ситуації обслуговуючий персонал забезпечений киснево-ізолюючими приладами типу “СТОСІВ-8” і фільтруючими протипазами марки “А” і “БКФ”.

Нормалізація повітря робочої зони

З метою нормалізації повітря в приміщенні передбачені технологічні заходи:

- Герметизація технологічного устаткування.
- Теплоізоляція устаткування, температура зовнішніх стінок якого перевищує 333 К, з розрахунку температура навколишнього повітря плюс 279 К.

Проектом передбачена вентиляція приміщення де розташовано насоси.

У зоні роботи операторів передбачається кондиціонування повітря за допомогою спліт-систем.

В усіх виробничих приміщеннях запроектоване парове опалення в зимову пору року $t_{\text{тепл}} = 70 - 75^{\circ}\text{C}$.

В цеху підтримуються такі показники повітря: температура $t = 20 - 23^{\circ}\text{C}$, вологість $w = 40 - 60\%$, переміщення повітря зі швидкістю $v = 0,2\text{м/с}$.

Робітники та інженерно-технічний персонал, безпосередньо пов'язані з обслуговуванням технологічного устаткування, забезпечуються індивідуальними фільтруючими протипазами. В аварійних випадках застосовуються киснево-ізолюючі прилади.

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						110
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

Захист від виробничого шуму і вібрацій

Джерелом шуму при роботі обладнання є насоси, рівень шуму в джерелах $L=100$ дБа.

Для запобігання вищесказаного були вжиті наступні заходи:

- для спостереження та дистанційного контролю використовуємо звукоізолюючі kabіни, в яких можна забезпечити практично зниження шуму до 65 дБа, це забезпечує товщина звукоізоляції стінок kabіни, що складає 7 мм, згідно ДСН 3.3.6.0.37-99.
- персонал, що обслуговує компресорне і насосне відділення, забезпечити індивідуальними засобами захисту – м'які прогумовані вкладиші або беруші які знижують шум на 18-20 дБа.

Для того щоб захистити руки від вібрації необхідна використовувати взуття на товстій гумовій підшві, відповідно до ГОСТ 12.4.002-74.

Для контролю рівня шуму і вібрації передбачений прилад ВШВ-003 і шумо-віброзамірний комплекс ШВК-1.

Надзвичайні ситуації (Вибухо-пожежо-захист)

На установці, що проектується в приміщенні використовуються вибухо-пожежо-небезпечні речовини – димові гази, легкозаймисті рідини у такій кількості, що можуть утворювати вибухонебезпечні парогазоповітряні суміші, при займанні яких з'являється надлишковий тиск вибуху в приміщенні. Тому ми визначили, що приміщення належить до категорії А, згідно ОНТП24-86. Клас зони - 2.

На установці, що проектується пожежі і вибухи можливі на наступних ділянках: приміщення насосної, теплообміннику, скрубери та в парках де розташовуються резервуари. Причини загоряння: влучення в повітря робочої зони парів розчинника здатного створювати пожежо-вибухонебезпечні суміші з

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						111
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

киснем повітря, розгерметизація фланців трубопроводів, арматури чи апаратів що може призвести до потрапляння мастила в робочу зону, коротке замикання електроустаткування з ушкодженою ізоляцією. На виробництві, що проектується можливі наступні джерела загоряння: електричні іскри, розряди зарядів статичної електрики, прямий удар блискавки у виробниче приміщення, замет високих потенціалів через наземні і підземні комунікації.

Забезпечується ступінь вогнестійкості об'єкта II по СНиП 2.01.02-85.

Для забезпечення пожежної вибухобезпеки проектом передбачена система зв'язку та сигналізації, порошкові та пінні вогнегасники, протипожежний водопровод і первинні засоби пожежогасіння.

Первинні засоби пожежогасіння: вогнегасники, пожежний інвентар (бочки з водою, пожежні відра, ящики з піском, совкові лопати, протипожежні покривала) та пожежний інструмент (гаки, ломи, сокири).

Для гасіння пожежі використовують вуглекислотні вогнегасники типу ВП-3(3) у кількості 9 штук, що розташовуються в цеху, біля ребойлерів, та повітряних холодильників, які представляють загрозу вибуху.

Перша умова проти вибухового захисту - це недопускання утворення такої кількості вибухової суміші, яка може спричинити вибух.

Для противибухового захисту передбачена аварійна вентиляція, L=8K. Аварійні вентиляція вмикається автоматично при спрацюванні датчиків при досягненні 20% НКМВ в викидах 10% НКМВ.

Вогнегасники та пожежний інвентар мають червоне пофарбування, а бочки з водою та ящики з піском ще й відповідні написи білою фарбою. Пожежний інструмент фарбується в чорний колір. Бочки для зберігання води з метою пожежогасіння встановлюються у виробничому приміщенні. Такі бочки повинні бути укомплектовані пожежним відром місткістю не менше 8л. Ящики з піском повинні бути укомплектовані совковою лопатою. Протипожежні покривала, виготовлені з негорючого теплоізоляційного полотна, грубо бавовняної тканини повинні мати не менш як 2х1м та 2х2 м.

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						112
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

При пожежі в приміщенні знаходяться два евакуиходи (двері) розміром 2,5х1,3м, що розташовані на відстані 90м від установок.

Протипожежний водопровід забезпечує роботу зрошувальних систем колонних апаратів і резервуарів з підключенням для пересувної пожежної техніки.

Для захисту блоку колон від загорання передбачені стаціонарні установки пінного пожежогасіння та зрошувальні системи на висоту колонних апаратів. Встановлені стаціонарні системи для зрошування на всю висоту резервуару і які складаються з двох полукілець, що дає змогу охолоджувати тільки ту частину резервуарів, яка нагрівається. Пожежогасіння в резервуарах здійснюється за допомогою стаціонарної установки пінного підшарового пожежогасіння.

Для протипожежного захисту компресорної і насосної використовуються порошкові вогнегасники – модулі порошкового пожежегасіння у вибухозахищеному виконанні, згідно ДБН В.2.5-13-98.

Зовнішнє пожежогасіння виробничого будинку здійснюється від пожежних гідрантів існуючої кільцевої протипожежної мережі.

На заводі є спеціалізована пожежна команда в розпорядженні із необхідною технікою , а також є сигналізація пожежогасіння, різні датчики повідомлення, СРПУ, та різні види зв'язку.

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						113
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

6. Рекомендації щодо монтажу та експлуатації апаратів

Виготовлення металевих конструкцій апарата проводиться по нормативних вимогах заводу – виготовлювача. Листовий матеріал подається на розкрій і потім листи проходять операцію гнучкі на листогибочних вальцах. Перед відправленням на монтаж проводиться контрольне збирання конструкцій. Ціль контрольного збирання полягає в тому, що всі елементи апарату встановлюються у своє проектне положення, з повним припасуванням до місць стикування із сусідніми деталями. Усі деталі маркеруються і після цього проводиться розбирання і відправка на місце монтажу [24].

Виготовлення, контроль і монтаж обладнання одиничного і мало серійного виробництва, що складається на місці експлуатації виконуються згідно з ГОСТ 15.005-86.

Стан внутрішніх поверхонь обладнання і трубопроводів (труб) за умови встановлених правил зберігання і монтажу має забезпечувати працездатність обладнання під час випробувань і експлуатації без проведення на монтажі робіт по їх очищенню від забруднень і продуктів корозії.

На обладнанні і складових частинах згідно з конструкторською та іншою технічною документацією мають бути:

- підготовлені стиковочні поверхні, отвори, кронштейни, призначені для кріплення обладнання або складальних одиниць, що відправляються з інших підприємств безпосередньо замовнику;
- опломбовані роз'єми обладнання (складальних одиниць);
- встановлені різні деталі для закріплення парканів, труб, тепло- і звукоізоляції, підкладки, футеровку (також і опалубка) та металевих конструкцій для обслуговування, пристроїв та засобів автоматизації, деталей та конструкцій для розташування електрообладнання та для укладання та захисту проводки (труби, кронштейни, корпуси і т. д.) люки, бітумна черепиця, а також деталі для центрування тастягування частин устаткування; виконані проміжні деталі

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						114
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

(накладки) у випадках необхідності приварювання під час монтажу деталей до корпусів посудин та апаратів, що знаходяться під контролем органів державного нагляду, пройшли термічну обробку та (або) мають антикорозійне покриття (гумування, емаль та ін.);

- відбалансовані складальні одиниці і деталі, що обертаються;
- підготовлені кромки з'єднань, що підлягають зварюванню на місці монтажу;
- захищені від деформування або зміщення під час транспортування внутрішні пристрої обладнання;
- встановлені елементи, що запобігають деформації віброізолюючих пристроїв під час транспортування.

Внутрішні поверхні обладнання, що підлягають захисту від корозії на період транспортування, зберігання і монтажу, мають консервуватися речовинами (сумішами) і способами, що не потребують розбирання обладнання для розконсервації.

Застосовувані марки конструкційних матеріалів, конструкція і розміри (у межах установлених допусків) деталей і вузлів, а також апарата в цілому повинні відповідати кресленням, що перевіряється поопераційно контролем у процесі виготовлення апарата.

Особлива увага повинна приділятися контролю якості зварених з'єднань, що є найбільш уразливими місцями в зварених апаратах по частині їхньої міцності і корозійної стійкості.

Контроль якості зварених з'єднань виробляється як безпосередньо, так і контрольних зразків цих з'єднань, виконаних тим самим зварником одночасно з виготовленням контрольованих виробів, із застосуванням тих же вихідних матеріалів, оброблення крайок, способів і режимів зварювання і термообробки по СТ СЭВ 800-77 і ОСТ 26-219-79.

Зовнішньому огляду і виміру зварених швів підлягають усі зварені з'єднання за методикою, приведеної в ДСТ 3242-79, для виявлення

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						115
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

неприпустимих дефектів, що повинні бути усунуті шляхом вирубки дефектних місць з наступною їх якісною заваркою.

Зовнішній огляд і вимір швів роблять після їхнього очищення і прилягаючих до них поверхонь основного металу по обох сторони від шлаку, бризів і інших забруднень.

Випробування апарата на міцність і щільність під спробним тиском піддаються всі апарати до установки в них знімних внутрішніх пристроїв згідно СТ СЭВ 800-77 і ОСТ 26-291-79.

Пневматичні випробування проводяться з дотриманням особливих запобіжних заходів тільки при позитивних результатах ретельного внутрішнього і зовнішнього огляду зварених швів і перевірки технічної документації по контролі якості зварених з'єднань.

При пневматичному випробуванні зварені шви не обстукуються, а перевіряються з застосуванням мильного розчину.

В усіх випадках гідравлічного чи пневматичного випробування напруги в стінках елементів апарата повинні мати запас міцності до границі текучості при температурі 20°C не менш 1.1 - при гідравлічному іспиті, і 1.2 – при пневматичному випробуванні.

Апарати вважаються витримавшим випробування, якщо при випробуванні не було падіння тиску по манометрі, течі, крапля, потіння, пропуску чи газу рідини через зварені шви; після випробування не помічається залишкових деформацій в елементах апарата; не виявлено ознак розриву.

Результати пробного випробування оформляються актом і заносяться в паспорт апарата.

Скрубер може встановлюватися в умовах із середньою температурою самої холодної п'ятиденки не нижче мінус 40°C .

Мінімальна температура стінки апарата під тиском мінус 20°C .

Центр маси уточнити після зборки апарата.

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						116
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

У якості робочого середовища виступають рідкі і газоподібні, вибухо-пожежонебезпечні і токсичні продукти нафтової, нафтотехнічної, хімічної і газової галузей промисловості 1, 2 клас небезпеки ДСТ 12.1.007-76.

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						117
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		

7. Рівень стандартизації та уніфікації

Використання стандартних та уніфікованих деталей зменшує витрати, пов'язані з підготовкою виробництва, сприяє зростанню продуктивності виробництва. Рівень стандартизації та уніфікації оцінюється відповідними коефіцієнтами.

Розраховуємо для скрубера:

Коефіцієнт стандартизації K_c згідно визначається:

$$K_c = \frac{n_c}{N} = \frac{5128}{11243} = 0,45,$$

де $n_c = 5128$ – кількість стандартних деталей в апараті;

$N = 11243$ – загальна кількість деталей в апараті.

Коефіцієнт уніфікації K_y визначаємо із залежності :

$$K_y = \frac{n_c + n_3}{N} = \frac{5128 + 732}{11243} = 0,52,$$

де $n_3 = 732$ – кількість уніфікованих деталей в апараті.

Розраховуємо для теплообмінника:

Коефіцієнт стандартизації K_c згідно визначається:

$$K_c = \frac{n_c}{N} = \frac{2142}{4327} = 0,49,$$

де $n_c = 2142$ – кількість стандартних деталей в апараті;

$N = 4327$ – загальна кількість деталей в апараті.

Коефіцієнт уніфікації K_y визначаємо із залежності :

$$K_y = \frac{n_c + n_3}{N} = \frac{2142 + 246}{4327} = 0,59,$$

де $n_3 = 246$ – кількість уніфікованих деталей в апараті.

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						118
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

8. Розробка стартап-проекту

8.1. Опис ідеї проекту

Розділ зроблено за допомогою методик наведених в [25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33].

Теплообмінні апарати є невід’ємною частиною нашого повсякденного життя. Вони знаходять своє застосування там, де є необхідність охолодження або нагріву рідин та газів. Високі темпи розвитку галузі виробництва теплообмінних апаратів вимагають розробки нових ефективних теплообмінників. До таких теплообмінників належить кожухотрубний теплообмінник з параболічними виступами на внутрішній поверхні труб. Це дасть змогу суттєво зменшити енергозатрати при його використанні і зайняти лідируючі місця у верхньому ціновому сегменті на даному ринку [5].

Кожухотрубний теплообмінник – це апарат, зібраний з пучка оребрених з внутрішньої сторони труб, герметично закріплених в трубних решітках, а потім вмонтованого в корпус .

Таблиця 8. 1 – Опис ідеї стартап–проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Виготовити кожухотрубний теплообмінник з параболічними виступами на поверхні труб	Виготовлення кожухотрубного теплообмінника з кращими експлуатаційними характеристиками	Забезпечення інтенсифікації процесу теплопередачі
		Необхідна надійності використання обладнання
		Підвищується площа контакту фаз та турбулізується потік в трубному просторі
	Застосування кращого теплообмінного обладнання	Підвищення енергоефективності проведення процесу
Зменшення витрат на придбання обладнання та його ремонту		

На даний момент вже розроблена модернізація існуючого обладнання та отримано деклараційний патент на корисну модель (модернізація кожухотрубного теплообмінника з параболічними виступами на внутрішній поверхні труб). Ми гарантуємо ефективність нововведеної модернізації та її швидку окупність внаслідок збільшення енергоефективності, покращенні основних показників продукції, що виробляється тощо. Проект включає в себе створення технічної документації, креслень застосуванням систем комп'ютерного проектування. Також проект передбачає допомогу в впровадженні інновацій, вирішення проблем, що виникають на виробництві, організацію процесу та забезпечення всіма необхідними довідковими матеріалами, налагодження нового обладнання, його автоматизацію, підготовку персоналу для роботи з ним та допомогу при виникненні проблем з впровадженими інноваціями в обладнанні.

Теплообмінний апарат складається з: циліндричного корпусу, до якого з двох сторін приварені трубні решітки; в трубних решітках щільно закріплено труби; кришок (камер), що приєднані болтами за допомогою фланців до трубних решіток; ущільнення досягається установкою прокладок; для вводу та виводу теплоносіїв до корпусу і кришок приварені патрубки. Щільність з'єднання труб з трубною решіткою забезпечується розвальцьовкою.

Проведено аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї порівняно із пропозиціями конкурентів:

- визначено перелік техніко-економічних властивостей та характеристик ідеї (Додаток А):

- конкурент, що вже є у галузі;
- потенційний конкурент;
- наявність товарів замінників;
- постачальники та споживачі, що конкурують за ринкову владу;

Сильні позиції компанії за кожним з факторів означають її можливості забезпечити необхідні темпи обороту капіталу та її здатність впливати на інших агентів ринку, диктуючі їм власні умови співпраці. Характеристики факторів

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк. 120
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

моделі відрізняються для різних галузей та змінюються із часом. Сила кожного фактору є функцією від структури галузі та її техніко-економічних характеристик.

- визначено попереднє коло конкурентів (проектів-конкурентів) або товарів-замінників чи товарів-аналогів, що вже існують на ринку, та проведено збір інформації щодо значень техніко-економічних показників для ідеї власного проекту та проектів-конкурентів відповідно до визначеного вище переліку;

Субститутами даного проекту можуть слугувати компанії, які займаються розробкою та виготовленням теплообмінних апаратів в Україні та за кордоном. Проект можна порівнювати за такими показниками, як вартість, енергозатрати теплоносія, продуктивність апарату, площею поверхні теплопередачі, інтенсивністю процесу теплообміну та коефіцієнтом браку.

- проведено порівняльний аналіз показників: для власної ідеї визначено показники, що мають а) гірші значення (W, слабкі); б) аналогічні (N, нейтральні); в) кращі значення (S, сильні) наведено в таблиці 8.2..

Таблиця 8.2 – Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

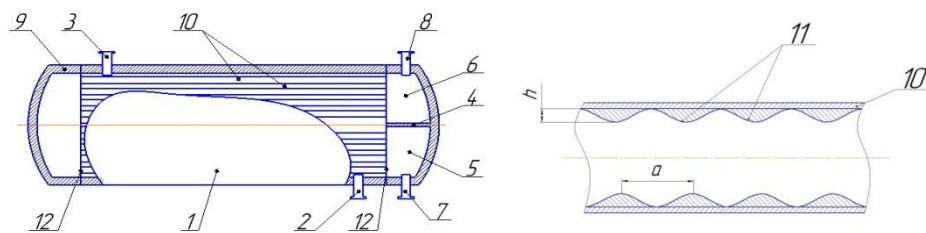
Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
	Мій проект	Конкурент 1	Конкурент 2	Конкурент 3			
Вартість теплообмінника, грн.	100000	95000	120000	110000	–	+	–
Енергозатрати теплоносія, кг/с	7	13	10	14	–	–	+
Продуктивність, кг/год	70	69	67	70	–	+	–
Вихід бракованої продукції, кг/год	1,1	3,2	4,3	2,1	–	–	+
Площа поверхні теплопередачі, м ²	197	159	150	143	–	–	+

Як можна побачити з табл. 8.2, основною перевагою над конкурентами є: гарантоване отримання більш високих результатів за короткий термін роботи модернізації. Більш високі результати можна побачити з того, що енергозатрати будуть на багато меншими ніж у конкурентів, більша площа поверхні теплопередачі, та на багато менший вихід бракованої продукції. Проект працює за трьома основними критеріями роботи – надійність, ефективність та безпека вироблених виробів. Завдяки співпраці оновлене підприємство стане більш енергоефективним, підвищиться якість продукції, що виготовляється. Тобто підприємство стане більш конкурентоспроможним на ринку в Україні та світі. Також одним з основних напрямків діяльності проекту є: створення кращих робочих умов для працівників та їх безпеки при роботі.

8.2 Технологічний аудит ідеї проекту

Застосовують теплообмінні апарати у побуті, промисловості, сільському господарстві. У якості теплоносіїв може виступати газ, пара, рідина або тверде тіло. Типові побутові прилади, у яких здійснюється теплообмін — кондиціонери, холодильники, повітрянагрівачі, випарник, економайзери, льодогенератор.

Конструкцію кожухотрубного теплообмінника наведено на рисунку. 8.1.



1-циліндричний корпус; 2-патрубок підводу; 3-патрубок відводу;
4-крашка з перегородкою; 5-камера подачі теплоносія; 6-камера відводу; 7-штуцер підводу; 8-штуцер відведення; 9-днище; 10-теплообмінні труби; 11-параболічні виступи; 12-трубна решітка

Рисунок 8.1 – Конструкція теплообмінника

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк. 122
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

В межах даного підрозділу проведено аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею проекту .

Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає враховувати наступне:

Елементи теплообмінника та сам теплообмінник виготовляються на спеціальному металорізальному обладнанні та верстатах з ЧПУ, внаслідок необхідності обробки складних поверхонь. Для того, щоб скористатись цими технологіями необхідно зробити замовлення на певному заводі, дати їм необхідні креслення та розрахунки і за певні кошти вони виготовляють теплообмінник. Проблем з цим не буде ніяких.

Технології для виготовлення даного теплообмінника існують і їх цілком достатньо. В розробці/добробці їх немає необхідності .

Дані технології цілком доступні.

Таблиця 8.3 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	2	3	4
Інтенсифікація процесу теплопередачі в теплообміннику	Модернізована конструкція теплообмінних труб	На даний момент відомо багато конструкцій теплообмінників, однак процес теплопередачі можна зробити ефективнішим за рахунок встановлення на внутрішній поверхні труб параболічних виступів	Література для вивчення процесу теплопередачі представлена декількома авторами, для підвищення конкурентоспроможності потребує подальшого вивчення

Продовження таблиці 8.3

1	2	3	4
Підвищення енергоефективності	Додаткова модернізована теплообмінника, нова технологічна лінія виробництва кожухотрубних теплообмінників	Наявні, відомі конструкції модернізують ся за рахунок встановлення на внутрішній поверхні труб параболічних виступів	На ринку представлено багатьма виробниками теплообмінного обладнання

За результатами аналізу видно, що можливості технологічної реалізації проекту, а також технологічного шляху, яким це доцільно зробити – є можливим. Цією можливістю можна скористатися спочатку за рахунок виконання замовлень по модернізації вже існуючих теплообмінників, а згодом розпочати своє виробництво теплообмінних апаратів.

8.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Визначені ринкові можливості, які можна застосувати під час ринкового впровадження проекту, та ринкові загрози, які можуть завадити реалізації проекту, дозволяють спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів–конкурентів .

Спочатку проведено аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку (таблиця 8.4).

Зростання обсягів виробництва теплообмінників до 2008 року. Ця ситуація на ринку виготовлення та продажу теплообмінників пояснюється тим, що в країні постійно збільшувалася кількість підприємств та споживачів яким потрібні теплообмінники для різних потреб. Падіння обсягів виробництва теплообмінників

в 2009-2010 роках. Негативна динаміка спостерігалася через фінансову кризу. На даний момент виробництво теплообмінних апаратів в Україні знаходиться на етапі насичення та стабільності. Це пов'язано, насамперед із тим, що наша продукція користується попитом у багатьох галузях промисловості нашої держави. Ця продукція є завжди актуальною, завдяки її ефективності використання і постійній модернізації, тому вона має гарне фінансування.

Наведені вище показники можна побачити на графіку рисунок 8.2

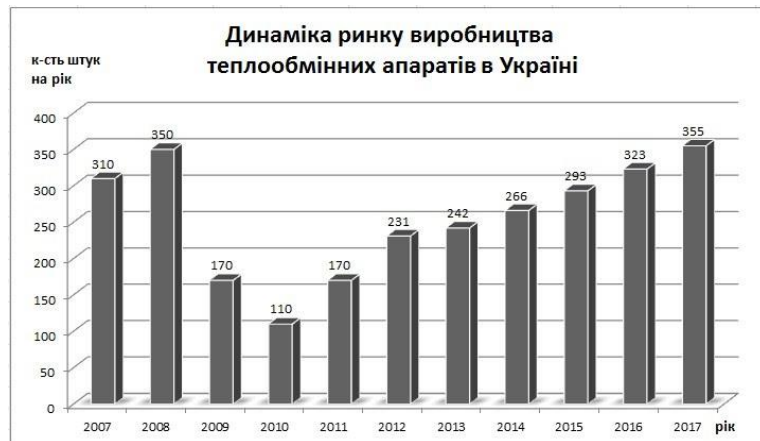


Рисунок 8.2 – Динаміка ринку виробництва теплообмінних апаратів в Україні

Статистика показує, що попит на дану продукцію є доволі стабільним як в нашій країні, так і за її межами.

Основні виробники теплообмінного обладнання в Україні: Торгівельний дім Аллан, ЕКО EIR, Техінсервіс, ТОВ "Afok".

У Світі: Корпорація «Теплообмен сервис» (Росія), Корпорація «Енерго Дизайн» (Росія), Корпорація «ТЕРМОПРОМ» (США), Корпорація «Patriot-nrg» (США), Корпорація «Kelvion» (США).

В таблиці 8.4 наведено попередні характеристики потенційного ринку стартап-проекту.

Таблиця 8.4 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
Кількість основних гравців в Україні, од	4
Загальний обсяг продаж, грн/ум. од	700
Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Масштабність
Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	ДСТУ, ГОСТ, ISO.
Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	70

За результатами аналізу таблиці робимо висновок, що ринок є привабливим для входження за попереднім оцінюванням.

Надалі визначаємо потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формуємо орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (таблиця 8.5) .

Таблиця 8.5 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
Потреба в теплообмінниках, потреба в підвищенні теплопередачі в апаратах.	Компанії, що виготовляють теплообмінні апарати, машинобудівельні компанії тощо.	1)Відповідність теплообмінника ДСТУ, ГОСТ, ISO 2) а ціна не важлива? Чи, наприклад, послуги з встановлення чи гарантоване обслуговування?	- до продукції: теплопередачі та інтенсивності теплообміну, а також відповідати всім нормативам, щодо міцності, надійності; - до компанії-постачальника: Сервісне обслуговування, швидкість, доступність.

Проводимо аналіз ринкового середовища: складаємо таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому заважають (таблиці 8.6, 8.7). Фактори в таблиці подавати в порядку зменшення цінності.

Фактори поділяються на внутрішньо маркетингові середовище та зовнішньо маркетингові середовище. До внутрішньо маркетингових факторів відносяться власний капітал стартап проекту, інтелектуальні ресурси, технологічні ресурси, матеріальні, місцезнаходження. До зовнішньо маркетингового середовища стартап проекту відносяться природні, політико-правові, соціально-культурні, економічні, науково-технічні і демографічного середовища.

Фактори загроз вносимо до таблиці 8.6.

Таблиця 8.6 – Фактори загроз

Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	2	3
Політико-правові «Закон України про підприємницьку діяльність» . «Закони України про ліцензування певних видів господарської діяльності». Зсув стратегічного курсу країни з промислового сектору в агропромисловість Нестабільна конфліктна ситуація в Україні на Сході	Може вплинути на працездатність проекту, купівлю/продаж товару, або ресурсу необхідного для товару Недостатня підтримка державою нових підприємств. Дорого вартісні ліцензії, заборона на діяльність без ліцензії. Зменшення кількості клієнтів в Україні Погіршення ситуації з опаленням	Відповідність вимогам законодавства України та країн з якими ведеться співпраця. Зміна напрямків імпорту/експорту Шукати клієнтів у агросекторі Шукати клієнтів закордоном Для українських клієнтів підкреслювати енергоефективність наших теплообмінників
Економічні: інфляція, підвищення цін на матеріали Складний стан економіки України	Впливає на купівлю/продаж товару, або ресурсу необхідного для товару у клієнтів немає грошей	Підвищення/пониження ціни на продукт Пропонувати клієнтам в Україні теплообмінники в кредит Виходити на закордонні ринки
Науково-технічні: Зміниться технологія виготовлення товару	Невідповідність технологій споживчих та послуг науково-технічному розвитку. «Консервативність споживачів до запровадження інновацій».	Постійний пошук та моніторинг актуальних тенденцій в обраній та в суміжних сферах діяльності. Інноваційна діяльність.

Продовження таблиці 8.6

1	2	3
Демографічні: Зниження народжуваності та кількості населення.	Впливає на купівлю/продаж товару, або ресурсу необхідного для товару	Пошук нових клієнтів для виробництва теплообмінників. У тому числі закордоном
Соціально-культурні: «Консервативність споживачів до запровадження інновацій».	Небажання споживачів купувати нове обладнання	Пропонувати споживачам замість купівлі нового обладнання модернізацію їх виробництва за допомогою наших послуг

Таблиця 8.7 – Фактори можливостей

Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
Науково-технічні застаріла конструкції теплообмінного обладнання Невідповідність продукції наших споживачів та наших послуг науково-технічному розвитку галузі, створення нових апаратів	Поява нової технології виробництва теплообмінників.	Розробка нового обладнання та конструкцій теплообмінних труб. Впровадження даної технології та декларування власної ціни на дану пропозицію.
Демографічні: Розвиток машинобудівної галузі	Збільшення населення, покращується попит на продукцію	Збільшення числа потенційних клієнтів в майбутньому.
Високий інтелектуальний потенціал компанії	Кваліфіковані, лояльні і добре мотивовані працівники як інструмент для досягнення конкурентних переваг	Оптимізація управління трудовими ресурсами; розробка методів, спрямованих на підвищення продуктивності праці

Надалі проводимо аналіз пропозиції: визначаються загальні риси конкуренції на ринку, отримані дані заносимо до таблиці 8.8.

Таблиця 8.8 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1	2	3
Тип конкуренції: Монополістична	Товар кожної фірми, яка торгує на ринку, є недосконалим замінником товару, який реалізують інші фірми. Диференціація товарів створює можливість обмеженого впливу на ринкові ціни, так як багато споживачів зберігають прихильність до конкретної марки і фірми навіть при деякому підвищенні цін.	Компанія повинна робити ставку на основні відмінності своєї продукції (за якістю, економічністю, конкретними фізичними характеристиками). Велика кількість продавців виключає можливість змови, не дає особливо впливати на ринкові ціни.
За рівнем конкурентної боротьби: Міжнародний	За рахунок модернізації теплообмінника та покращення його експлуатаційних показників можна виходити на міжнародний ринок..	Першим кроком орієнтуватися та виходити на національний та міжнародний ринок, збирати зворотній зв'язок, проблеми та побажання. Охоплювати у співпраці максимальну кількість клієнтів, спілкуватися з ними особисто. Паралельно працювати над іміджем компанії.
За галузевою ознакою: Міжгалузева	Теплообмінні апарати можна використовувати для різногалузевих виробництв та процесів.	Створення удосконаленого теплообмінного обладнання, яке спрямоване на зниження енергозатрат.
Конкуренція за видами товарів: товарно-видова	Під час прийняття рішення про купівлю клієнт буде обирати кращу за властивостями, або за ступенем вдоволення певних його потреб продукцію.	Передбачення способів просування товару та демонстрації його переваг з урахуванням потреб та точок зору різних категорій клієнтів

Продовження таблиці 8.8

1	2	3
За характером конкурентних переваг: цінова	За рахунок покращення з точки зору клієнта співвідношення ціна/якість підвищується конкурентоспроможність товару	Постійне спостереження та оцінка цінової політики на ринку. Регулювання ціни в комплексі з якістю товару. Просування товару методами, що використовують фактичні розрахунки переваг товару (у чисельному вигляді)
За інтенсивністю: марочна	Для вдалого просування, підвищення каналів збуту, кількості клієнтів та партнерів необхідно зарекомендувати себе, створити власне ім'я.	Створення логотипу, нанесення його (або назви) на продукт. Реклама в інтернеті. Збільшення кількості ділових контактів.

Після аналізу конкуренції проводимо більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі за моделлю 5 сил М. Портера. Згідно цієї моделі розглядаємо 5 основних сил, які необхідно врахувати перед виходом на ринок, опис наведено в таблиці 8.9.

Таблиця 8.9 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

	Прямі конкуренти	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
	1	2	3	4	5
Складові аналізу	Основні компанії, що виготовляють теплообмінні апарати: «ЕКОЕІR» «Теплообмен сервис», «Техінсервіс», «Енерго Дизайн»	Основні бар'єри входження на ринок: ефект масштабу великих компаній, недостатність інвестицій, обмежена можливість науково-дослідницьких конструкторсь	Існує загроза інтегрування постачальників в бізнес (відома подібна практика закордоном)	Цінова чутливість покупців. Прихильність до відомих брендів. Негативне ставлення до інновацій	Інші фірми виробляють схожу продукцію. Але на даний момент аналогів по показникам продуктивності немає

Продовження таблиці 8.9

	1	2	3	4	5
Висновки:	Основна перевага – досвід, відоме ім'я. Але, за рахунок інновацій, тісного контакту з клієнтом можна заробити імідж та отримати клієнтів.	Можливість входу на ринок існує. Потенційними конкурентами можуть стати схожі підприємства-новатори.	Постачальники загалом не диктують умови. На даний момент існує велика низка можливих постачальників. Наш продукт є доволі адаптовним для видозмінених компонентів.	Диктують умови на ринку: якщо співвідношення ціна/якість буде не співмірним, можуть відмовитися від продукту, оскільки є з чого вибрати.	Мінімальне обмеження через товари-замінники.

Згідно отриманого аналізу конкуренції визначено, що конкуренція на ринку, що важливим конкурентним рішенням є розвиток інновацій, тісний контакт з клієнтом, модернізації та створення нового обладнання.

На основі аналізу конкуренції, проведеного в таблиці 8.9, а також із урахуванням характеристик ідеї проекту (таблиця 8.2), вимог споживачів до товару (табл. 8.5) та факторів маркетингового середовища (таблиці 8.6, 8.7) визначається та обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності.

Згідно отриманих результатів основним параметром конкурентоспроможності є покращені показники теплопередачі обладнання та інтенсифікація процесу теплообміну в цілому.

Таблиця 8.10 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
Доступна ціна	За рахунок зменшення енергозатрат – загальна вартість знижується.
Інноваційність технології	Впровадження модернізованої поверхні труб теплообмінника не було застосовано в цьому напрямку раніше.
Сервісне обслуговування	Акцент на подальшій співпраці з існуючим клієнтами.
Можливість виходу на закордонний ринок	Інноваційність технології дозволяє впроваджувати ці апарати не тільки на території України.

За визначеними факторами конкурентоспроможності проводиться аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту.

Таблиця 8.11 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін проекту

Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні з проектом						
		-3	-2	-1	0	+1	+2	3
Доступна ціна	5			□	△	◇		
Інноваційність технології	10		△	◇			□	
Енерго- та ресурсозбереження	5		△	□		◇		
Можливість виходу на закордонний ринок	0		◇		□, △			
Асортимент продукції	0				□	△	◇	
Досвід роботи на ринку				△	□		◇	
Фінансування				□		△	◇	

Сильні сторони проекту: енерго та ресурсозбереження теплообмінників; доступна ціна, інноваційність технології, можливість виходу на закордонний ринок..

Слабкі сторони проекту: невеликий асортимент продукції, що виготовляється, недостатній досвід роботи на ринку, недостатній рівень фінансування, невідоме «ім'я» підприємства.

Складаємо SWOT-аналіз (матриці аналізу сильних (Strength), слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities) на основі виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін (таблиця 8.10), та вносимо результати до таблиці 8.12.

Таблиця 8.12 – SWOT - аналіз стартап –проекту

Сильні сторони	Слабкі сторони
<ul style="list-style-type: none"> - Низька вартість впровадження проекту. - Високий інтелектуальний потенціал компанії - Інноваційність технології - Високий рівень енергозбереження та ресурсозбереження загалом - Адаптованість продукту на суміжні ринки - Можливість виходу на закордонний ринок - Підвищення продуктивності розробок за рахунок ефективної командної діяльності - Доступна ціна 	<ul style="list-style-type: none"> - Невідоме «ім'я» підприємства - Недостатній рівень фінансування - недостатній досвід роботи на ринку - невеликий асортимент продукції, що виготовляється,
Можливості	Загрози
<ul style="list-style-type: none"> - Перевага над конкурентним товаром за рахунок малокомпонентності, енергоефективності... - Плідна співпраця з постачальниками на взаємовигідних умовах поступок - Поява нової технології виробництва теплообмінників - Збільшення населення, покращується попит на продукцію - Високий інтелектуальний потенціал компанії 	<ul style="list-style-type: none"> - Поява інноваційного обладнання - Витіснення конкурентами компанії з ринку - Недостатнє фінансування, відсутність інвесторів - Недостатність клієнтів-підприємств, що можуть дозволити собі оновлення систем - Витіснення вітчизняного товару закордонним - Зміна населення. - Висока конкуренція на ринку

На основі SWOT-аналізу розробляємо альтернативи ринкової поведінки для виведення стартап-проекту на ринок та орієнтовний оптимальний період їх ринкового виконання з огляду на потенційні проекти конкурентів, що можуть бути виведені на ринок.

Визначені альтернативи аналізуємо з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів, отримані дані вносимо до таблиці 8.13.

Таблиця 8.13 – Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
Виготовлення модернізованих теплообмінників, які можна застосовувати в різних галузях промисловості	Високий	10 місяців
Модернізація вже застарілих теплообмінників .	Достатня	9 місяців
Обслуговування теплообмінників	Достатня	1 рік

Після аналізу зазначити обираємо альтернативу виготовлення модернізованих теплообмінників, які можна застосовувати в різних галузях промисловості.

Після аналізу обираємо альтернативу диференціації, що передбачає надання товару важливих з точки зору споживача відмітних властивостей, які роблять товар відмінним від товарів конкурентів.

8.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першочергово передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів (таблиця 8.14).

Таблиця 8.14 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
Приватні компанії хімічної та нафтопереробної промисловості	80%	70%	Конкуренція відносна. Попит залежить від розміру компанії та фінансового стану	Спілкування на пряму з представниками підприємства дає більшу імовірність заробити прихильність у клієнта
Державний сектор різних галузей промисловості	60%	45%	Достатня конкуренція, оскільки більшість конкурентів працюють на державному рівні	Є певна складність, оскільки компанія ще не має власного імені та позитивної репутації

Які цільові групи обрано: Для здобуття іміджу та репутації компанії починати треба з приватних компаній хімічної та нафтопереробної промисловості, а в подальшому розповсюджувати свою діяльність і на державному рівні.

За результатами аналізу потенційних груп споживачів (сегментів) обираємо приватні компанії хімічної та нафтопереробної промисловості і використовуємо стратегію концентрованого маркетингу.

Для роботи в обраних сегментах ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку, яка наведена в таблиці 8.15.

Таблиця 8.15 – Визначення базової стратегії розвитку

Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
Підписання довгострокових контрактів	Концентрований маркетинг	Супровід обладнання, їх технічне обслуговування, навчання персоналу	Стратегія диференціації

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (таблиця 8.16).

Таблиця 8.16 – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
Ні	Треба починати з клієнтів, не зациклених на відомому бренді, тих, хто готовий експериментувати.	Загальним для нашого товару і конкурентного є тільки основна ідея, а структура, компоненти, їх співвідношення є унікальними	Стратегія заняття конкурентної ніші

На основі вимог споживачів з обраних сегментів до постачальника (стартап-компанії) та до продукту, а також в залежності від обраної базової стратегії розвитку (таблиця 8.15) та стратегії конкурентної поведінки розробляється стратегія позиціонування (таблиця 8.16), що полягає у формуванні ринкової позиції (комплексу асоціацій), за яким споживачі мають ідентифікувати торгівельну марку/проект.

Таблиця 8.17 – Визначення стратегії позиціонування

Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1. Аргументована ціна. 2. Супроводження товару 3. Необхідна якість	Стратегія диференціації	1. Продукція вищої якості за конкурентну 2. Можливість економити на ресурсах 3. Програми лояльності за тривалі контракти 4. Супровід товару	1. Висока якість та надійність. 2. Тривалі контракти. 3. Програми лояльності.

8.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Першим кроком є формування маркетингової концепції товару, який отримає споживач. Для цього у таблиці 8.18 підсумовуємо результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 8.18 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	2	3

Продовження таблиці 8.18

1	2	3
Висока актуальність теплообмінного обладнання у різних галузях	Збільшення чистого прибутку. Покращення якості продукту	- Високий інтелектуальний потенціал компанії - Інноваційність технології - Високий рівень енергозбереження та ресурсозбереження - Адаптованість продукту суміжні ринки - Підвищення продуктивності процесу та якості товару
Зменшення виходу бракованого матеріалу	Збільшення продуктивності	Інноваційна конструкція теплообмінника
Зниження енергозатрат на виробництво	Зменшення ціни продукту	Інноваційна конструкція

Надалі розробляється трирівнева маркетингова модель товару: уточнюється ідея продукту та/або послуги, його фізичні складові, особливості процесу його надання (таблиця 8.19).

До основних техніко-економічних характеристик товару відносяться:

- Економічні – вартість обслуговування, експлуатації, утилізації, витратних матеріалів, ремонту, знижки;
- Призначення (технічні) – показники, що визначають головний напрямок використання товару та можливу сферу його застосування: класифікаційні показники, складу і структури, технічної досконалості;
- Надійності – здатність товару безвідмовно функціонувати: безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність;
- Технологічні – можливість оптимізації витрат матеріалів, праці, коштів, часу під час технологічної підготовки виробництва, виготовлення та використання товару;

- Ергономічні – показники ступеню адаптованості технічних та конструктивних рішень виробу до біологічних властивостей людини та середовища використання товару: гігієнічні, антропометричні, фізіологічні та психологічні;
- Органолептичні – визначають властивості товару, які людина може визначити за допомогою своїх органів чуття;
- Естетичні – оцінюють зовнішній вигляд товару;
- Транспортабельності – визначають пристосованість продукції до транспортування, підготовчих, початкових і кінцевих операцій перевезення;
- Екологічності – характеризують рівень негативного впливу на довкілля;
- Безпеки – безпечності та нешкідливості споживання товару.

Формуємо три рівні товару: товар за задумом, товар у реальному виконанні та товар із підкріпленням. Далі розглядаємо техніко-економічні характеристики кожного рівню товару, отримані дані вносимо до таблиці 8.19.

Таблиця 8.19 – Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	зменшення витрат енергетичних, матеріальних та людських ресурсів на виробництво модернізована будова теплообмінника зокрема його труб;		
	Вирішення проблем пов'язаних з виробництвом (випуск бракованої продукції, низька надійність обладнання тощо).		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	Теплообмінне обладнання, особливістю яких є використання модернізованих теплообмінних труб.	+ / +	- / + / + / - / -
	1. Надійність		
	2. Енерго- та ресурсозбереження		
	3. Доступна ціна		
4. Інноваційність технології			
Якість: стандарти, нормативи, параметри тестування міжнародні та вітчизняні стандарти ДСТУ, ISO, DIN та інші.			
Пакування – відсутнє			
Марка: назва організації-розробника + назва товару			

Продовження таблиці 8.19

III. Товар із підкріпленням	До продажу : <ul style="list-style-type: none"> • програми лояльності при підписанні довготривалого контракту; • різні способи доставки; • різні способи оплати; • демонстрації та моделювання роботи
	Після продажу: <ul style="list-style-type: none"> • встановлення; • обслуговування; • супровід; • навчання персоналу; • гарантія повернення грошей і обміну товару.
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: буде розроблено патент на винахід, на кожному апараті буде фірмовий штамп.	

Після формування маркетингової моделі товару слід особливо відмітити – чим саме проект буде захищено від плагіату. Захист може бути організовано за рахунок захисту ідеї товару (захист інтелектуальної власності), або ноу-хау, чи комплексне поєднання властивостей і характеристик, закладене на другому та третьому рівнях товару.

Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар (остаточне визначення ціни відбувається під час фінансово-економічного аналізу проекту), яке передбачає аналіз ціни на товари-аналоги або товари субститути, а також аналіз рівня доходів цільової групи споживачів (таблиця 8.20). Аналіз проводиться експертним методом.

Таблиця 8.20– Визначення меж встановлення ціни

Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни
10000-140000 грн.	90000-150000 грн – ціни невисокі	Підприємства великі, середні та малі(цехи)	2000-5000 грн/1 консультація, в онлайні безкоштовно.
1	2	3	4

Продовження таблиці 8.20

1	2	3	4
Сама модернізація робиться коштом підприємства (клієнта) оплата йде тільки за обсяги роботи. 120 грн / година роботи	Розробка нового обладнання 200 грн/1 год	Дивлячись від розміру підприємства (клієнта) та обсягів виконання: 4000 -8000 грн/1 год (для всього колективу)	800 грн/1 год (для всього колективу)

Наступним кроком є визначення оптимальної системи збуту, в межах якого приймається рішення (таблиця 8.21):

- проводити збут власними силами або залучати сторонніх посередників (власна або залучена система збуту);
- вибір та обґрунтування оптимальної глибини каналу збуту;
- вибір та обґрунтування виду посередників.

Таблиця 8.21 – Формування системи збуту

Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Ф-ції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
Клієнти хочуть на власні очі бачити обладнання та його тестування перед закупівлею, потребують доставки, встановлення, консультацій, супроводу	Гарантія Тестування Доставка Ремонт Допомога введення у експлуатацію Допомога при запуску	Нульовий рівень. Наша компанія сама встановлює і проектує обладнання. До споживача доходить продукція з усіма необхідними компонентами.	Власна система збуту через інтернет і домовленість про подальшу співпрацю
1	2	3	4

Продовження таблиці 8.21

1	2	3	4
Консультавання при виникненні питань та пропозицій	Виконання роботи та складання	Однорівневий	Через інтернет по телефону, відеоконференціях та на місці

Система збуту товарів - ключова ланка комерційної діяльності й свого роду фінішний комплекс у всій діяльності фірми по створенню, виробництву й доведенню товару до споживача. Власне, саме тут споживач або визнає, або не визнає всі зусилля підприємства корисними і потрібними для себе і, відповідно, купує або не купує її продукцію і послуги.

Останньою складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів (таблиця 8.22).

Таблиця 8.22 – Концепція маркетингових комунікацій

Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
Розв'язок проблем в діяльності	Інтернет та соціальні мережі	Запевнення в швидкості та якості, створення партнерськ-их стосунків з клієнтом.	Запевнити в швидкому розв'язку та відповідей на всі питання, що турбують.	«Довговічність і надійність» Швидкість розв'язку проблем
Пошук варіантів розвитку клієнта (покращення параметрів, зменшення затрат тощо).	Інтернет та соціальні мережі, реклама	Надання всієї інформації про Нас, надання гарантій та картки клієнта з подальшим сервісом.	Показати перелік наших послуг та надати інформацію для звернення.	«Все краще для вас »
1	2	3	4	5

Продовження таблиці 8.22

1	2	3	4	5
Бажання здійснити вигідну покупку, що буде актуальною тривалий час.	Інтернет та соціальні мережі, відеочати, реклама виставки та друкована продукція	Надання всієї інформації та гарантія на покупку.	Показати перелік наших послуг та надати інформацію для звернення.	«Краще не знайдете»

Результатом останнього пункту має стати ринкова (маркетингова) програма, що включає в себе концепції товару, збуту, просування та попередній аналіз можливостей ціноутворення, спирається на цінності та потреби потенційних клієнтів, конкурентні переваги ідеї, стан та динаміку ринкового середовища, в межах якого буде впроваджено проект, та відповідну обрану альтернативу ринкової поведінки.

8.6. Висновки

В процесі розробки стартап проекту було розроблено висновки, що можлива ринкова комерціалізація проекту. На користь цього свідчить наявність попиту, що виражена потребою.

У проведеному аналізі було визначено стратегії збуту послуг, та вплив основних факторів на попит послуг, які надаються нашим проектом. Та згідно отриманих даних у нашого проекту є:

- можливість ринкової комерціалізації проекту, оскільки надані послуги наявний попит, динаміка ринку, рентабельність роботи на ринку;
- перспективи впровадження для потенційних груп клієнтів, таких як малі, середні підприємства, що займаються виготовленням теплообмінників та суміжні підприємства, для ринкової реалізації проекту альтернативною впровадження доцільно обрати створення наукових семінарів та брати участь на виставках в даній сфері.

Висновок

У магістерській дисертації за освітньо-професійною програмою магістерської підготовки на тему ” Модернізація блоку вилучення фенолу із стічних вод установки очистки димових газів з розробкою скрубера та теплообмінника ” було модернізовано установку обезфенолення води. Модернізація полягає в установці параболічних виступів на внутрішній поверхні труб, що покращує інтенсивність процесу теплопередачі та підвищує енергоефективність проведення процесу.

Описано технологічну схему, проведено вибір типів апаратів, описано їх конструкцію, виконано порівняння з аналогами та патентну проробку. Виконано параметричний розрахунки, та розрахунки основних вузлів і елементів на міцність.

Виконано параметричний багатоваріантний розрахунок теплообмінника та обрано конструкцію, що забезпечує найбільшу продуктивність при найменших капітальних та експлуатаційних витратах, та розрахунки на міцність. Виконано параметричний розрахунок скрубера.

Перевірили конструкції теплообмінника та скрубера, що відповідають вимогам безпеки праці та промислової санітарії.

Розроблено стартап-проект запропонованої модернізації.

Розроблено систему автоматичного регулювання параметрів установки обезфенолення води, що дозволяє покращити якість продукції та підвищити безпеку експлуатації установки.

Розроблено технологічний процес виготовлення опорного листа під опору теплообмінника, спроектовано пристрій для свердління отворів.

Виконано 8 креслень та два плакати формату А1.

За результатами дисертаційної роботи отримано 1 деклараційний патент України на корисну модель, результати опрелюднено на 3 міжнародних конференціях, та опубліковано статтю у фаховому журналі.

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		144

Выводи

В магистерской диссертации по образовательно-профессиональной программе магистерской подготовки на тему " Модернизация блока извлечения фенола из сточных вод установки очистки дымовых газов с разработкой скруббера и теплообменника" было модернизировано установку обезфеноливания воды. Модернизация заключается в установке параболических выступлений на внутренней поверхности труб, улучшает интенсивность процесса теплопередачи и повышает энергоэффективность проведения процесса.

Сделано описание технологической схемы, проведен выбор типов аппаратов, описаны их конструкции, выполнено сравнение с аналогами и патентную проработку. Выполнено параметрические расчеты, и расчеты основных узлов и элементов на прочность.

Выполнено параметрический многовариантный расчет теплообменника и избрано конструкцию, обеспечивающую большую продуктивность при наименьших капитальной и эксплуатационных затратах и расчеты на прочность. Проверили конструкции теплообменника и скруббера, отвечающих требованиям безопасности труда и промышленной санитарии.

Разработан стартап-проект внедрения предложенной модернизации.

Разработана система автоматического регулирования параметров установки обезфеноливания воды, что позволяет улучшить качество продукции и повысить безопасность эксплуатации установки.

Разработан технологический процесс изготовления опорного листа опоры теплообменника, спроектировано устройство для сверления отверстий.

Выполнено 8 чертежей и два плаката формата А1.

По результатам диссертационной работы получено 1 декларационный патент Украины на полезную модель, результаты опрелюднено на трех международных конференциях студентов и опубликована статья в фаховому журнале.

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						145
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

Conclusion

In the master's thesis for the educational-professional program of master's degree on the topic "Modernization of waste waters dephenolizing block of flue gases cleaning unit with the development of scrubber and heat exchanger", establishing of waste waters dephenolizing was modernized. The modernization consists in the of installation of parabolic protrusions on the inner surface of the pipes, which improves the intensity of the heat transfer process and increases the energy efficiency of the process.

It was described technological scheme, it was conducted the selection of types of devices, it was described their designs, it was made the comparisons with counterparts and patent development. Parametric calculations, calculations of main units and strength elements are performed.

It was made the parametric multidirectional calculation of the heat exchanger and the selected design, which ensures the highest performance at the lowest capital and operating costs. The parametric calculation of the scrubber and calculations of the main units and elements of strength are performed.

It was checked designs of the scrubbe and heat exchanger that meet the requirements of safety and industrial sanitation.

A startup project for introducing the proposed upgrade is being developed.

The system of automatic control of the parameters of the waste waters dephenolizing has been developed.

A technological process for the production of a sheet under the pillar of the heat exchanger is developed, a device for boring holes is designed.

8 drawings and two posters of A1 format are executed.

The results of the thesis received 1 Ukraine declarative patent for utility model was received, the results are described at three international conferences of students and an article in a professional journal was published.

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						146
Змн.	Адк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

Перелік посилань

1. Кузнецов А.А., Кагерманов С.М., Судаков Е.Н. Расчеты процессов и аппаратов нефтеперерабатывающей промышленности. Изд. 2-е, пер. И доп. Л., «Химия», 1974.

2. Иоффе И. Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии. – Л.: Химия, 1991. – 352 с

3. ГОСТ 380-2005

4. ГОСТ 380-94

5. ГОСТ 5520-79

6. Кожухотрубний теплообмінник / Мікульонок І.О., Андреев І.А., Орел О.Ю., (Ua); НТУУ”КПІ”; Заявка № 201705788, 12.06.2017; Опубл. 26.12.2017. № 121952/ЗУ/13

7. Вертикальний кожухотрубний теплообмінник / Осадчий В.О.,(Ua); Заявка № 201605123, 11.05.2016; Опубл. 24.04.2017. №115492/ЗУ/13

8. Секційний кожухотрубний теплообмінник/ Мікульонок І.О., (UA), НТУУ «КПІ», Заявка № 201701220, 10.02.2017, Опубл. 26.06.2017, № 117557/ЗУ/13

9. Structurally integral heat exchanger within a plastic housing / Halton Hills, Third Line(CA); №132761A1, Publicate date 10.08.2017

10. A heat exchanger plate for a plate heat exchanger, and a plate heat exchanger / P.O. Box(SE); №144230A1, Publicate data 31.08.2017.

11. Inline scrubber with dual water system / J.G. Gannefors(NO); №0149054A1, Publicate data 31.05.2018

12. Multi-level gas scrubber with multiple flooder scrubber heads / San Jose(US); №0169577A1, Publicate data 21.06.2018

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						147
Змн.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Лат		

13. Знефенолюющий Скрубер / Грабко В.В., Ярмашик Д.П., Казак Л.Ю., (Ua); Державне підприємство «Державний інститут по проектуванню підприємств коксохімічної промисловості»; Заявка № 201607210, 17.07.2016; Опубл. 25.07.2017. № 112143С2

14. Скруббер Вентури / Новиков А.Е., Гребеньков Д.А., (RU), Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «ВолгГТУ», Заявка № RU2017100083U, 09.01.2017, Публ. 17.05.2017, №171024U1

15. Скрубер / Плохотнюк Є.І., Сосненко А.Є., (Ua); Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет»; Заявка № 201601406, 19.02.2016; Опубл. 10.02.2017. № 111039С2

16. Павлов К. Ф., Романков П. Г., Носков А. А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Учебное пособие для вузов. – Л.: Химия, 1987. – 576с.

17. Андреев І.А. Конструювання і розрахунок типового устаткування хімічних виробництв. Основні положення. Елементи тонкостінних посудин, навантажених внутрішнім тиском: навч. посіб./ - К. НТУУ «КПІ», 2011- 272с.- 300пр.

18. Андреев І.А. Конструювання та розрахунок опор колонних апаратів: Навч. посібник / І.А.Андреев. – К.: ІЗМН, 1997. – 80 с.

19. В.Г. Доброногов, І.О. Мікульонок . «Конструювання та розрахунок фланцевого з'єднання»: Навч. посібник/. – К.НМК ВО, 1992 – 104 с.

20. Зубрий О.Г. Алгоритм расчета колонных аппаратов. Методические указания к применению ЭВМ по курсу «Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств» для студентов всех форм обучения / В.Т.Миргородский, О.Г.Зубрий, В.Л.Кочеров. – Киев: КПИ, 1986. – 36с.

21. Лацинский А. А., Толчинский А. Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры / Лацинский А. А. – Л.: Машиностроение, 1970. – 752 с.

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						148
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Лат		

22. Методические указания к выполнению раздела “Охрана труда и окружающей среды” в дипломном проектировании для студентов химико–машиностроительных специальностей. Составители: И. А. Фоменко, И.Н. Ковтун, Киев: КПИ, 1990. – 24 с.

23. Кодекс законів про працю України (КЗпПУ), редакція кодексу від 25.07.2018.

24. Методические указания к дипломному проектированию по курсу «Проектирование, монтаж и эксплуатация систем автоматики». Под редакцией: Ю.А. Остапенко, Киев: «КПИ», 1980.

25. Розроблення стартап-проекту : Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. –Київ: НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.

26. Форсайт економіки України: середньостроковий (2015–2020 роки) і довгостроковий (2020–2030 роки) часові горизонти / наук. керівник проекту акад. НАН України М. З. Згуровський // Міжнародна рада з науки (ICSU); Комітет із системного аналізу при Президії НАН України; Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»; Інститут прикладного системного аналізу НАН України і МОН України; Світовий центр даних з геоінформатики та сталого розвитку. — Київ : НТУУ «КПІ», 2015. — 136 с. ISBN 978-966-622-716-7.

27. Yudina N.V. Methods of the Startup-Project Developing Based on ‘the Four-Dimensional Thinking’ in Information Society // Marketing and Management of innovations. – 3’2017. – P.245-256.-DOI:10.21272/mmi.2017.3-23 Access mode : <http://mmi.fem.sumdu.edu.ua/journals/2017/3/245-256>.

28. Юдіна Н. В. Визначення циклічних залежностей в економіці України на основі аналізу окремих макроекономічних показників. Економічний Вісник НТУУ «КПІ». №13(2016). <http://ev.fmm.kpi.ua/article/view/80084/75643>.

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						149
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

29. Юдина Н. В. Антикризисные маркетинговые инструменты инновационного развития предприятий / Н.В. Юдина // Маркетинг и финансы. – 2014. – Т. 1. – С. 60– 72.

30. Юдіна Н.В. Управління майбутнім на основі концепції інноваційного розвитку // Антикризисное управління економікою України: нові виклики. Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, КНЕУ ім. В.Гетьмана, 15-17 грудня 2015 року). – 2015. - С. 124-127. – Режим доступа : http://futurollog.com.ua/blog_konferencia_kneu_2015_12_15.phtml.

31. Юдіна Н.В. Управління майбутнім на основі концепції інноваційного розвитку // Антикризисное управління економікою України: нові виклики. Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, КНЕУ ім. В.Гетьмана, 15-17 грудня 2015 року). – 2015. - С. 124-127. – Режим доступа : http://futurollog.com.ua/blog_konferencia_kneu_2015_12_15.phtml.

32. Юдіна Н. В. «Дорожня карта» підприємства у контексті футурології техногенної економіки. Традиції і інновації. [Електронний ресурс] / Н. В. Юдіна // Інновації та фундаментальні науки в умовах техногенної економіки : зб. матеріалів міждисциплінар. наук.-практ. конф., Київ, 25 листоп. 2016 р. / [уклад. Л. І. Юдіна]. – К., 2016. – Режим доступу : <http://futurollog.com.ua/publish/2/Zbirnyk.pdf#page=6>.

33. Юдіна Н.В. Міждисциплінарні платформи стартап-проектів [Електронний ресурс] // Міждисциплінарні дискусії : Матеріали науково-теоретичного семінару «Міждисциплінарні дослідження: теоретико-методологічні виміри», 5 грудня 2017 р. – Київ, Київський національний університет імені Тараса Шевченка Інститут міжнародних відносин Навчально-науковий центр «Синтез». – 2017. – С. 20-24. - Режим доступа [http://mail.iir.edu.ua/uploads/files/tezi%20seminar%20synthesis%205%2012%202017%20final%20\(1\).pdf](http://mail.iir.edu.ua/uploads/files/tezi%20seminar%20synthesis%205%2012%202017%20final%20(1).pdf).

						ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк. 150
Змн.	Арк.	№ док.	Піліпис	Лат			

Додаток А

Технологія виготовлення опорного листа під опору теплообмінника

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						151
Змн.	Арк.	№ докв.	Підпис	Лат		

А.1 Технологія виготовлення опорного листа під опору теплообмінника

Аналіз службового призначення деталі і умов її роботи у вузлі машини

Метою розділу проекту є розробка технологічного процесу виготовлення деталі – опорний лист і проектування оснастки (пристрою) для одної з операцій виготовлення деталі, а саме для свердління.

Установка хімічних апаратів на фундаменти або на спеціальні конструкції здійснюється за рахунок опор. Опорний лист є проміжною частиною між опорою та фундаментом. Лист має отвори для болтів, які надійно закріплюють опору на фундаменти. Деталь є відповідальною і напруженою. Дефекти листа як внутрішні так і зовнішні не допускаються.

Вирізання деталі плазмотроном ПВР- 402М

Плазмотрон ПВР-402М зображений на рисунку 1, призначений для механізованого повітряно-плазмового різання чорних металів і нержавіючої сталі товщиною до 100 мм, алюмінію і його сплавів товщиною до 100 мм, міді і її сплавів товщиною до 80 мм.

ПВР-402М



Рисунок 1- Плазмотрон ПВР-402М

Плазматрон ПВР-402 застосовується в установках повітряно-плазмового різання металів типу, УПР-4010, УПР4011, УПР-4011-1 і може бути використаний в комплекті з апаратами повітряно-плазмового різання металів [АПР-403, АПР-404, АПР-404М , КИЇВ-4М]. Витратні матеріали до цього плазмотрону:

сопло СП-03 для повітряно-плазмового різання;

					ЛН71мп.066635.001ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Шиховцев Є.Р.			Технологія виготовлення опорного листа під опору теплообмінника	Лит.	Лист	Листов
Пров.		Двойнос Я.Г.					1/153	15
Реценз.						КПІ ім. І.Сікорського, ІХФ, МАХНВ		
Н. контр.								
Утв.								

катод електрод ЕП-03 для повітряно-плазмового різання.

ПВР-402М плазмотрон може бути встановлений на будь-якому механізмі, що забезпечує рівномірне переміщення, наприклад, на машинах для термічного різання металів за ГОСТ 5614. Плазматрон можна використовувати для зняття фасок під кутом 45 °.

Технічні характеристики плазмотрона ПВР-402 наведені в таблиці А. 1.

Таблиця А. 1.

№	Параметри	Норма
1	Рід току	постійний
2	номінальний струм при ПВ = 100%, А	400
3	максимальний струм, А	500
4	плазмоутворюючий газ повітря	повітря
5	тиск плазмоутворюючого газу на вході в плазмотрон, кгс / кв.см	2,5-6,0
6	витрата плазмоутворюючого газу, куб. м / год	4,0-10,0
7	охолодження плазмотрона	примусове
8	охолоджуюча рідина	вода
9	тиску охолоджувальної рідини на вході в плазмотрон, кгс / кв. см	1,5-3,0
10	витрата охолоджуючої рідини, л / хв не менше	5,0
11	діаметр каналу сопла для номінального струму, мм	4,0
12	маса плазмотрона без кабель-шлангового пакету, кг, не більше	1,5
13	Швидкість різання, товщина 1 мм, см/сек	8,5

Технологічний аналіз виготовлення деталі

Матеріал деталі – низьколегована сталь (09Г2С ГОСТ 5520-79) призначена для деталей зварних апаратів, що працюють в діапазоні температур 40...+450°С. має достатню пластичність для обробки тиском. Заготовка за формою та розмірами близька до форми та розмірів готової деталі, а це є ознакою технологічності.

Низьколеговану сталь доцільно використовувати для виготовлення листа опори, тому що цей матеріал використовується також для виготовлення обичайки та деталей апарата. Це дає змогу використати менше різноманітних матеріалів для виготовлення апарата та допоміжних конструкцій, що є доцільним в економічному плані.

Матеріал деталі добре піддається різанню з використанням стандартних ріжучих матеріалів.

Підвищена твердість матеріалу, також погіршує технологічність, і механічну обробку деталі слід проводити на знижених режимах. Але задана твердість задумана конструкційно для підвищення міцності деталі при роботі в умовах статичного навантаження. Тому твердість змінам не підлягає.

Конструкція листа забезпечує вільний доступ різального та вимірювального інструменту до оброблюваних поверхонь.

В іншому деталь складається з уніфікованих конструкційних елементів оптимального ступеню точності та шорсткості поверхні, що дозволяє використовувати високопродуктивне обладнання та стандартну оснастку при добрих технологічних базах, що забезпечують задану точність виготовлення опорного листа.

Усі технологічні вимоги встановлені в залежності від службового призначення виробу та визначається ступенем точності деталі.

В цілому деталь технологічна.

Вибір та обґрунтування виду заготовки

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						155
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

Одним з основних напрямків у машинобудуванні є вибір форм заготовок, що дають найменші технологічні відходи. Безупинне підвищення точності заготовок і наближення їхніх форм до форм готових деталей різко скорочує галузь застосування різних методів обробки різанням і скорочує відходи металу в стружку.

Відповідно до вимог креслення і в результаті аналізу конструкції листа опори, можна зробити висновок, що найбільш доцільно в даному випадку використати заготовку вирізану ножицями з листового прокату. Метод є універсальним з точки зору використання різних матеріалів, а також по відношенню до маси і габаритів заготовки. Спосіб дозволяє отримати заготовки підвищеної якості різної форми та габаритів з мінімальним об'ємом механічної обробки.

Враховуючи тип виробництва, вимоги до якості опорного листа, а також найменшу вартість, доцільно обрати для отримання заготовки спосіб відрізання плазматроном від листового прокату. Згідно з [10] даний спосіб забезпечує отримання деталей I класу точності.

Ескіз заготовки опорного листа наведено на рисунку 2.

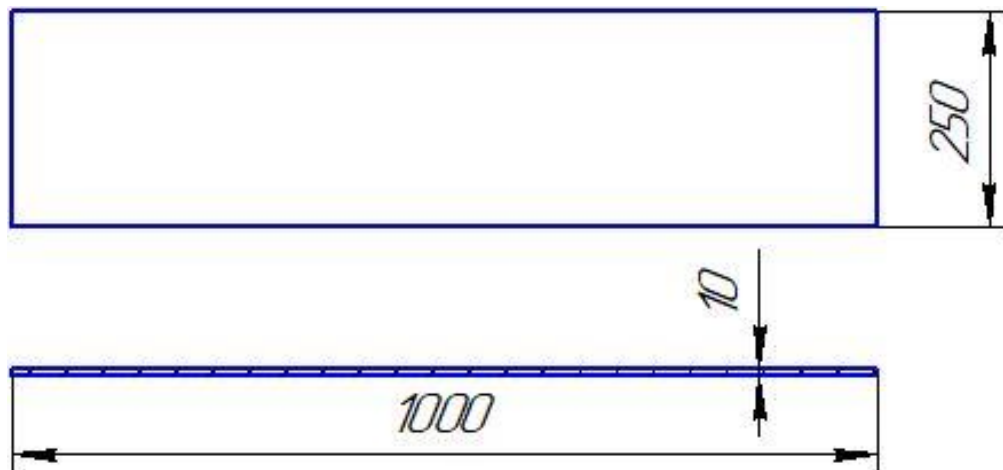


Рисунок 2 – Ескіз заготовки опорного листа

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		156

А.2 Розробка технологічного процесу виготовлення деталі

Розрахунок швидкості вирізання деталі

Швидкість різання заготовки товщиною 1мм плазматрону ПВР-402М становить $V_n = 8.5$ см/сек, тому знаючи периметр заготовки $P=2500$ можемо визначити швидкість різання листа товщиною 10мм:

$$V_{\text{різ}} = P \cdot V_n = 2500 \cdot 0.85 = 2125$$

Висновок: визначено, що плазматрон ПВР-402М підходить для вирізання нашої заготовки.

Розрахунок припусків аналітичним методом на обробку отвору $\varnothing 30$ мм

Двохсторонній мінімальний припуск на обробку в загальному випадку:

$$2z_{i\text{min}} = 2 \left[(R_z + h)_{i-1} + \sqrt{\Delta_{\Sigma_{i-1}}^2 + \varepsilon_i^2} \right],$$

де $R_{z_{i-1}}$ – висота нерівностей профілю на попередньому переході;

h_{i-1} – глибина дефектного поверхневого шару на попередньому переході;

$\Delta_{\Sigma_{i-1}}$ – сумарні відхилення розміщення поверхні на переході;

ε_i – похибка встановлення заготовки на виконуваному переході.

Мінімальний припуск для чорнового свердління отвору складає:

$$2z_{2\text{min}} = 2 \left[(R_z + h)_1 + \sqrt{\Delta_1^2 + \varepsilon_2^2} \right] = 2(300 + \sqrt{1000^2 + 84^2}) = 2607 \text{ мкм.}$$

Сумарне відхилення для заготовки:

$$\Delta_1 = \sqrt{\Delta_{\text{кор}}^2 + \Delta_{\text{екс}}^2 + \Delta_{\text{П}}^2} = \sqrt{15,8^2 + 1000^2 + 7^2} = 1000 \text{ мкм.}$$

де $\Delta_{\text{кор}}$ – короблення поверхні отвору заготовки;

$\Delta_{\text{екс}} = 1000$ мкм – відхилення від концентричності отвору;

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						157
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

Δ_{Π} – відхилення від перпендикулярності.

$$\Delta_{кор} = \sqrt{(\Delta_K \cdot e)^2 + (\Delta_K \cdot D)^2} = \Delta_K \cdot \sqrt{l^2 + D^2} = 0,5 \cdot \sqrt{10^2 + 30^2} = 15,8 \text{ мкм},$$

де $l = 10$ мм – довжина отвору згідно з кресленням;

$D = 30$ мм – діаметр отвору згідно з кресленням;

$\Delta_K = 0,5 \frac{\text{мкм}}{\text{мм}}$ – питома кривизна.

Відхилення від перпендикулярності визначається за формулою:

$$\Delta_{\Pi} = \Delta_H \cdot l = 0,7 \cdot 10 = 7 \text{ мкм},$$

де $\Delta_H = 0,7 \frac{\text{мкм}}{\text{мм}}$ – питоме відхилення.

Мінімальний припуск на чистове фрезерування:

$$2Z_{3\min} = 2 \left[(R_z + h)_2 + \sqrt{\Delta_2^2 + \varepsilon_3^2} \right] = 2 \cdot (50 + 70 + \sqrt{60^2}) = 360 \text{ мкм},$$

Відхилення після чорнового свердління:

$$\Delta_2 = K_y \cdot \Delta_1 = 0,06 \cdot 1000 = 60 \text{ мкм},$$

де $K_y = 0,06$ – поправочний коефіцієнт згідно з [1].

Висота нерівностей профілю після чорнового свердління приймається згідно з [1] і дорівнює: $R_{z_2} = 50$ мкм.

Найбільший граничний розмір після чистової обробки:

$$D_{3\max} = D_{ном} + ES = 30 + 0,085 = 30,085 \text{ мм}.$$

Найбільший граничний розмір після чорнової обробки:

$$D_{2\max} = D_{3\max} - 2Z_{3\min} = 30,085 - 0,360 = 29,725 \text{ мкм}.$$

Найбільш граничний розмір заготовки:

$$D_{1\max} = D_{2\max} - 2Z_{2\min} = 29,725 - 2,607 = 27,118 \text{ мкм}.$$

Допуски на розмір отвору по мірі його механічної обробки [1]:

- для заготовки (І клас точності) $T_{D_1} = 2100 \text{ мкм} = 2,1 \text{ мм}$;

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		158

- після чорнової обробки (14 квалітет) $T_{D_2} = 520 \text{ мкм} = 0,52 \text{ мм}$;

- після чистової обробки (4 квалітет) $T_{D_3} = 315 \text{ мкм} = 0,315 \text{ мм}$;

Найменший граничний розмір після чистової обробки:

$$D_{3\min} = D_{3\max} - T_{D_3} = 30,085 - 0,315 = 29,77 \text{ мм.}$$

Найменший граничний розмір після чорнової обробки:

$$D_{2\min} = D_{2\max} - T_{D_2} = 29,725 - 0,52 = 29,205 \text{ мм.}$$

Найменший граничний розмір заготовки:

$$D_{1\min} = D_{1\max} - T_{D_1} = 27,118 - 2,1 = 25,018 \text{ мм.}$$

Максимальний припуск на чорнову обробку:

$$2z_{2\max} = D_{2\min} - D_{1\min} = 29,205 - 25,018 = 4,187 \text{ мм} = 4187 \text{ мкм.}$$

Мінімальний припуск на чорнову обробку:

$$2z_{2\min} = D_{2\max} - D_{1\max} = 29,725 - 27,118 = 2,607 \text{ мм} = 2607 \text{ мкм.}$$

Максимальний припуск на чистову обробку:

$$2z_{3\max} = D_{3\min} - D_{2\min} = 29,77 - 29,205 = 0,565 \text{ мм} = 565 \text{ мкм.}$$

Мінімальний припуск на чистову обробку:

$$2z_{3\min} = D_{3\max} - D_{2\max} = 30,085 - 29,725 = 0,36 \text{ мм} = 360 \text{ мкм.}$$

Загальний найменший припуск:

$$2z_{\min(\text{загал})} = 2z_{2\min} + 2z_{3\min} = 2607 + 360 = 2967 \text{ мкм.}$$

Загальний найбільший припуск:

$$2z_{\max(\text{загал})} = 2z_{2\max} + 2z_{3\max} = 4187 + 565 = 4752 \text{ мкм.}$$

Перевірка правильності розрахунку припусків на обробку отвору:

$$2z_{\max(\text{загал})} - 2z_{\min(\text{загал})} = T_{D_1} - T_{D_3};$$

$$4752 - 2967 = 2100 - 315;$$

$$1785 = 1785.$$

$$2z_{2\max} - 2z_{2\min} = T_{D_1} - T_{D_2};$$

$$4187 - 2607 = 2100 - 520;$$

$$1580 = 1580.$$

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						159
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

$$2z_{3\max} - 2z_{3\min} = T_{D_2} - T_{D_3};$$

$$565 - 360 = 520 - 315;$$

$$205 = 205.$$

На основі вищенаведеної перевірки робимо висновок, що розрахунки припусків виконані правильно.

Результати розрахунку припусків на обробку отвору $\varnothing 30$ мм зведені до таблиці А.2.

Таблиця А.2– Результати розрахунку припусків на розточування отвору

Технологічні переходи обробки поверхні	Елементи припуску				Допуск T_i , мкм	Граничні розміри		Граничні значення припусків	
	$Rz_{(i-1)}$, мкм	$h_{(i-1)}$, мкм	$\Delta\Sigma_{(i-1)}$, мкм	$\varepsilon_{(i)}$, мкм		$D_{\min(i)}$, мм	$D_{\max(i)}$, мм	$2z_{\min(i)}$, мкм	$2z_{\max(i)}$, мкм
Заготовка (відрізання плазматроном листа, I клас точності)		300	1000	–	2100	19,018	21,118	–	–
Чорнове свердління (14 квалітет)	50	70	60	84	520	23,205	23,725	2607	4187
Чистове фрезерування (4 квалітет)	32	30	0	0	315	23,77	24,085	360	565
Загальний припуск	–	–	–	–	–	–	–	2967	4752

А.3 Розрахунок режимів різання

Розрахунок режимів різання при свердлінні отворів $\varnothing 30$ мм

Оброблюваний матеріал – низьколегована сталь 09Г2С (НВ175). Обладнання – фрезерувальний станок 6М12П, інструмент – свердло спіральне діаметром 30 мм

з швидкоріжучої сталі Р6М5 (ГОСТ 4010–77); форма заточення свердла – нормальна.

Глибина різання [2]:

$$t = 0,5 \cdot D = 0,5 \cdot 30 = 15 \text{ мм},$$

де $D = 30$ мм – діаметр свердла.

Подача [2]:

$$S = S_p \cdot K_{os} \cdot K_{ls} = 0,62 \cdot 0,9 = 0,56 \frac{\text{мм}}{\text{об}},$$

де $S_p = 0,62 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$ – рекомендоване табличне значення подачі;

$K_{ls} = 0,9$ – поправочний коефіцієнт на глибину отвору.

Приймаємо наявну на верстаті подачу $S = 0,56 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$.

Коефіцієнт на оброблюваний матеріал :

$$K_{mv} = K_{\Gamma} \left(\frac{750}{\sigma_B} \right)^{n_v} = 1 \cdot \left(\frac{750}{470} \right)^{-0,9} = 0,65,$$

де $K_{\Gamma} = 1$ – коефіцієнт, характеризуючий групу сталі по оброблюваності ;

$n_v = -0,9$ – показник степеня.

Загальний поправочний коефіцієнт на швидкість різання, який враховує фактичні умови обробки:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{iv} \cdot K_{lv} = 1 \cdot 0,65 \cdot 1 = 0,65,$$

де $K_{iv} = 1$ – коефіцієнт на інструментальний матеріал;

$K_{lv} = 1$ – коефіцієнт, що враховує глибину різання.

Період стійкості свердла призначаємо згідно. В даному випадку

$T = 50$ хв.

Швидкість різання, яка допускається стійкістю інструменту:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{60 \cdot T^m \cdot S^y} \cdot K_v = \frac{7 \cdot 30^{0,4}}{50^{0,2} \cdot 0,56^{0,7}} \cdot 0,65 = 0,767 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 46,02 \frac{\text{м}}{\text{хв}},$$

де $C_v = 7,0$ – коефіцієнт;

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						161
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

$q = 0,4$; $m = 0,20$; $y = 0,7$ – показники степені [2].

Розрахункова частота обертання шпинделя, яка допускається стійкістю свердла :

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 46,02}{3,14 \cdot 30} = 488,5 \frac{\text{об}}{\text{хв}}.$$

Приймаємо наявну на верстаті частоту $n = 480 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$.

Розрахунок режимів різання при фрезеруванні отворів

Подача [2]:

$$S_m = Sn = S_z zn = 0,10 \cdot 1 \cdot 480 = 48 \frac{\text{мм}}{\text{об}},$$

де $n = \frac{\text{об}}{\text{хв}}$ – частота обертання фрези;

$z = 1$ – число зубців фрези;

$S_z = 0,10$ мм – подача на один зуб фрези при глибині різання $t = 30$ мм.

Швидкість різання, яка допускається стійкістю інструменту:

$$v = \frac{C_v \cdot D^q}{T^m \cdot t^x \cdot S_z^y \cdot B^u \cdot z^p} \cdot K_v = \frac{46,7 \cdot 30^{0,45}}{100^{0,33} \cdot 30^{0,5} \cdot 0,10^{0,5} \cdot 10^{0,1} \cdot 1^{0,1}} \cdot 0,65 =$$
$$= 0,63 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 37,8 \frac{\text{м}}{\text{хв}},$$

де $C_v = 46,7$ – коефіцієнт;

$q = 0,45$; $m = 0,33$; $y = 0,5$; $u = 0,1$; $x = 0,5$ – показники степені;

$t = 30$ мм – глибина фрезерування;

$B = 10$ мм – ширина фрезерування.

Загальний поправочний коефіцієнт на швидкість фрезерування, який враховує фактичні умови обробки:

$$K_v = K_{mv} \cdot K_{nv} \cdot K_{iv} = 1 \cdot 1 \cdot 0,65 = 0,65,$$

де $K_{mv} = 1$ – коефіцієнт, що враховує якість оброблюваного матеріалу;

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк. 162
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

$K_{nv} = 1$ – коефіцієнт, що враховує стан поверхні заготовки ;

$K_{iv} = 0,65$ – коефіцієнт, що враховує матеріал інструмента .

Розрахункова частота обертання фрези :

$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 37,8}{3,14 \cdot 30} = 401 \frac{\text{об}}{\text{хв}}.$$

Обрано 480 об/хв..

Колова сила різання фрези:

$$P_z = \frac{10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot s_z^y \cdot B^n \cdot z}{D^q \cdot n^w} \cdot K_{mp} =$$
$$= \frac{10 \cdot 68,2 \cdot 30^{0,86} \cdot 0,10^{0,72} \cdot 10^{401} \cdot 1}{30^{0,86} \cdot 401^0} \cdot 0,62 = 80,3 \text{ Н}.$$

Крутний момент:

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{80,3 \cdot 30}{2 \cdot 100} = 12 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Ефективна потужність різання:

$$N_e = \frac{P_z \cdot v}{1020 \cdot 60} = \frac{80,3 \cdot 37,8}{102 \cdot 60} = 0,5 \text{ кВт}.$$

А.4 Розрахунок норм часу на свердління отворів діаметром 30 мм

Технологічний (основний) час на свердління:

$$T_o = \frac{L}{S} = \frac{l + l_{ep} + l_{nep}}{S \cdot n} = \frac{10 + 10 + 10}{0,56 \cdot 480} = 0,12 \text{ хв},$$

де L – розрахункова довжина обробки, тобто загальна довжина робочого ходу інструмента, яка складається з довжини оброблюваної поверхні l , довжини врізання l_{ep} і довжини перебігу l_{nep} [2].

$S = 0,56 \frac{\text{мм}}{\text{об}}$ – подача;

$n = 480 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$ – частота обертання шпинделя.

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						163
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

Допоміжний час визначається як сума часу, необхідного для здійснення оператором верстата дій, які забезпечують безпосереднє виконання основної технологічної роботи.

Таблиця А.3 – Норми допоміжного часу T_{∂}

№ п/п	Найменування дії оператора	Норма часу, хв
1	Очистити пристрій від стружки	0,09
2	Встановити та зняти заготовку	2,0
3	Закріпити та відкріпити заготовку	0,04
Всього		2,13

Оперативний час для свердління отворів в одній заготовці:

$$T_{on} = (N_1 \cdot T_o) + T_{\partial} = (4 \cdot 0,12) + 2,13 = 2,61 \text{ хв},$$

де $N_1 = 4$ – кількість отворів в одній деталі.

Час на обслуговування робочого місця складає 5 % від оперативного часу:

$$T_{обс} = 0,05 \cdot T_{on} = 0,05 \cdot 2,61 = 0,1305 \text{ хв}.$$

Норма штучного часу на свердління 4 отворів:

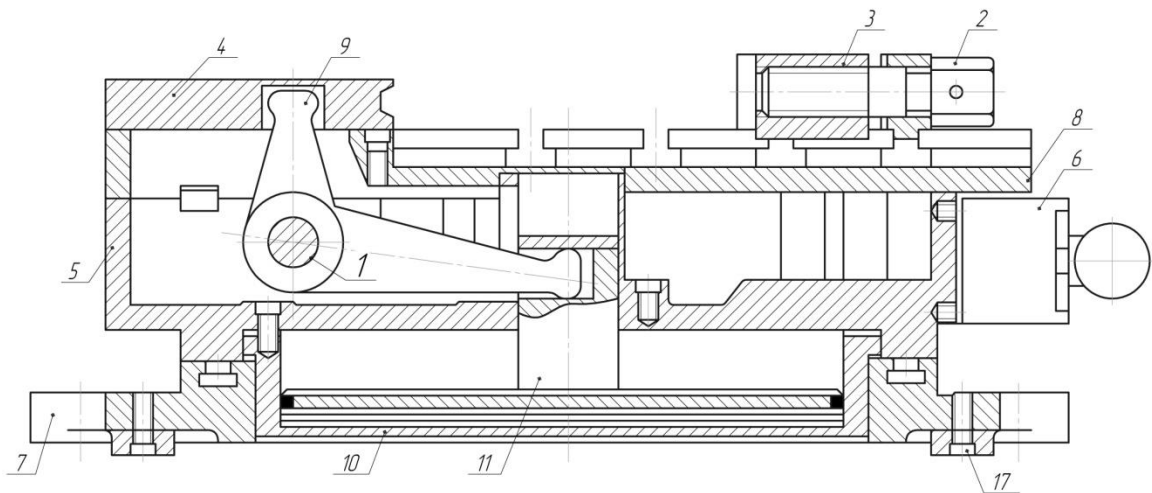
$$T_{шт} = T_{on} + T_{обс} = 2,61 + 0,1305 = 2,74 \text{ хв}.$$

А.4 Розробка пристрою

Опис конструкції та розрахунок пристрою

Поворотні тиски відносяться до приладів для фрезерних верстатів. Машинні тиски є універсальним приладом для обробки різноманітних за формою та розмірами деталей. Тиски мають постійні деталі (корпус, механізм зажиму) та змінні губки, які використовують при обробці різних деталей.

На рисунку А.3 зображено поворотні тиски з вмонтованим поршневым пневмоприводом для закріплення заготовки.



1 – вісь, 2 – гвинт, 3 – губка регульована, 4 – рухома губка,
 5 – поворотний корпус, 6 – розподільчий кран, 7 – основа,
 8 – плита, 9 – ричаг, 10 – циліндр, 11 – шток

Рисунок А.3 – Поворотні тиски з вмонтованим поршневим пневмоприводом

У центральний отвір основи 7 тисків встановлено циліндр 10, з яким з'єднаний пустотілий поворотний корпус 5. На корпусі закріплено розподільчий кран 6 з оборотнім клапаном і штуцером. До корпусу 5 згори прикріплена сталевана, термічно оброблена плита 8 з Т-подібними пазами під головки болтів для закріплення змінних накладок. На плиті 8 закріплено регулююча губка, яка може переставлятися відповідно кроку пазів. Рухома губка 4, яка має Т-подібні пази для накладок, переміщується штоком 11 через ричаг 9, встановлений на осі 1.

Для утворення отворів $\varnothing 30$ мм використовують пальчикову фрезу яку встановлюють у поворотні тиски для обробки отворів деталі.

Сили, що діють у поворотних тисках зображено на рисунку А.4.

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк. 165
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

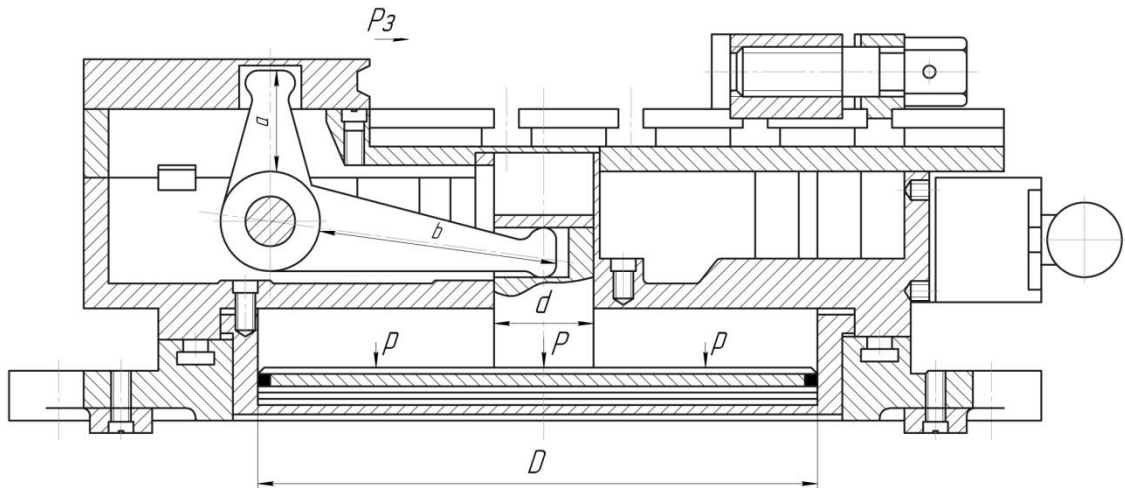


Рисунок А.4 – Схема дії сил у поворотних тисках

Визначимо зусилля притискання, що діє на деталь у тисках.

Знаходимо крутний момент фрези :

$$M_{кр} = \frac{P_z \cdot D}{2 \cdot 100} = \frac{80,3 \cdot 30}{2 \cdot 100} = 12 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Момент протидії діє протилежно крутному моменту фрези і визначається:

$$P_3 = \frac{M_{прот}}{d} = \frac{M_{кр}}{d} = \frac{12}{0,095} = 126,3 \text{ Н},$$

де $d = 0,095$ м – плече прикладеної сили P_3 .

Визначимо силу P :

$$P = P_3 \cdot \frac{a}{b} = 126,3 \cdot \frac{0,048}{0,120} = 51 \text{ Н},$$

де $a = 0,048$ м; $b = 0,120$ м – довжина короткого і довгого плеча ричага відповідно.

Знайдемо силу p :

$$p = \frac{P}{s} = \frac{51}{0,055} = 927 \frac{\text{Н}}{\text{м}^2}.$$

Знаходимо площу пневмоциліндра в якому діє сила p :

						ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк. 166
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат			

$$s = \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 0,27^2}{4} - \frac{3,14 \cdot 0,048^2}{4} = 0,055 \text{ м}^2.$$

Закріплення заготовки у поворотних тисках відбувається завдяки губкам 3 та 4. Рухома губка регулюється в залежності від габаритів деталі за допомогою гвинтового затискаючого механізму з гвинтом *Tr 16x2*.

Висновок: залежно від знайденого крутного моменту фрези $M_{кр}$, визначили зусилля притискання P_3 , що діє на деталь у тисках. Знайшли силу p , що виникає при контакті стиснутого повітря на площу порожнини пневмоциліндра та силу P , яку необхідно прикласти до ричага, щоб отримати необхідне зусилля притискання.

Перелік посилань

1. Методические указания к расчету припусков по дисциплине "Технология машиностроения" для студентов специальности 0501/ Сост. В.В. Душинский и др.- К.: КПИ, 1986. -72 с.

2. Справочник: Точность обработки, заготовки и припуски в машиностроении/ Косилова А.Г., Мерещяков Р.К., Калинин М.А. – М.: Машиностроение, 1976. - 288 с.

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						167
Змн.	Арк.	№ локум.	Пілпис	Лат		

Додаток Б

**Автоматичний контроль і керування процесом вилучення
фенолу із стічної води**

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						168
Змн.	Арк.	№ док.	Підпис	Лат		

Вступ

При сучасному темпі розвитку промисловості і прагненню до створення високопродуктивних технологічних установок, роллю автоматизації в сучасних виробництвах неможливо знехтувати. Наврядчи можна уявити хімічний чи нафтопереробний завод, де всі спостереження і утримання технологічних процесів в заданих межах, можна провести без сучасної, детально проробленої і налагодженої схеми атоматичного керування. Системи автоматизації підтримують сталі режими роботи апаратів, підтримуючи в них сталими тиск, температуру, рівень рідини, наявність факела, та багатьох інших параметрів, запобігають виникненню аварій, наслідки яких можуть бути дуже неприємними, це можуть бути вибухи, пожежі, забруднення навколишнього середовища або, що набагато неприємніше, потрапляння в атмосферу отруйних речовин, які призводять до загибелі великої кількості людей. А оскільки, в сучасних виробництвах необхідно одночасно керувати і підтримувати сотні або тисячі параметрів, які взаємно пов'язані, то без застосування систем автоматизації неможливе проведення багатьох хімічних процесів, та робота багатьох хімічних установках.

В хімічній промисловості питанням автоматизації приділяється особлива увага. Це пояснюється складністю та великою швидкістю протікання технологічних процесів, великою чутливістю їх до порушень режиму, шкідливістю умов праці, вибухо- та пожежонебезпечністю речовин, що використовуються.

Система автоматизації управління повинна забезпечувати:

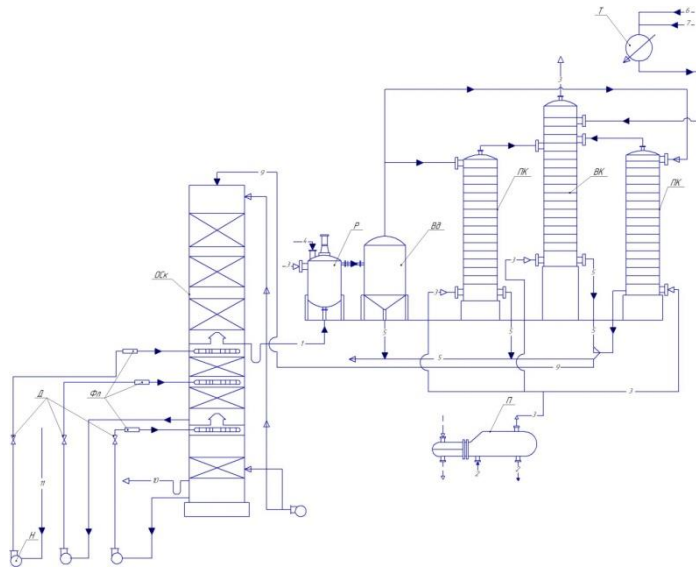
- 1) максимальну продуктивність та мінімальну собівартість;
- 2) керування технологічним процесом;
- 3) дистанційне керування виконавчими механізмами;

					ЛН71мп.066635.000ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Шиховцев С.Р			Автоматичне регулювання реактора в установці виробництва базових компонентів бензину	Лит.	Лист	Листов
Пров.		Двойнос Я.Г.					1/169	11
Реценз.						КПІ ім. І.Сікорського, ІХФ, МАХНВ		
Н. контр.								
Утв.								

4) місцеві прилади повинні бути вибрані з урахуванням вибухонебезпечності процесів.

Б.1 Коротка характеристика технологічного процесу вилучення фенолу із стічної води

Технологічна схема передбачає вилучення фенолу із стічних вод, що поступають на переробку з аміачно-відпарної колони. Технологічна схема зображена на рисунку Б.1.



Р-реактор; Вд-відстійник; ПК – передколонники; ВК –випарна колона;
П – парогенератор; Т - теплообмінники; ОСк – обезфенолюючий скруббер;
Фл – фільтра; Д – діафрагма; Н – насоси.

Рисунок Б.1 – Технологічна схема блоку вилучення фенолу із стічних вод
установки очистки димових газів

Технологічна схема вилучення фенолу із стічних вод протікає в дві стадії. Летючий аміак, тобто аміак, що входить входить в склад солей $(NH_4)_2CO_3, (NH_4)_2S, NH_4CN$, розкладаються при нагріві, видаляється при дистиляції гострим водяним паром, а аміак який знаходиться в стічній воді у вигляді солей $NH_4CL, (NH_4)_2SO_4, NH_4CNS$, не розкладається лише за допомогою нагріву, тому для його виділення стічну воду з фенолами попередньо обробляють вапняним

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк. 170
Змн.	Арк.	№ докум.	Пілпис	Лат		

молоком.

Стічна вода з фенолами відділення конденсації направляється в теплообмінник для попереднього її нагрівання до 70-90°С. Після теплообмінника стічна вода з фенолами потрапляє у відпарну колону, в якій піддається дистиляції водяним паром з ціллю видалення летючого аміаку.

Стічна вода з фенолами після відпарної колони потрапляє в проміжний збірник з якого відцентровим насосом подається в обезфенолюючий скруббер де проходить десорбція фенолів з води за допомогою водяної пари. Обезфенолена вода з скрубера самотоком поступає в реактор, куди безперервно вводиться вапняне молоко для розкладу зв'язаних солей, а також гострий водяний пар. З реактору суміш стічна вода з фенолами і вапняного молоко потрапляє у відстійник, а потім в один з працюючих приколонників.

В скрубєрі відбувається віддувка фенолів водяними парами і обезфенолювана вода самотоком повертається в нижню змішуючу частину відпарної колони, в якій стічна вода з фенолами оброблюється вапняним молоком для розкладу зв'язаних солей аміака.

Із змішуючої частини колони стічна вода з фенолами із залишком аміачних солей, що не розклалися самотоком поступають в один з робочих приколонків, де процес виділення аміака із зв'язаних солей, що містяться в цій воді, завершується практично повністю.

Стічна вода із нижньої частини приколонка, через регулятор спуску виходить в відстійник для вапняного шламу.

Склад загального аміака в стічній воді, як правило, складає 0,05-0,1кг/м³. Збільшення втрат аміака в стічній воді із приколонка вказує на забивання кальцієвими солями тарілок, ковпачків і переливів приколонка. В такому випадку в роботу включають інший приколонок. А працюючий раніше, зупиняють на очистку.

Стічна вода з фенолами, що виводиться в процесі її дистиляції із колони 2 на обезфенолювання, містить до 2,5 кг/м³ фенолів, а та, що вертається з

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						171
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		

обезфенолюючого скрубера - приблизно $0,25 \text{ кг/м}^3$. Таким чином, ступінь обезфенолювання слабкої аміачної води складає, близько , 90%.

Б.2 Основні рішення по автоматизації процесу

Б.2.1 Технологічний контроль

Лінія для вилучення фенолу зображена на рисунку Б.2

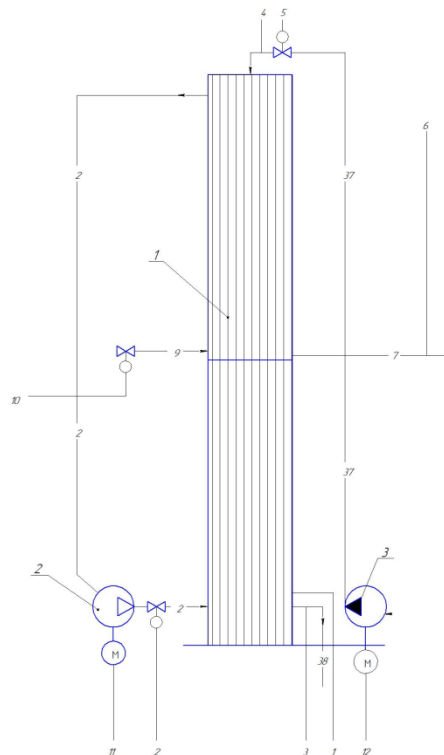


Рисунок Б.2 – Лінія для вилучення фенолу

В лінії для вилучення фенолу із стічної води контролюються наступні параметри:

- Контур 1 контролює тиск у скрубєрі для вилучення фенолу із стічної води. Контур складається з первинного приладу Дифманометра (поз. 1б). З виходу дифманометра сигнал подається на нормуючий перетворювач (поз. 1в) для перетворення в токовий сигнал 0-5 мА і подається на вхід до вторинного показуючого та само пишучого міліамперметра (поз.1е). Сигнал із пристрою (поз.1в) поступає на вимірювальний блок (поз.1г), а також від датчика реостати (поз.1д). Потім сигнал із пристрою (поз.1г) поступає на регулюючий блок (поз.1е).

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		172

Сигнал від регулятора поступає на блок управління (поз.1ж). Далі сигнал поступає на магнітний пускач (поз.1з), який керує роботою компресора.

- Контур 3 та 6 контролює якість продукту на виході з знефенолюючого скрубєру фенолу та аміаку. Контроль відбувається рН-датчиком – 1, 5-14 (поз. 2а, 4а) В цьому випадку параметром, що регулюється є аміак. Сигнал, що поступає від первинного перетворювача, подається на показуючий реєструючий прилад для вимірювання концентрації аміаку (поз. 2б, 4б). Від нього сигнал поступає на виконавчий механізм (поз. 2г, 4г) і, таким чином, регулюється витрата над смольної аміачної води в залежності від концентрації аміаку.

- Контур 9 контролює температуру стічної води з фенолами у скрубєрі. Контур складається з контролюючого реєструючого приладу (поз. 6а).

Б.2.2 Автоматичне регулювання

Схема автоматизації, яку ми розглядаємо, складається з таких контурів регулювання.

Для підтримання якості вихідного продукту, а саме аміаку та фенолу ми використовуємо контур 4 та 7 для регулювання витрати стічної води з фенолами, первинним приладом є діафрагма (поз. 3а, 5а). Далі сигнал поступає на дифманометр і на вторинний пристрій (поз. 3б, 5в). Потім сигнал поступає на вимірювальний блок (поз. 3г, 5б) в який також поступає сигнал із задатчика реостати (поз. 3в). Сумарний сигнал поступає на регулятор (поз. 3д, 5г). Сигнал із регулятора поступає на блок управління (поз.3е, 5д) і далі на магнітний пускач (поз. 3є, 5е).

Оскільки тиск є чинником небезпеки ми контролюємо його в знефенолюючому скрубєрі контур 1. Вимірюємо тиск за допомогою первинного приладу дифманометра (поз. 1б) і порівнюємо його з значенням, яке включене в задачик реостат (поз. 1д). В разі виходу похибки за допусиме значення автоматично зменшується подача пари в скрубєр.

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						173
Змн.	Арк.	№ докум.	Піліпис	Лат		

Б.2.3 Технологічна сигналізація

Для візуального нагляду за роботою приладів теплового регулювання режимів лінії для обезфенолювання стічної води з фенолами, на щиті автоматизації встановленні сигнальні лампочки, за допомогою яких оператор лінії візуально має змогу наглядати за ходом регулювання режимів та, у випадку необхідності, оперативно впливати на протікання процесу.

Сигналізуємо такий параметр, як тиск в контурі 1.

Б.2.4 Дистанційне керування

В контурі 1, 3, 6 та 9 використовуються блоки дистанційного керування (поз. 1ж, 3е, 5д, 6а), які призначені для ручного дистанційного управління, і оснащені приладом для сигналізації. Встановлені на щиті (ключ керування) – магнітний пускач.

Перед подачею в скруббер встановлюємо первинний вимірювальний перетворювач для вимірювання якості продукту (датчик рН-метра) (4а). В цьому випадку параметром, що регулюється є аміак. Сигнал, що поступає від первинного перетворювача, подається на показуючий реєструючий прилад для вимірювання концентрації аміаку (4б). Від нього сигнал надходить до регулятор (4г) куди також надходить сигнал поправки з задачника (4в), на виконавчий механізм (4д) і на перетворювач сигналу (4е). Витрата стічної води з фенолами на вході в клону вимірюється дифманометром (5а) з якого сигнал надходить до перетворювача (5б). В перетворювачі сумуються два сигнали і видається сигнал похибки, який передається на регулятор (5г), потім на блок дистанційного керування (поз.5д), де передбачений перехід з автоматичного регулювання на ручне дистанційне керування виконавчим механізмом (5е). Таким чином, регулюється витрата стічної води з фенолами в залежності від концентрації аміаку.

Стічна вода з фенолами насосом подається в знефенолюючий скруббер.

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						174
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		

На виході зі знефенолюючого скрубера встановлюємо первинний вимірювальний перетворювач для вимірювання якості продукту (датчик рН-метра) (2а). В цьому випадку параметром, що регулюється є фенол. Сигнал, що поступає від первинного перетворювача, подається на вторинний показуючий реєструючий прилад для вимірювання концентрації фенолів (2б). Від нього сигнал поступає на регулятор (2г) куди ж поступає сигнал з датчика (2в). Через магнітний пускач (2д) сигнал подається на перетворювач (3г) і порівнюється з сигналом витрати стічної води з фенолами (3г). Вимірювання витрати стічної води з фенолами відбувається за допомогою дифманометра ДМ (3а) і також цей сигнал подається на перетворювач (3г). Сигнал похибки подається на регулятор (3д) потім на підсилювач сигналу (3е) і на магнітний пускач (3е). Таким чином, регулюється витрата стічної води з фенолами в залежності від концентрації фенолів.

Дистанційне керування електродвигуном вентилятору здійснюється за допомогою магнітного пускача (3е) кнопкою (2г) .

Тиск пари в нижній частині знефенолюючого скрубера контролюється наступним чином. Сигнал з первинного перетворювача (1а) подається на дифманометр (1б) потім на перетворювач (1в) і на вторинний показуючий і реєструючий прилад (1е). Тут відбувається перетворення сигналу з пневматичного в електричний. Для контролю тиску в різних діапазонах використовується датчик (1д). Сигнал помилки формується в перетворювачі (1г) і подається на регулятор (1е), а потім на блок сигналізації і керування (поз.1ж), де передбачений перехід з автоматичного регулювання на ручне дистанційне керування виконавчим механізмом через магнітний пускач (1з). Таким чином регулювання тиску здійснюється відкриттям або закриттям крану подачі пари.

В схемі автоматизації передбачено систему сигналізації та захисту. У випадку перевищення одного з параметрів подається попереджуючий сигнал дзвінка, а в разі підвищення тиску – вимкнення подачі сировини і зупинення лінії.

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						175
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		

Запуск та зупинка електродвигунів насосів (поз 2, 3, 5) здійснюється автоматично по сигналу аварії або вручну за допомогою блоків дистанційного керування (поз. 8б, 9б) через магнітні пускачі (поз. 8а, 9а).

Перелік приладів автоматизації

Прилади автоматизації зведені в таблицю Б.1

Таблиця Б.1 – Прилади автоматизації

Позиція	Параметр середовища	Місце встановлення	Найм. І характеристики приладу	Кіл. Шт.
1	2	3	4	5
1з, 3є, 5е, 7б, 8а, 9а.		На щиті	Магнітний пускач	6
1ж, 3е, 5д, 7а, 8д, 9д	Пуск/ зупинка двигуна	по місцю	Блок управління	6
6а	Тмперера-тура середовища	по місцю	Термопара	1
1а	Тиск	По місцю	Датчик реле напору	1
1є, 2г, 3д, 4г, 5г		На щиті	Регулюючий блок	5
6б	Темпера-тура середо-вища	На щиті	Електронний потенціометр	1
1в, 1г, 3г, 5в,	Тиск, Якість	На щиті	Вимірювальний блок	4
1д, 2в, 3в, 4в	Тиск середо-вища, концент-рація	На щиті	За датчик реостати	4
2д, 4д		На місті	Панель дистанційного керування	2

1	2	3	4	5
1б	Тиск середовища	По місцю	Дифманометр	1
2а, 4а	Концентрація	По місцю	РН-датчик	2
2б, 4б	Витрата середовища	На щиті	Міліампер-метр	2
3а, 5а	Витрата середовища	По місцю	Діафрагма	2
1е, 3б, 5в	Витрата середовища	На щиті	Міліампер-метр	3

Висновок

В магістерській дисертації описана технологічна схема процесу вилучення фенолу із стічної води. Рішення по автоматизації в даній схемі успішні, це практично дає можливість виключити людину з процесу виробництва. Потрібно тільки присутність оператора, щоб слідкувати за витратами по приладах, які вдало розміщені на пульті керування.

Перелік посилань

1. Лукінюк М.В., Сташкевич П.М., Самсонов В.О.. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсів «Автоматизація виробничих процесів», «Технологічні вимірювання і прилади», «Контроль та керування хіміко-технологічними процесами» – К.: Політехніка, 2003. – Част. 1.
2. Методичні вказівки до дипломного проектування по розділі «Автоматизація виробничих процесів» Київ «КП» 1987 р.
3. Проектування систем автоматизації технологічних процесів. А.С. Ключев, Б.В. Глазов, А.Х. Дубровський. 2-е вид. перероб. та доп.-М.: 1990.- 464с.

					ЛН71мп.066635.000 ПЗ	Арк.
						178
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Лат		

Додаток В

Документація до патентного дослідже

РЕГЛАМЕНТ ПОШУКУ № ЛН71мп.066712 РП

Найменування теми Скрубер

Шифр теми ЛН71мп.066231.001

Етап Проектування скрубера та його складових частин

Номер, дата завдання на проведення патентних досліджень ЛН71мп.066231,
18.09.2018

Обґрунтування регламенту пошуку:

Предмет пошуку – скрубер.

Мета пошуку інформації – визначення патентної ситуації щодо скрубера (визначення патентоздатності проєктованого апарата й визначення тенденцій розвитку даного напрямку в техніці)

Визначення держав пошуку. Встановлюємо такі держави пошуку: Україна, США, Німеччина, Росія.

Ретроспективність. Термін дії патенту на винахід в Україні – 22 роки, регламент пошуку встановлюємо такий: 2017–2018 рр.

Класифікаційні індекси. Міжнародна патентна класифікація:

МПК – C02F 1/04, 1/12, C07C 37/68; B01D 47/12, 47/14; 33/03, 53/18, 53/14, 47/06, F01N 3/04, 13/00.

Уніфікована десяткова класифікація УДК 665.612.2

Джерела інформації. 1) Патентна інформація: описи до винаходів, офіційні патентні бюлетені Укрпатенту. 2) Науково-технічна інформація: монографії з технології тепло та масообміну, підручники й навчальні посібники з курсу процесів та апаратів хімічної технології.

Початок пошуку 18.09.2018

Закінчення пошуку 28.09.2018

Таблиця В.1 – Регламент пошуку

Предмет пошуку (ОГД, його складові частини)	Мета пошуку інформації	Держав а пошуку	Класифікаційні індекси: МПК, НПК, МКПЗ, МКТП, УДК	Ретро спек- тивність пошу ку	Джерела інформації
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
Скрубер	Визначення патентоздатності проєктованого апарата й визначення тенденції розвитку цього напрямку в техніці	Україна , США, Росія, Німеччи нна	МПК – CO2F 1/04, 1/12, C07C 37/68; B01D 47/12, 47/14; 33/03, 53/18, 53/14, 47/06, F01N 3/04, 13/00. УДК 665.612.2	2017–2018	Національний й зарубіжні офіційні бюлетені, описи винаходів і корисних моделей; УРЖ “Джерело” (1995–2006 рр.). Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 1971.– 785 с.

ДОВІДКА ПРО ПОШУК № ЛН71мп.066231 ДП

Завдання на проведення патентних досліджень: ЛН71мп.066231, 18.09.2018.

Етап: проектування апарата та його складових частин.

Номер, дата завдання на проведення патентних досліджень:
ЛН71мп.066231, 24.09.2018.

Номер, дата регламенту пошуку: ЛН71мп.066231, 25.09.2018.

Початок пошуку: 25.09.2018 Закінчення пошуку: 28.09.2018

Таблиця В.2 – Патентна документація, відібрана для подальшого аналізу

ОГД, його складові частини	Документи на об'єкти промислової власності	
	бібліографічні дані	
1	2	3
Скрубер	Патент № US20180149054 A1, Int.CI F01N 3/04, B01D 47/06, F01N 13/00. Inline scrubber with dual water system/ J. Moss (NO); – Заявка №US2016050074, 2016-04-21, Опубл. 2018-05-31.	Діє
Скрубер	Патент № US20180169577 A1, Int.CI B01D 53/18, 53/14. Multi-level gas scrubber with multiple flooder scrubber heads/ S. Jose (US); – Заявка №CN2017000563, 2017-12-01, Опубл. 2018-06-21	Діє
Знефенолюючий скрубер	Патент №112143 (UA), МПК C02F 1/04(2006.01), C02F 1/12(2006.01), C07C 37/68(2006.01), B01D 47/02(2006.01). Знефенолюючий скрубер/ В.В. Грабко, Д.П. Ярмошик, В.М. Лі, О.В. Данильченко (UA);– Заявка № a201607210, 17.07.2016; Опубл.25.07.2017 Бюл. №14.	Діє
Скрубер	Патент №111039 (UA), МПК B01D 47/14(2006.01), 33/03 (2006.01). Скрубер/ Є.І. Плахотнюк, А.Є. Сосненко (UA);– Заявка № a201601406, 19.02.2016; Опубл.10.03.2017 Бюл. №5.	Діє
Скрубер	Патент №171024U1 (RU), МПК B01D 46/12(2006.01), 31/02 (2006.01). Скруббер Вентури/ А.Е. Новиков, Д.А. Гребеньков, П.С. Васильев, (RU) – Заявка № ru2017100083, 09.01.2017; Опубл.17.05.2017 Бюл. №12.	Діє

Таблиця В.3 – Інша науково-технічна документація, відібрана для подальшого аналізу

ОГД, його складові частини	Джерела інформації	Бібліографічні дані
1	2	3
Скрубер	Кузнецов А.А., Кагерманов С.М., Судаков Е.М. “Расчеты процессов и аппаратов нефтеперерабатывающий промышленности”	Л., Химия, 1974. – 374 стр.

Таблиця В.4 – Джерела інформації, використані під час проведення пошуку

Предмет пошуку (ОГД, його складові частини)	Держава пошуку	Класифікаційні індекси	Інформаційна база, використана під час пошуку	Бібліографічні данні першого та останнього за хронологією джерела інформації	
				Патентна інформація	Інша науково-технічна інформація
Скрубер	Україна, США, Німеччина Японія, Росія	МПК – CO2F 1/04, 1/12, C07C 37/68; B01D 47/12, 47/14; 33/03, 53/18, 53/14, 47/06, F01N 3/04, 13/00. УДК 665.612.2	Державний патентний фонд бази даних об'єктів промислової власності, до яких надається безоплатний доступ в Інтернеті http://ep.espacenet.com/ http://ukrpatent.org/	Описи винаходів патентів України Описи корисних моделей патентів України Офіційний бюлетень "Промислова власність" Офіційні бюлетені Інтернет-сайти Укрпатенту, Європейського патентного відомства, патентного відомства США	Журнали "Химическое, нефтеперерабатывающее и полимерное машиностроение", УРЖ "Хімічна промисловість України" А. Г. Касаткин Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 1973. 756 с Плановский А.Н., Николаев П. И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии М.: Химия, 1972. - 496 с

РЕГЛАМЕНТ ПОШУКУ № ЛН71мп.065121 РП

Найменування теми Теплообмінник

Шифр теми ЛН71мп.065121.001

Етап Проектування теплообмінника та його складових частин

Номер, дата завдання на проведення патентних досліджень ЛН71мп.065121,
18.09.2018

Обґрунтування регламенту пошуку:

Предмет пошуку – теплообмінник.

Мета пошуку інформації – визначення патентної ситуації щодо теплообмінника (визначення патентоздатності проєктованого апарата й визначення тенденцій розвитку даного напрямку в техніці)

Визначення держав пошуку. Встановлюємо такі держави пошуку: Україна, США, Німеччина, Росія.

Ретроспективність. Термін дії патенту на винахід в Україні – 22 роки, регламент пошуку встановлюємо такий: 2017–2018 рр.

Класифікаційні індекси. Міжнародна патентна класифікація:

МПК – F28F 1/00, 1/10, 1/40, 1/36, 3/00, 3/02, 3/04, 3/08, 9/02, 9/00, 9/013; 13/14, F26D 7/00, F28D 7/00, 9/00, 9/02, 9/26.

Уніфікована десяткова класифікація УДК 665.612.2

Джерела інформації. 1) Патентна інформація: описи до винаходів, офіційні патентні бюлетені Укрпатенту. 2) Науково-технічна інформація: монографії з технології тепло та масообміну, підручники й навчальні посібники з курсу процесів та апаратів хімічної технології.

Початок пошуку 18.09.2018

Закінчення пошуку 28.09.2018

Таблиця В.5 – Регламент пошуку

Предмет пошуку (ОГД, його складові частини)	Мета пошуку інформації	Держав а пошуку	Класифікаційні індекси: МПК, НПК, МКПЗ, МКТП, УДК	Ретро спек тивність пошу ку	Джерела інформації
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
Теплообмінник	Визначення патентоздатності проєктованого апарата й визначення тенденції розвитку цього напрямку в техніці	Україна , США, Росія, Німеччина	МПК – F28F 1/00, 1/10, 1/40, 1/36, 3/00, 3/02, 3/04, 3/08, 9/02, 9/00, 9/013; 13/14, F26D 7/00, F28D 7/00, 9/00, 9/02, 9/26. УДК 665.612.2	2017–2018	Національний й зарубіжні офіційні бюлетені, описи винаходів і корисних моделей; УРЖ “Джерело” (1995–2006 рр.). Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 1971.– 785 с.

ДОВІДКА ПРО ПОШУК № ЛН71мп.065121 ДП

Завдання на проведення патентних досліджень: ЛН71мп.065121, 18.09.2018.

Етап: проектування апарата та його складових частин.

Номер, дата завдання на проведення патентних досліджень:
ЛН71мп.065121, 24.09.2018.

Номер, дата регламенту пошуку: ЛН71мп.065121, 25.09.2018.

Початок пошуку: 25.09.2018 Закінчення пошуку: 28.09.2018

Таблиця В.6 – Патентна документація, відібрана для подальшого аналізу

ОГД, його складові частини	Документи на об'єкти промислової власності	
	бібліографічні дані	
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>
Кожухотрубний теплообмінник	Патент №121952 (UA), МПК(2017.01) F28D 7/00, F28F 1/00, F28F 1/10(2006.01). Кожухотрубний теплообмінник /І. О. Мікульонок, А.І. Андреев, О.Ю. Орел (UA);– Заявка № u201705788, 12.06.2017; Опубл.26.12.2017 Бюл. № 24.	Діє
вертикальний кожухотрубний теплообмінник	Патент №115492 (UA), МПК(2017.01) F28B 9/08 (2006.01)., F28F 1/00. Вертикальний кожухотрубний теплообмінник / В. О. Осадчий (UA); – Заявка № u201605123, 11.05.2016; Опубл.25.04.2017, Бюл.№8.	Діє
Секційний кожухотрубний теплообмінник	Патент № 117557 (UA), МПК (2017.01) , F28D 7/00. Секційний кожухотрубний теплообмінник/ І. О. Мікульонок (UA);–Заявка № u201701220, 10.02.2017; Опубл.26.06.2017, Бюл.№12.	Діє
Горизонтальний кожухотрубний теплообмінник	Патент № WO2017/132761A1, Int.CI F28F 9/00, F28D 3/00, F28F 3/08. Structurally integral heat exchanger within a plastic housing/ К. Street (US); – Заявка №WO2017050112, 2017-01-02, Опубл. 2017-08-10.	Діє
Кожухотрубний теплообмінник	Патент №WO2017144230A1, Int.CI F28D 9/00, F28F 3/02, F28F 3/04. A heat exchanger plate for a plate heat exchange, and a plate heat exchanger / Р. Вох (SE); – Заявка №WO2017051715, 2017-01-27, Опубл. 2017-08-31.	Діє

Таблиця В.7 – Інша науково-технічна документація, відібрана для подальшого аналізу

ОГД, його складові частини	Джерела інформації	Бібліографічні дані
1	2	3
Теплообмінник	Павлов К. Ф., Романков П. Г., Носков А. А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химических технологий. Учебное пособие для вузов/Под П. Г. Романкова	Л.: Химия, 1987. – 576 стр.

Таблиця В.8 – Джерела інформації, використані під час проведення пошуку

Предмет пошуку (ОГД, його скл. част.)	Держава пошуку	Класифікаційні індекси	Інформаційна база, використана під час пошуку	Бібліографічні дані першого та останнього за хронологією джерела інформації	
				Патентна інформація	Інша науково-технічна інформація
Теплообмінник	Україна, США, Німеччина Японія, Росія	МПК – F28F 1/42, 1/10, 1/22, 1/36, 9/02, 9/00, 9/013; F26D 7/00, 7/10, 1/047, 7/16 УДК 665.612.2	Державний патентний фонд бази даних об'єктів промислової власності, до яких надається безоплатний доступ в Інтернеті http://ep.espacenet.com/ http://ukrpatent.org/	Описи винаходів патентів України Описи корисних моделей патентів України Офіційний бюлетень "Промислова власність" Офіційні бюлетені Інтернет-сайти Укрпатенту, Європейського патентного відомства, патентного відомства США	Журнали "Химическое, нефтеперерабатывающее и полимерное машиностроение", УРЖ "Хімічна промисловість України" А. Г. Касаткин Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 1973. 756 с Плановский А.Н., Николаев П. И. Процессы и аппараты химической и нефтехимической технологии М.: Химия, 1972. - 496 с

Додаток Г

**Таблиця ідентифікаторів, блок-схема розрахунку,
програма розрахунку діаметрів штуцерів скрубера**

					ЛН71мп.066632.001 ПЗ	Арк.
						190
Змн.	Арк.	№ докум.	Піпис	Лат		

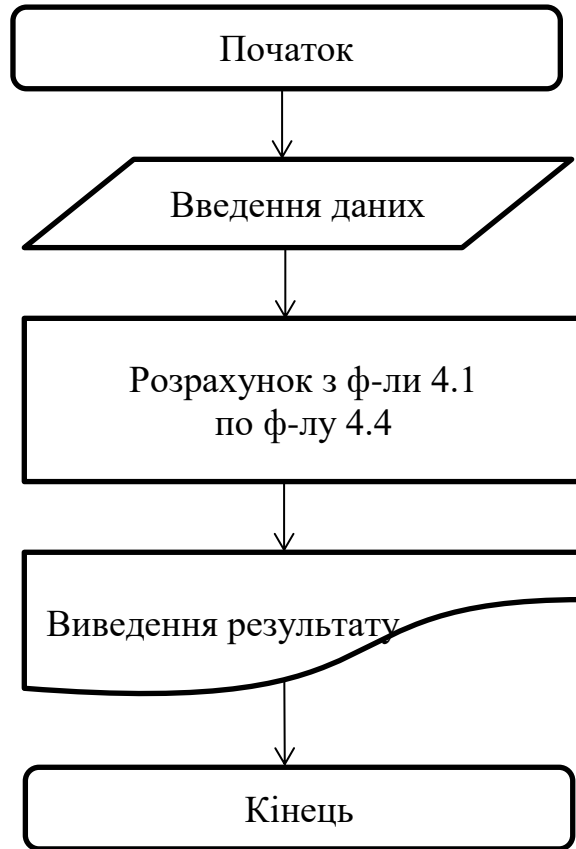
Таблиця ідентифікаторів до програми розрахунку діаметрів штуцерів наведена в таблиці Г.1.

Таблиця Г.1 – Ідентифікатори програми.

Найменування показників	Одиниця вимірювання	Позначення	Ідентифікатор
Масові витрати сировини	кг/с	$G_{см}$	$G_{см}$
Масові витрати води	кг/с	$G_{рс}$	$G_{рс}$
Діаметр штуцера для входу розчину	м	$d_{см}$	$d_{см}$
Діаметр штуцера для виходу розчину	м	$d_{рс}$	$d_{рс}$
Прийнятий діаметр штуцера для входу розчину	м	$d_{вн1}$	$D_{см}$
Прийнятий діаметр штуцера для виходу розчину	м	$d_{вн2}$	$D_{рс}$
Густина сировини	кг/м ³	$\rho_{см}$	$\rho_{см}$
Густина води	кг/м ³	$\rho_{рс}$	$\rho_{рс}$
Швидкість руху сировини	м/с	$\omega_{см}$	$\omega_{см}$
Швидкість руху води	м/с	$\omega_{рс}$	$\omega_{рс}$

Блок-схема алгоритму програми розрахунку діаметрів штуцерів наведена на рисунку Г.1.

Рисунок Г.1 – Блок-схема алгоритму програми розрахунку



Програма розрахунку діаметрів штуцерів

$$\rho_{cm} := 988.1 \quad \rho_{pc} := 998$$

$$G_{cm} := 8.333 \quad G_{pc} := 4.78$$

$$\omega_{cm} := 0.5 \quad \omega_{pc} := 45$$

$$V_{cm} := \frac{G_{cm}}{\rho_{cm}} = 8.433 \times 10^{-3}$$

$$d_{pc} := \sqrt{\frac{4 \cdot G_{pc}}{\pi \cdot \rho_{pc} \cdot \omega_{pc}}} = 0.012$$

$$d_{cm} := \sqrt{\frac{4 \cdot G_{cm}}{\pi \cdot \rho_{cm} \cdot \omega_{cm}}} = 0.147$$

$$D_{pc} := 0.15 \quad D_{cm} := 0.152$$

$$\omega_{cm} := \frac{4G_{cm}}{\pi \cdot \rho_{cm} \cdot D_{cm}^2} = 0.465$$

$$\omega_{pc} := \frac{4G_{pc}}{\pi \cdot \rho_{pc} \cdot D_{pc}^2} = 0.271$$

Додаток К

Патенти, які використані в патентному дослідженні



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **121952** (13) **U**
(51) МПК (2017.01)
F28D 7/00
F28F 1/00
F28F 1/10 (2006.01)
F28F 1/40 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

<p>(21) Номер заявки: u 2017 05788</p> <p>(22) Дата подання заявки: 12.06.2017</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 26.12.2017</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 26.12.2017, Бюл.№ 24</p>	<p>(72) Винахідник(и): Мікульонок Ігор Олегович (UA), Андрєєв Ігор Анатолійович (UA), Орел Олексій Юрійович (UA)</p> <p>(73) Власник(и): Мікульонок Ігор Олегович, вул. Райдужна, 10, кв. 137, м. Київ, 02218 (UA), Андрєєв Ігор Анатолійович, пр-кт Леся Курбаса, 18, кв. 136, м. Київ, 03162 (UA), Орел Олексій Юрійович, вул. Маяковського, 16, м. Бобровиця, Чернігівська обл., 17400 (UA)</p>
--	--

(54) КОЖУХОТРУБНИЙ ТЕПЛООБМІННИК

(57) Реферат:

Кожухотрубний теплообмінник містить корпус, штуцери, а також дві трубні решітки із закріпленими в них теплообмінними трубами. Теплообмінні труби заповнено неупорядковано розміщеними в них насадковими тілами з теплопровідного матеріалу. Насадкові тіла виконано у вигляді металевих перфорованих кільцевих циліндрів.

UA 121952 U



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **115492** (13) **U**
(51) МПК (2017.01)
F28B 9/08 (2006.01)
F28F 1/00

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2016 05123	(72) Винахідник(и): Осадчий Василь Олександрович (UA)
(22) Дата подання заявки: 11.05.2016	(73) Власник(и): Осадчий Василь Олександрович, вул. Г. Ватутіна, 2, кв. 2, м. Київ, 03189 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 25.04.2017	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.04.2017, Бюл.№ 8	

(54) ВЕРТИКАЛЬНИЙ КОЖУХОТРУБНИЙ ТЕПЛОБІМНІК

(57) Реферат:

Вертикальний теплообмінник, складається з циліндричного кожуха, кришки і днища, а також двох трубних решіток із закріпленими в них теплообмінними трубками. Трубки виконано з парасольками, що розміщені на зовнішній поверхні труб.

UA 115492 U



МІНІСТЕРСТВО
ЕКОНОМІЧНОГО
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **117557** (13) **U**
(51) МПК (2017.01)
F28D 7/00

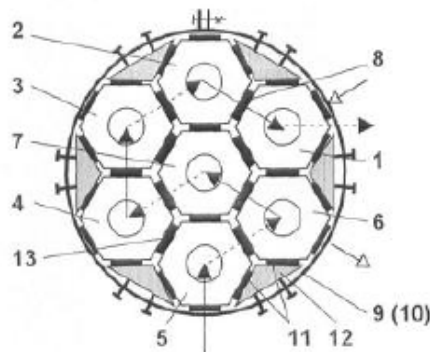
(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: u 2017 01220	(72) Винахідник(и): Мікульонок Ігор Олегович (UA)
(22) Дата подання заявки: 10.02.2017	(73) Власник(и): НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ "КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО", просп. Перемоги, 37, м. Київ-56, 03056 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: 26.06.2017	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 26.06.2017, Бюл.№ 12	

(54) СЕКЦІЙНИЙ КОЖУХОТРУБНИЙ ТЕПЛООБМІННИК

(57) Реферат:

Секційний кожухотрубний теплообмінник містить виконані у вигляді прямих правильних шестигранників сім секцій з трубним і міжтрубним просторами, при цьому сусідні секції сполучені між собою по міжтрубному простору за допомогою патрубків, які в кожній із секцій виконані на двох рівнях на кожній з її бокових граней, всі секції стягнуті між собою кільцевими хомутами, а всі вільні патрубки секцій закрито заглушками. Між заглушками й хомутами розташовано натискні вкладиші.



Фіг. 1

UA 117557 U

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property
Organization
International Bureau



WIPO | PCT



(10) International Publication Number
WO 2017/132761 A1

(43) International Publication Date
10 August 2017 (10.08.2017)

(51) International Patent Classification:

F28F 9/00 (2006.01) F28F 3/08 (2006.01)
F28D 3/00 (2006.01) F28F 9/26 (2006.01)
F28D 9/02 (2006.01)

(21) International Application Number:

PCT/CA2017/050112

(22) International Filing Date:

1 February 2017 (01.02.2017)

(25) Filing Language:

English

(26) Publication Language:

English

(30) Priority Data:

62/289,593 1 February 2016 (01.02.2016) US

(71) Applicant: **DANA CANADA CORPORATION**
[CA/CA]; 656 Kerr Street, Oakville, Ontario L6K 3E4
(CA).

(72) Inventors: **STEWART, Nikolas S.**; 10767 Third Line,
Halton Hills, Ontario L9T 2X9 (CA). **KINDER, Lee M.**;
2455 Wooden Hill Circle, Oakville, Ontario L6M 4E3
(CA).

(74) Agent: **RIDOUT & MAYBEE LLP**; 250 University Av-
enue, 5th Floor, Toronto, Ontario M5H 3E5 (CA).

(81) Designated States (unless otherwise indicated, for every

kind of national protection available): AE, AG, AL, AM,
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN,
KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA,
MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG,
NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS,
RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY,
TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN,
ZA, ZM, ZW.

(84) Designated States (unless otherwise indicated, for every

kind of regional protection available): ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU,
TJ, TM), European (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,
DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU,
LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,
SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Published:

— with international search report (Art. 21(3))

(54) Title: STRUCTURALLY INTEGRAL HEAT EXCHANGER WITHIN A PLASTIC HOUSING

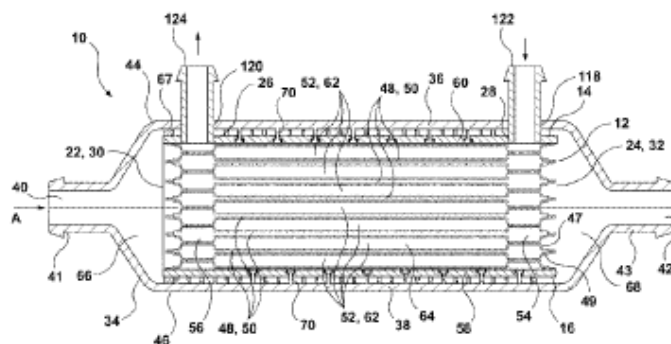


FIG. 1

(57) Abstract: A heat exchanger having a core defining a plurality of first fluid flow passages and a plurality of second fluid flow passages arranged in alternating order, and a housing enclosing the core. The housing has a top wall arranged opposite to the top of the core, and a bottom wall arranged opposite to the bottom of the core. A plurality of connecting structures which together provide a rigid connection between the core and the housing, wherein each of the connecting structures provides a connection between the top of the core and the top wall of the housing, or between the bottom of the core and the bottom wall of the housing; wherein each of the connecting structures comprises a first connecting element and a second connecting element, wherein the first connecting element is associated with the core and the second connecting element is associated with the housing.

WO 2017/132761 A1

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property
Organization
International Bureau



(10) International Publication Number
WO 2017/144230 A1

(43) International Publication Date
31 August 2017 (31.08.2017)

- (51) International Patent Classification:
F28D 9/00 (2006.01) *F28F 3/04* (2006.01)
F28F 3/02 (2006.01) *F28F 13/14* (2006.01)
- (21) International Application Number:
PCT/EP2017/051715
- (22) International Filing Date:
27 January 2017 (27.01.2017)
- (25) Filing Language: English
- (26) Publication Language: English
- (30) Priority Data:
1650241-1 24 February 2016 (24.02.2016) SE
- (71) Applicant: ALFA LAVAL CORPORATE AB [SE/SE];
P. O. Box 73, S-221 00 Lund (SE).
- (72) Inventor: ROMLUND, Jens; Miklagårdsgatan 50, S-253
62 Helsingborg (SE).
- (81) Designated States (unless otherwise indicated, for every
kind of national protection available): AE, AG, AL, AM,
AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,

BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KH, KN,
KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA,
MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG,
NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS,
RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY,
TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN,
ZA, ZM, ZW.

(84) Designated States (unless otherwise indicated, for every
kind of regional protection available): ARIPO (BW, GH,
GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ,
TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU,
TJ, TM), European (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE,
DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU,
LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,
SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

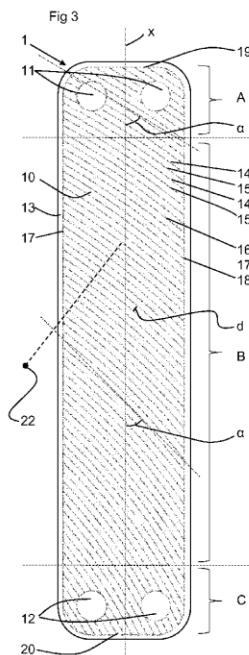
Declarations under Rule 4.17:

— of inventorship (Rule 4.17(iv))

[Continued on next page]

(54) Title: A HEAT EXCHANGER PLATE FOR A PLATE HEAT EXCHANGER, AND A PLATE HEAT EXCHANGER

WO 2017/144230 A1



(57) Abstract: A plate heat exchanger, and a heat exchanger plate (1) for the plate heat exchanger for heat exchange between a first fluid and a second fluid are disclosed. The heat exchanger plate comprises a heat exchanger area (10) comprising a first end zone (A), a central main zone (B) adjoining the first end zone, a second end zone (C) adjoining the central main zone, and a corrugation of ridges (13) and valleys (14) on the heat exchanger area. A longitudinal center axis (x) extends along and through the three zones. The ridges and valleys extend along a respective continuous line (16), which is at least partly curved and forms an angle (α) of inclination with the longitudinal center axis. The angle of inclination at the longitudinal center axis is less steep for the continuous lines at the first end zone than at the central main zone.



US 20180149054A1

(19) **United States**

(12) **Patent Application Publication**
GANNEFORS et al.

(10) **Pub. No.: US 2018/0149054 A1**

(43) **Pub. Date: May 31, 2018**

(54) **INLINE SCRUBBER WITH DUAL WATER SYSTEM**

Publication Classification

(71) Applicant: **WÄRTSILÄ MOSS AS**, Moss (NO)

(51) **Int. Cl.**
F01N 3/04 (2006.01)
B01D 47/06 (2006.01)
F01N 13/00 (2010.01)

(72) Inventors: **Jan Gunnar GANNEFORS**, Moss (NO); **Per CLAUSEN**, Gressvik (NO)

(52) **U.S. Cl.**
CPC **F01N 3/04** (2013.01); **B01D 47/06** (2013.01); **F01N 2590/02** (2013.01); **F01N 13/0093** (2014.06); **F01N 2490/08** (2013.01); **F01N 13/0097** (2014.06)

(73) Assignee: **WÄRTSILÄ MOSS AS**, Moss (NO)

(57) **ABSTRACT**

(21) Appl. No.: **15/568,165**

A method for dual water scrubbing and an in-line dual water scrubber for gas cleaning onboard a vessel are disclosed. The in-line dual water scrubber includes a vertical extended body, a gas inlet, and a gas outlet. The gas inlet is underlying in the lower section of the extended body and the gas outlet is overlying in the upper section of the extended body. A first underlying scrubbing section, and a second scrubbing section in an upper section of the extended body are provided. One or more liquid collectors are arranged above one or more first scrubbing liquid sprayers. The liquid collector is arranged for collecting one or more second scrubbing liquid and for flow through of a vertical upwards flowing gas-flow from the inlet to the outlet.

(22) PCT Filed: **Apr. 21, 2016**

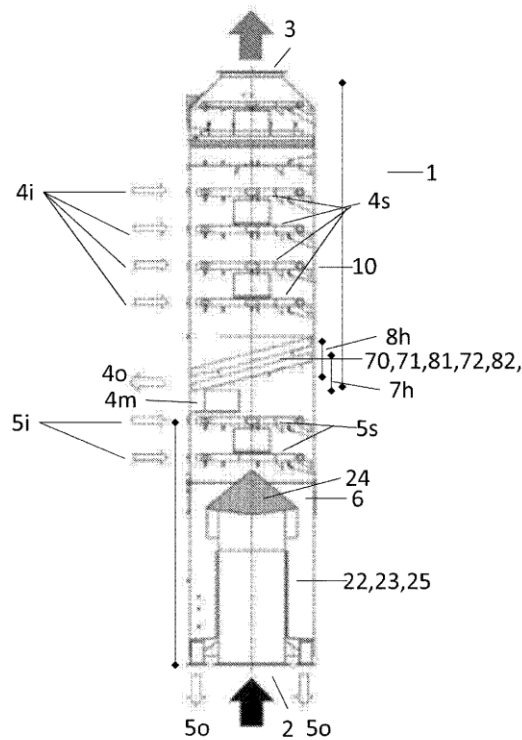
(86) PCT No.: **PCT/NO2016/050074**

§ 371 (c)(1),

(2) Date: **Oct. 20, 2017**

(30) **Foreign Application Priority Data**

Apr. 22, 2015 (EP) 15164659.3





US 20180169577A1

(19) **United States**

(12) **Patent Application Publication**
MCCLELLAND

(10) **Pub. No.: US 2018/0169577 A1**

(43) **Pub. Date: Jun. 21, 2018**

(54) **MULTI-LEVEL GAS SCRUBBER WITH
MULTIPLE FLOODED SCRUBBER HEADS**

B01D 53/18 (2006.01)
B01D 53/14 (2006.01)

(71) Applicant: **Pacific Green Technologies Inc.**, San Jose, CA (US)

(52) **U.S. CL.**
CPC *B01D 53/78* (2013.01); *B01D 47/021* (2013.01); *B01D 47/06* (2013.01); *B01D 53/75* (2013.01); *B01D 2258/0283* (2013.01); *B01D 53/18* (2013.01); *B01D 53/1406* (2013.01); *B01D 53/1456* (2013.01); *B01D 53/40* (2013.01)

(72) Inventor: **Kenneth James MCCLELLAND**, West Vancouver (CA)

(21) Appl. No.: **15/579,061**

(22) PCT Filed: **Nov. 2, 2015**

(57) **ABSTRACT**

(86) PCT No.: **PCT/CA2015/000563**

§ 371 (c)(1),
(2) Date: **Dec. 1, 2017**

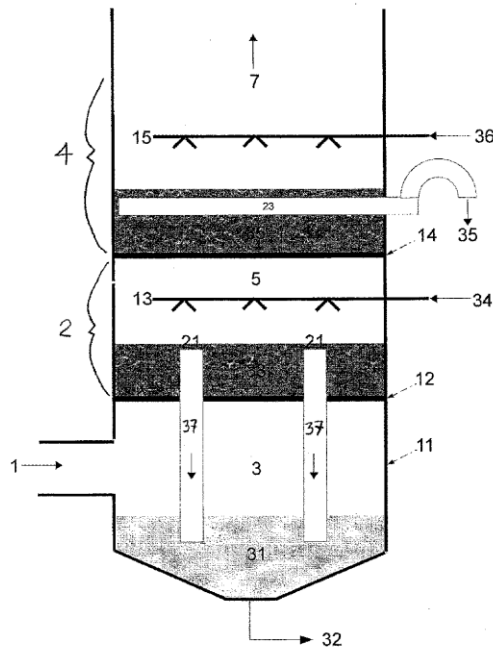
The present invention relates to a wet scrubbing head design whose horizontal orientation and flooded operating characteristics allow complete wet scrubbing at multiple interaction zones each with different neutralizing reagents. The capacity for multiple scrubbing zones improves overall pollutant removal efficiency by adding polishing interaction zones for particulate and acid gas removal systems or by broadening the range of pollutants being removed by operating with a different neutralizing solution or a combination of these operating conditions. The flooded head design approach allows a single scrubber to accomplish high levels of removal efficiency for multiple pollutants which reduces cost, and footprint interaction complexities of the multiple devices it replaces. Flooded head scrubbers have application in combustion flue gas pollutant removal and in chemical and industrial applications that generate dust, odors and acid gases.

Related U.S. Application Data

(60) Provisional application No. 62/169,856, filed on Jun. 2, 2015.

Publication Classification

(51) **Int. Cl.**
B01D 53/78 (2006.01)
B01D 47/02 (2006.01)
B01D 47/06 (2006.01)
B01D 53/75 (2006.01)
B01D 53/40 (2006.01)





УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **112143** (13) **C2**

(51) МПК

C02F 1/04 (2006.01)**C02F 1/12** (2006.01)**C07C 37/68** (2006.01)**B01D 47/02** (2006.01)ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД**

<p>(21) Номер заявки: а 2016 07210</p> <p>(22) Дата подання заявки: 17.07.2016</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 25.07.2017</p> <p>(41) Публікація відомостей про заявку: 10.12.2016, Бюл.№ 23</p> <p>(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.07.2017, Бюл.№ 14</p>	<p>(72) Винахідник(и): Грабко Володимир Венедиктович (UA), Ярмошик Данило Петрович (UA), Казак Людмила Олексіївна (UA), Лі Віссаріон Михайлович (UA), Данильченко Олександр Валерійович (UA), Шевченко Тамара Олександрівна (UA)</p> <p>(73) Власник(и): ДЕРЖАВНЕ ПІДПРИЄМСТВО "ДЕРЖАВНИЙ ІНСТИТУТ ПО ПРОЕКТУВАННЮ ПІДПРИЄМСТВ КОКСОХІМІЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ", вул. Сумська, 60, м. Харків, 61002 (UA)</p> <p>(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: «Расчеты аппаратуры для улавливания химических продуктов коксования»/Коробчанский И.Е., Кузнецов М.Д., Изд-во: «Металлургия», 1972, 2-е изд., с. 66-70 GB 380699 A1, 22.09.1932 GB 244775 A1, 07.10.1926 CN 104370314 A, 25.02.2015 FR 2384721 A1, 20.10.1978 US 2733054 A1, 31.01.1956 US 2088817 A1, 03.08.1937 US 4396463 A1, 02.08.1983 GB 908938 A, 24.10.1962 Справочник коксохимика. В 6-и томах. Том 3. «Улавливание и переработка химических продуктов коксования»/Е.Т. Ковалев. – Харьков: Издательский Дом «ИНЖЭК», 2009. с. 89-93</p>
---	---

UA 112143 C2

(54) ЗНЕФЕНОЛЮЮЧИЙ СКРУБЕР**(57) Реферат:**

Винахід може знайти застосування для видалення фенолів з надсмольної аміачної води у коксохімічній промисловості. Знефенолюючий скрубер виконаний у вигляді вертикального циліндричного апарата, корпус якого поділено проміжним днищем на верхню, десорбційну частину, заповнену масообмінною насадкою, і нижню, абсорбційну, що містить три ступені масообміну, проміжне днище має патрубки для проходження циркулюючої пари, в десорбційній частині є вхід надсмольної води, вихід циркулюючої пари і знефеноленої води, в абсорбційній частині встановлено зрошувальні пристрої для розподілу розчину луґу, маютья вхід



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **111039** (13) **C2**
(51) МПК
B01D 47/14 (2006.01)
B01D 33/03 (2006.01)

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки: а 2016 01406	(72) Винахідник(и): Плохотнюк Євген Іванович (UA), Сосненко Антон Євгенійович (UA)
(22) Дата подання заявки: 19.02.2016	(73) Власник(и): ДЕРЖАВНИЙ ВИЩИЙ НАВЧАЛЬНИЙ ЗАКЛАД "НАЦІОНАЛЬНИЙ ГІРНИЧИЙ УНІВЕРСИТЕТ", пр. Карла Маркса, 19, м. Дніпропетровськ, 49000 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 10.03.2017	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою: UA 77166 U, 25.01.2013 SU 558693 A1, 25.05.1977 RU 2280492 C1, 27.07.2008 RU 2286834 C1, 10.11.2008 US 4344920 A, 17.08.1982 US 4344779 A, 17.08.1982 US 3458178 A, 29.07.1989 GB 955804 A, 22.04.1984 Юдашкин М.Я. Пылеулавливание и очистка газов в черной металлургии/ М.Я.Юдашкин. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - М.: Металлургия. - 1984. - С.134-138
(41) Публікація відомостей про заявку: 10.11.2016, Бюл.№ 21	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 10.03.2017 Бюл.№ 5	

(54) СКРУБЕР**(57) Реферат:**

Винахід належить до металургійної промисловості, а саме до пристроїв для очищення промислових газів.

Скрубер складається з розміщених в корпусі технологічних секцій з закріпленими на них решітками з гранульованою насадкою, бризкала, розвантажувальної секції з патрубками для підводу газу та відведення рідини, приводної секції з вібратором, при цьому решітка з насадкою кожної технологічної секції з'єднана з корпусом по периметру через пружні рукави, сполучені з джерелом пружного середовища, з можливістю регулювання параметрів коливання кожної решітки.

В результаті використання винаходу досягається не тільки підвищення ефективності очищення газів, поліпшення енерго- і трудозатрат при його експлуатації, а також регулювання параметрів процесу очищення газів без зупинки роботи скрубера.

UA 111039 C2

Скруббер вентури

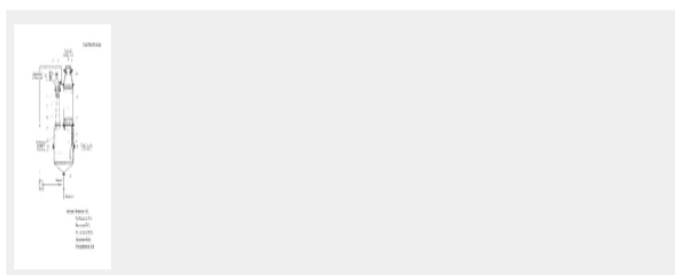
Abstract

Предлагаемое техническое решение относится к устройствам мокрой очистки газов от взвешенных частиц и газообразных примесей и может быть использовано в химической, нефтехимической и других отраслях промышленности.

Технический результат достигается тем, что скруббер Вентури снабжен накопителем орошающей жидкости, включающим входной, питающий, переливной и сливной патрубки, при этом труба Вентури и циклонный сепаратор расположены параллельно относительно друг друга и смонтированы на накопителе орошающей жидкости, при этом труба Вентури снабжена патрубком для отмывки от солевых отложений, а форсунки и распылитель жидкости выполнены в виде центробежно-струйных аппаратов с центральным подводом орошения, при этом каплеуловитель расположен в верхней части циклонного сепаратора и выполнен в виде ситчатой поверхности, а дополнительный сепаратор расположен в нижней части циклонного сепаратора и выполнен в виде центробежного каплеотделителя с коническим завихрителем, причем каплеуловитель установлен между распылителем жидкости и дополнительным сепаратором.



Техническим результатом предлагаемого технического решения является повышение эффективности процесса очистки газов от газообразных примесей.

Images (1)



RU171024U1

RU Grant

 Find Prior Art  Similar

Other languages: [English](#)

Inventor: [Андрей Евгеньевич Новиков, Денис Александрович Гребеньков, Петр Сергеевич Васильев, Максим Игоревич Филимонов, Мария Игоревна Ламскова, Александр Борисович Голованчиков](#)

Original Assignee: [Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Волгоградский государственный технический университет" \(ВолГТУ\)](#)

Priority date : 2017-01-09

Family: [RU \(1\)](#)

Date	App/Pub Number	Status
2017-01-09	RU2017100083U	
2017-05-17	RU171024U1	Grant

Info: [Patent citations \(3\)](#), [Non-patent citations \(1\)](#), [Similar](#)

Додаток Л

Публікації автора

Публікації автора

пошукача кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

Шиховцева Євгенія Романовича

1. Шиховцев Є.Р. Модернізація установки очистки газових викидів виробництва коксу з розробкою скрубера, парогенератора та підігрівача / Є.Р. Шиховцев, А.Р. Степанюк // Збірник тез доповідей XXI всеукраїнської науково–практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів». – 2017. - с.84-85.

2. Пат. №124282 України. МПК (2018.01) F28F 9/00, F28D 7/08 (2006.01), F28F 1/42 (2006.01). Кожухотрубний теплообмінник / Шиховцев Є.Р., Степанюк А.Р.; заявники Шиховцев Є.Р., Степанюк А.Р.; № у 2017012289; заявл. 12.12.2017; опубл. 26.03.2018, Бюл. №6.

3. Шиховцев Є.Р. Кожухотрубний теплообмінник для охолодження коксових газів / Є.Р. Шиховцев, А.Р. Степанюк // Збірник тез доповідей XIV міжнародної науково–практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання». – 2018. - с.78-79.

4. Шиховцев Є.Р. Модернізація рекуперативного теплообмінника / Є.Р. Шиховцев, А.Р. Степанюк // Міжнародний науковий журнал «Інтернаука»: технічні науки. – 2018. – №6(46). – С. 53-54.

5. Шиховцев Є.Р. Кожухотрубний теплообмінник для вилучення фенолу із стічних вод установки очистки димових газів / Є.Р. Шиховцев, А.Р. Степанюк // Збірник тез доповідей XV міжнародної науково–практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених «Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання». – 2018.

**МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ОЧИСТКИ ГАЗОВИХ ВИКИДІВ
ВИРОБНИЦТВА КОКСУ З РОЗРОБКОЮ СКРУБЕРА,
ПАРОГЕНЕРАТОРА ТА ПІДГРІВАЧА**

студент Шиковцев Є.Р., к.т.н., доц. Степанюк А.Р.

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

На сьогодні основними джерелами ароматичних сполук, в тому числі і бензолу, є продукти коксування кам'яного вугілля (коковий газ і кам'яновугільна смола) і продукти переробки нафти.

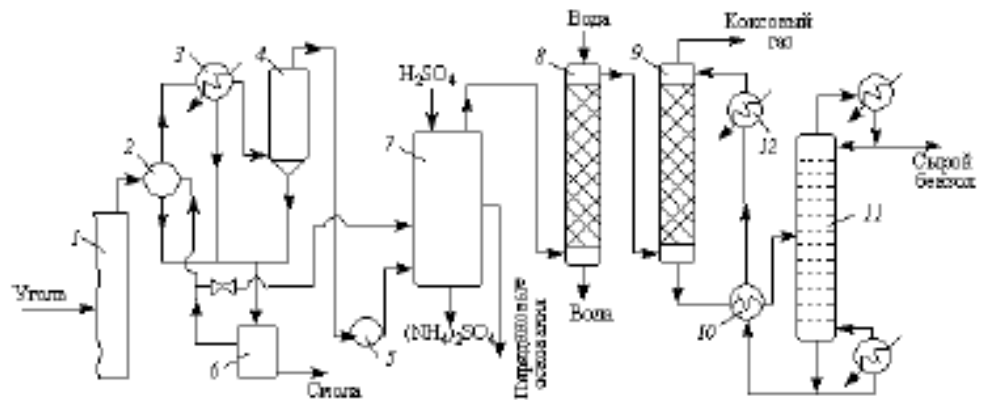
Коксування кам'яного вугілля проводиться з метою отримання коксу для металургійної промисловості. Подрібнення зерен до 3 мм і ретельно перемішуючи вугілля (шикту) нагрівають в спеціальних кокових печах або кокових батареях без доступу повітря при 1000-1250 °С протягом 14-16 год. У процесі коксування вугілля розкладається з утворенням твердого залишку - коксу (75 -80%) і летких речовин, так званого прямого кокового газу.

В летючих продуктах, що виділяються містяться пари кам'яновугільної смоли (80-130 г / м³), низькокиплячі ароматичні вуглеводні, в основному бензол і його найближчі гомологи - толуол і ксилол (30-40 г / м³), а також пари води, сірководень, аміак, оксид і діоксид вуглецю, метан, етан та ін. Зазвичай з 1 тони сухої шиксти утворюється 340-350 м³ кокового газу.

Отриманий коковий газ пропускають через ефективну систему конденсаторів і скрубєрів для розділення продуктів, що входять до його складу. Технологічна схема для конденсації і уловлювання летючих продуктів коксування кам'яного вугілля, зображена на рисунку 1, працює наступним чином [2].

Летючі продукти коксування (прямий коковий газ) з печі 1 потрапляють по стояках в газозбірну трубу 2. Там відбувається первинне охолодження і конденсація газу за рахунок випаровування аміачної води. З

Збірник тез доповідей XXI всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів" — газозбірної труби коксовий газ надходить в холодильник 3. Виходячи з холодильника газ містить смоляний туман і для його відділення проходить через електрофільтр 4, після газодувки 5 направляється на установку 7 для уловлювання аміаку і піридинових часток.



- 1- коксова піч; 2 - газозбірна труба; 3, 8, 12 - холодильники;
 4- електрофільтр; 5 - газодувка; 6 - сепаратор; 7 - установка для
 уловлювання; 9 - абсорбер; 10 - теплообмінник; 11 - десорбер

Рисунок 1 - Технологічна схема конденсації і уловлювання летючих продуктів коксування кам'яного вугілля

Метою даної роботи є модернізація установки очистки газових викидів виробництва коксу з розробкою скрубера, парогенератора та підігрівача виконання їх параметричних розрахунків та визначення геометричних розмірів.

Перелік посилань.

1. <https://studfiles.net/preview/2798922/page/6/> від 23.10.2017
2. http://chemanalytica.com/book/novyy_spravochnik_khimika_i_tekhnologa/12_obshchie_svedeniya/6124 від 23.10.2017

**КОЖУХОТРУБНИЙ ТЕПЛООБМІННИК
ДЛЯ ОХОЛОДЖЕННЯ КОКСОВИХ ГАЗІВ**

магістрант Шиховцев Є.Р., к.т.н., доц. Степанюк А.Р.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

На сьогодні основними джерелами ароматичних сполук, в тому числі і бензолу, є продукти коксування кам'яного вугілля (коковий газ і кам'яновугільна смола) і продукти переробки нафти [1].

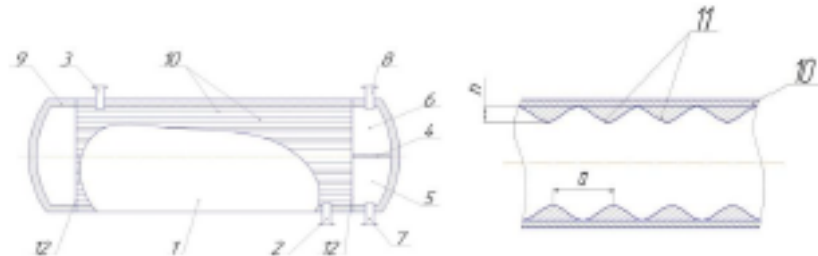
Коксовий газ - горючий газ, що утворюється в процесі коксування кам'яного вугілля, тобто при нагріванні його без доступу повітря до 900–1100 °С.

Газ, що утворюється при коксуванні, містить багато цінних речовин. Крім водню, метану, оксидів вуглецю, до його складу входять пари кам'яно-вугільної смоли, бензен (бензол), аміак, сірководень та ін. Парогазову суміш, що відходить з коксових камер, уловлюють і відводять у цех конденсації на переробку. Коксовий газ охолоджується до температури 25 — 30 °С, при цьому він конденсується і з нього виділяється смола, підсольна (аміачна) вода. Використовують як паливо у промислових печах, газових двигунах, як сировина в хімічній промисловості [1].

Для охолодження коксових газів використовують кожухотрубні теплообмінники, їх недоліком є невелика площа контакту фаз, і тим самим зменшується ефективність апарата, а також інтенсивність процесу охолодження.

Метою роботи є модернізація та проектування кожухотрубного теплообмінника для охолодження коксових газів. Поставлена задача вирішується тим, що в кожухотрубному теплообміннику встановлено труби з рельєфною поверхнею у вигляді виступів, розташованих на внутрішній поверхні. Виступи рельєфної поверхні виконані у вигляді параболічних виступів.

На рисунку 1 зображений кожухотрубний теплообмінник для охолодження коксових газів [2].



- 1- корпус; 2- патрубок входу продукту; 3- патрубок виходу продукту;
4- кришка; 5- камера подачі теплоносія; 6 - камера відводу теплоносія;
7- штуцер відводу; 8- штуцер відведення; 9- днище; 10- теплообмінні труби;
11- параболічні виступи; 12- трубна решітка.

Рисунок 1 –Кожухотрубний теплообмінник для охолодження коксових газів

Запропонована конструкція кожухотрубного теплообмінника забезпечує необхідний режим турбулізації потоку в міжтрубному просторі із одночасним збільшенням площі контакту, що забезпечує інтенсифікацію теплообміну, а отже і ефективність при експлуатації теплообмінного апарату.

Перелік посилань.

1. <https://uk.wikipedia.org/wiki> від 14.03.18
2. Заявка на корисну модель України. МПК (2017.01). Кожухотрубний теплообмінник /Шижовцев Є.Р., Степанюк А.Р.; заявник національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут». - № u 2017 12289; заявл. 12.12.2017.

Шиховець Євгеній Романович

магістрант

Національного технічного університету України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Шиховець Евгений Романович

магістрант

Национального технического университета Украины

«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

Shykhovtsev Yevheniy

Student of the

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Степанюк Андрій Романович

кандидат технічних наук, доцент кафедри

машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Степанюк Андрей Романович

кандидат технических наук, доцент кафедры

машин и аппаратов химических и нефтеперерабатывающих производств

Национальный технический университет Украины

«Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского»

Stepaniuk Andriy

PhD, Assistant Professor of Department of

Machines and Apparatus of Chemical and Petroleum Industries

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

МОДЕРНІЗАЦІЯ РЕКУПЕРАТИВНОГО ТЕПЛОБІМІННИКА МОДЕРНИЗАЦИЯ РЕКУПЕРАТИВНОГО ТЕПЛОБМЕННИКА MODERNIZATION OF RECEIVER HEAT EXCHANGER

Анотація. Запропоновано та обґрунтовано теплообмінник установи очищення коксових газових викидів.

Ключові слова: теплообмінник, теплопередача, теплообмінні труби.

Аннотация. Предложено и обосновано теплообменник установки очистки коксовых газовых выбросов.

Ключевые слова: теплообменник, теплопередача, теплообменные трубы.

Summary. The heat exchanger for a coke oven gas emission plant was proposed and justified.

Key words: heat exchanger, heat transfer, heat exchange pipes.

Постановка проблеми. Теплопередача у теплообміннику залежить від: площі поверхні контакту фаз, властивостей середовища матеріалу, товщини стінки. Матеріал не змінюється, тому на теплопровідність він не впливає, але якщо

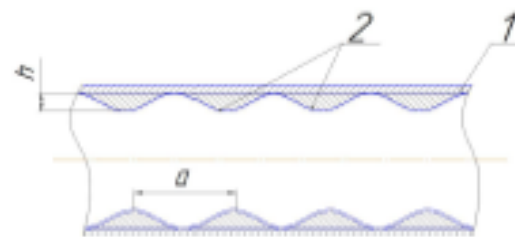
збільшити площу поверхні контакту фаз, тоді при сталому коефіцієнті теплопровідності, буде збільшуватись кількість тепла, що передається. Отже, використовуються модернізовані теплообмінні труби з параболічними виступами на внутрішній

поверхні, на рахунок чого збільшується площа поверхні контакту фаз та забезпечується необхідний режим турбулізації потоку в міжтрубному просторі, тому використання модернізованих теплообмінних труб є доцільним.

Метою статті є визначення впливу модернізованих теплообмінних труб на ефективність теплообміну.

Виклад основного матеріалу. Метою роботи є визначення впливу модернізованих теплообмінних труб на ефективність теплообміну, а саме визначення того як впливають параболічні виступи на внутрішній поверхні труб на інтенсивність проходження процесу теплообміну та турбулізацію потоку.

Схема перерізу теплообмінної труби в рекуперативному теплообміннику, наведено на рисунку 1 [1].



1 — теплообмінні труби; 2 — параболічні виступи

Рис. 1. Схема перерізу теплообмінної труби

Запропоноване технічне рішення забезпечує необхідний режим турбулізації потоку в міжтрубному просторі із одночасним збільшенням площі контакту фаз, що забезпечує інтенсифікацію теплообміну, а отже і ефективність при експлуатації теплообмінного апарату.

Із основного рівняння теплопередачі (1) видно, що кількість теплоти, яку можна передати, можна збільшити на рахунок збільшення площі поверхні контакту F [2].

$$Q = K \cdot F \cdot \Delta T, \quad (1)$$

де K — коефіцієнт теплопередачі, Вт/м²К; ΔT — різниця температур, К.

Коефіцієнт теплопередачі K збільшено на рахунок зменшення товщини стінки δ або збільшення F з боку меншого коефіцієнта теплопередачі. Таким чином теплообмін буде інтенсивнішим, а отже і ефективність використання теплообмінника вищою.

Площа зовнішньої поверхні циліндричних теплообмінних труб [2]:

$$F_{\text{зовн}} = 2\pi R L n, \quad (2)$$

де R — радіус труби, L — довжина труби, n — кількість труб.

Площа внутрішньої поверхні теплообмінних труб з параболічними виступами на їх внутрішній поверхні:

$$F_{\text{зовн}} = 2\pi R_{\text{вн}} L, \quad (3)$$

де

$$L_{\text{вн}} = \sqrt{2E} \cdot \left(\frac{\sqrt{2}}{2} x_2 \right) - \sqrt{2E} \cdot \left(\frac{\sqrt{2}}{2} x_1 \right)$$

x_1 — перша точка дуги; x_2 — друга точка дуги; E — еліптичний інтеграл 2 роду [3].

$L_{\text{вн}}$ — довжина труби з параболічними виступами, $L_{\text{вн}} > L$.

За рахунок використання модернізованих теплообмінних труб з параболічними виступами в нас збільшується L до $L_{\text{вн}}$, на рахунок чого збільшується площа поверхні контакту фаз та забезпечується необхідний режим турбулізації потоку в міжтрубному просторі.

Капітальні витрати будуть більшими, адже виготовлення труб з параболічними виступами потребує більше металу у порівнянні зі звичайними циліндричними трубами. А експлуатаційні витрати будуть значно меншими за рахунок ефективного використання теплоносія.

Висновок. Рекуперативний теплообмінник, в якому розташовані теплообмінні трубки з параболічними виступами на їх внутрішній поверхні забезпечує необхідний режим турбулізації потоку в міжтрубному просторі із одночасним збільшенням площі контакту фаз за рахунок збільшення L , що забезпечує інтенсифікацію теплообміну, а отже і ефективність при експлуатації теплообмінного апарату.

Література

1. Заявка 201712289 Кокухотрубний теплообмінник / Є. Р. Шихонцев, А. Р. Степанюк; заявник Є. Р. Шихонцев — № 201712289; заявл. 12.12.2017.
2. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. Изд. 7-е. Государственное научно-техническое издательство химической литературы. М. 1961., 831 с.
3. <http://cyclowiki.org/wiki> від 20.03.2018.