

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
_____ Ярослав КОРНІЄНКО
(підпис)
“ _ ” _____ 20__ р.

ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ
на здобуття ступеня бакалавра

Напрямок підготовки: 13 – Машинобудування

Спеціальність: 133 – Галузеве машинобудування

Програма професійного спрямування: Інжиніринг, комп’ютерне моделювання та проектування обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв

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

на тему: Модернізація холодильника установки виробництва суспензійного полістиролу

Виконав студент IV курсу, групи ЛН-71

Святослав ВІРИЧ

(підпис)

Керівник проекту

канд. техн. наук, доцент Микола ШВЕД
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Консультанти:

з охорони праці

канд. техн. наук, ст. викладач Андрій КОВТУН
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

з економіки

канд. техн. наук, доцент Сергій ГУЛІЄНКО
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент:

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цьому дипломному проекті
немає запозичень з праць інших авторів без
відповідних посилань.

Студент _____ Святослав ВІРИЧ

Київ – 2021

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

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Напрямок підготовки: 13 Машинобудування

Спеціальність: 133 – Галузеве машинобудування

Програма професійного спрямування: Інжиніринг, комп’ютерне моделювання та проектування обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МАХНВ

_____ Ярослав КОРНІЄНКО

(підпис)

“ __ ” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Віричу Святославу Ігоровичу

1. **Тема проекту:** Модернізація холодильника установки виробництва суспензійного полістиролу.

Керівник проекту Швед М.П. кандидат технічних наук, доцент

Затверджена наказом по університету від “26” квітня 2021 р. №1071-с

2. **Термін подання студентом проекту:** 9 червня 2021 р.

3. **Вихідні дані до проекту:** продуктивність по парі стирола – 3 кг/с. Температура пари – 150 °С. Холодильний агент – вода, температура на вході – 10 °С, температура на виході – 50°С.

4. **Зміст пояснювальної записки:** а) основна частина: розглянуті існуючі конструкції кожухотрубного теплообмінника, обґрунтувати вибір конструкції апарата; аналіз обраної конструкції в порівнянні з вітчизняними та світовими

аналогами; розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції:

параметричний, конструктивний та гідравлічний, розрахунки на міцність і надійність елементів конструкції апарата; складальне креслення теплообмінника та його основних складальних одиниць і деталей; розроблення рекомендації щодо монтажу та експлуатації теплообмінника; оцінка рівня стандартизації та уніфікації розробки;

б) охорона праці: аналіз відповідності апарата до вимог охорони праці, викладення основних вимог безпечної експлуатації апарата;

в) рекомендації щодо монтажу та експлуатації: надання рекомендацій щодо монтажу та експлуатації теплообмінника;

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): принципова схема установки – А1, кресленик складальний: теплообмінного апарата – А1, камери розподільчої – А1, корпусу – А1.

6. Консультанти розділів проекту:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Андрій КОВТУН		
Очікувані техніко-економічні показники застосування установки	Сергій ГУЛІЄНКО		

7. Дата видачі завдання: 18 травня 2021 р.

Студент

_____ Святослав ВІРИЧ
(підпис)

Керівник дипломного проекту

_____ Микола ШВЕД
(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи та питань, які мають бути розроблені відповідно до завдання	Терміни виконання	Позначки керівника про виконання завдань
1	2	3	4
1	Узгодження теми, вихідних даних, визначення джерел інформації. Обґрунтування актуальності проекту.	30.09.2020	
4	Опис установки. Схема установки. Вибір і опис конструкції теплообмінного апарата. Технічна характеристика установки, апарату. Добір матеріалів.	01.12.2020	
5	Параметричний розрахунок: визначення основних розмірів апарату. Розрахунок гідравлічного опору теплообмінного апарата	01.03.2021	
6	Розробка складальних креслень апарату і його складальних одиниць. Добір конструктивних параметрів конструктивних елементів апарату	25.04.2021	
7	Розрахунки на міцність. Розробка алгоритмів та програм розрахунку.	01.05.2021	
8	Уточнення графічної частини проекту та специфікацій	01.05.2021	
9	Обґрунтування економічної доцільності модернізації	16.05.2021	
10	Розробка вимог до апарата з питань охорони праці	28.05.2021	
11	Оформлення пояснювальної записки. Перевірка відповідності проекту діючим нормам за змістом і оформленням. Підготовка до захисту. Складення плану викладення доповіді, окремих питань	30.05.2021	

1	2	3	4
12	Попередній захист проекту	10.06.2021	
13	Корегування проекту за результатами попереднього захисту. Отримання рецензії, відзиву. Підготовка до захисту	11.06.2021	

Студент

_____ Святослав ВІРИЧ
(підпис)

Керівник дипломного проекту

_____ Микола ШВЕД
(підпис)

РЕФЕРАТ

УДК 66.045

Дипломний проект освітньо-кваліфікаційного рівня “бакалавр” на тему: “Модернізація холодильної установки виробництва суспензійного полістиролу”/ КПП ім. Ігоря Сікорського. Керівник Швед М.П. – К., КПП ім. Ігоря Сікорського 2021.- 86 с.: іл.. - Викон. С.І. Вірич. – Бібліогр.: с. 85.

Пояснювальна записка складається зі вступу, восьми розділів, висновків і списку посилань з 16 найменувань. Загальний обсяг записки становить 124 сторінок основного тексту, 14 рисунків, 10 таблиць.

Мета проекту — розробка конструкції кожухотрубного теплообмінника виробництва суспензійного полістиролу.

Записка містить опис технологічного процесу, вибір типу кожухотрубного теплообмінника, його місце в технологічній схемі, технічну характеристику апарата, порівняння основних показників розробленої конструкції з аналогами, патентне дослідження конструкції, наведено заходи, щодо охорони праці, проведено розрахунки, що підтверджують працездатність і надійність конструкції. Наведено рекомендації з монтажу та експлуатації. Проведено модернізацію установки та визначено очікувані техніко-економічні показники. Визначено рівень стандартизації та уніфікації.

ПОЛІСТИРОЛ, ТЕПЛООБМІННИК, ПОВЕРХНЯ ТЕПЛООБМІНУ, ВОДА, ОБИЧАЙКА, ТРУБНА РЕШІТКА, ЕЛІПТИЧНЕ ДНИЩЕ.

РЕФЕРАТ

УДК 66.045

Дипломный проект образовательно-квалификационного уровня "бакалавр" на тему: "Модернизация холодильной установки производства суспензионного полистирола" / КПИ им. Игоря Сикорского. Руководитель Швед М.П. - М., КПИ им. Игоря Сикорского 2021.- 86 с .: ил .. - Исполнитель. С.И. Вирич. - Библиогр .: с. 85.

Пояснительная записка состоит из введения, восьми глав, заключения и списка ссылок с 16 наименований. Общий объем записки составляет 124 страниц основного текста, 15 рисунков, 10 таблиц.

Цель проекта - разработка конструкции кожухотрубного теплообменника производства суспензионного полистирола.

Записка содержит описание технологического процесса, выбор типа кожухотрубного теплообменника, его место в технологической схеме, техническую характеристику аппарата, сравнение основных показателей разработанной конструкции с аналогами, патентное исследование конструкции, приведены мероприятия по охране труда, проведены расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность конструкции. Приведены рекомендации по монтажу и эксплуатации. Проведена модернизация установки и определены ожидаемые технико-экономические показатели. Определен уровень стандартизации и унификации.

ПОЛИСТИРОЛ, ТЕПЛООБМЕННИК, ПОВЕРХНОСТЬ ТЕПЛООБМЕНА, ВОДА, ОБЕЧАЙКА, ТРУБНЫЕ РЕШЕТКИ, ЭЛЛИПТИЧЕСКОЕ ДНИЩЕ

ABSTRACT

UDC 66.045

The diploma project of the educational qualification level "bachelor" on the topic: "Modernization of the refrigeration unit for the production of suspension polystyrene" / KPI named after Igor Sikorsky. Head Shved M.P. - M., KPI them. Igor Sikorsky 2021.- 86 p.: Ill .. - Performer. S.I. Virich. - Bibliography: p. 85.

The explanatory note consists of an introduction, eight chapters, a conclusion and a list of references with 16 titles. The total volume of the note is 124 pages of main text, 15 figures, 10 tables.

The goal of the project is to develop the design of a shell-and-tube heat exchanger for the production of suspension polystyrene.

The note contains a description of the technological process, the choice of the type of shell-and-tube heat exchanger, its place in the technological scheme, the technical characteristics of the apparatus, a comparison of the main indicators of the developed design with analogs, a patent study of the design, measures for labor protection are given, calculations are carried out to confirm the operability and reliability of the design. Recommendations for installation and operation are given. The installation was modernized and the expected technical and economic indicators were determined. The level of standardization and unification has been determined.

POLYSTYRENE, HEAT EXCHANGER, HEAT EXCHANGE SURFACE,
WATER, SHELL, PIPE GRIDS, ELLIPTICAL BOTTOM

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

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

-

на здобуття ступеня бакалавра

Напрямок підготовки: 13 Машинобудування

Спеціальність: 133 – Галузеве машинобудування

Програма професійного спрямування: Інжиніринг, комп'ютерне моделювання та проектування обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв

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

на тему: Модернізація холодильника установки виробництва суспензійного полістиролу

Зміст

Перелік скорочень, умовних позначень та термінів	12
Вступ.....	13
1 Призначення та область застосування теплообмінного апарата	14
1.1 Опис технологічного процесу	14
1.2 Вибір типу теплообмінника і його місце в технологічній схемі	16
2 Технічна характеристика теплообмінника	18
3 Опис та обґрунтування вибраної конструкції теплообмінника.....	19
3.1 Опис конструкції, основних складальних одиниць та деталей апарата ...	19
3.2 Вибір матеріалів.....	20
3.3 Порівняння основних показників обраної конструкції з аналогами.....	20
3.4 Патентне дослідження.....	23
4 Охорона праці	29
4.1 Пожежобезпека	29
4.2 Електробезпека	30
4.3 Виробниче освітлення.....	31
4.4 Повітря робочої зони.....	32
4.5 Інструкція з техніки безпеки під час виконання робіт	33
5 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції апарата.....	35
5.1 Визначення основних геометричних розмірів апарата	35
5.2 Конструктивний розрахунок	44
5.3 Визначення діаметрів штуцерів	45
5.4 Гідравлічний розрахунок	47
5.5 Розрахунок товщини циліндричної обичайки під дією внутрішнього тиску.....	49
5.7 Розрахунок товщини еліптичного днища під дією внутрішнього тиску	51
5.8 Розрахунок фланцевого з'єднання.....	53
6 Рекомендації щодо монтажу і експлуатації апарату	63

					ЛН71.065112.001 ПЗ				
Зм.	Лист	№ док-м.	Підпис	Дата					
Розроб.	Вірич				Модернізація холодильника установки виробництва суспензійного полістиролу	Літ.	Лист	Листів	
Перев.	Швед						10	101	
						КПІ ім. Ігоря Сікорського”, ІХФ, МАХНВ			
Н.Контр.	Степанюк								
Затв.									

7 Рівень стандартизації та уніфікації	66
8 Техніко-економічне обґрунтування модернізації	67
8.1 Техніко-економічне обґрунтування доцільності вдосконалення	67
8.2 Розрахунки витрат на проведення проектно-конструкторських робіт по вдосконаленню теплообмінника.....	67
Висновки	73
Выводы	75
Conclusions	77
Перелік посилань.....	79
Додаток А Документація до патентного дослідження	81
Додаток Б Комп'ютерний розрахунок елементів теплообмінника.....	87
Додаток В Патенти, які використані в патентному дослідженні	91
Додаток Г Список наукових праць.....	101

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перелік скорочень, умовних позначень та термінів

G – продуктивність, кг/с;

V – об’ємна витрата, м³/с;

P – тиск, МПа;

F – площа поверхні теплообміну, м²;

t – температура, К;

r – термічний опір, м²·К/Вт;

ρ – густина, кг/м³;

μ – коефіцієнт динамічної в’язкості, Па·с;

c – питома теплоємність, Дж/(кг·К);

Q – теплові витрати, Вт;

ω – швидкість, м/с;

λ – коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К);

α – коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м²·К);

K – коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²·К);

S – товщина, м;

E – модуль пружності, МПа;

σ – напруження в матеріалі, МПа;

$[\sigma]$ – допустиме напруження, МПа;

ϕ – коефіцієнт міцності зварного шва;

N – потужність, Вт;

Критерії:

Pr – критерій Прандтля;

Re – критерій Рейнольдса;

Nu – критерій Нусельта.

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

В хімічних, нафтопереробних та деяких інших галузях промисловості одним з найпоширеніших та не менш важливим є процес теплообміна, так як процеси масообміну тісно пов'язані з виділенням тепла, випаровуванням охолодженням та конденсацією. Для проведення перерахованих процесів використовують теплообмінні апарати, які призначені для охолодження чи нагрівання середовищ для технічної переробки речовин, або для утилізації теплоти.

Теплообмінні апарати використовують в харчових, фармацевтичних та суміжних галузях промисловості для постійного підведення або відведення теплоти від одного теплоносія до іншого. Для різних умов використання вибирають окремі конструкції теплообмінників. У кожній конструкції теплообмінної апаратури існують свої «плюси» та «мінуси», для виявлення яких спочатку проводять параметричні розрахунки, якщо недоліків не виявлено, то застосовують вибрану конструкцію, інакше вибирають інший тип теплообмінних апаратів.

Для запобігання високих витрат матеріалів є певні умови, які потрібно раціонально дотримуватись та вибирати необхідну конструкцію апаратів, які будуть забезпечувати задані технічні характеристики, та не порушують екологічних норм. Для кожного вибраного апарата проводять розрахунки, що підтвердять працездатність та надійність апарата в даній технологічній схемі.

У проекті розроблена конструкція кожухотрубного теплообмінника для охолодження парів стиролу.

Метою дипломного проекту є розробка конструкції холодильника установки виробництва полістиролу, проведення необхідних розрахунків, розроблення креслень.

Завдання отримав 12 квітня 2021 року.

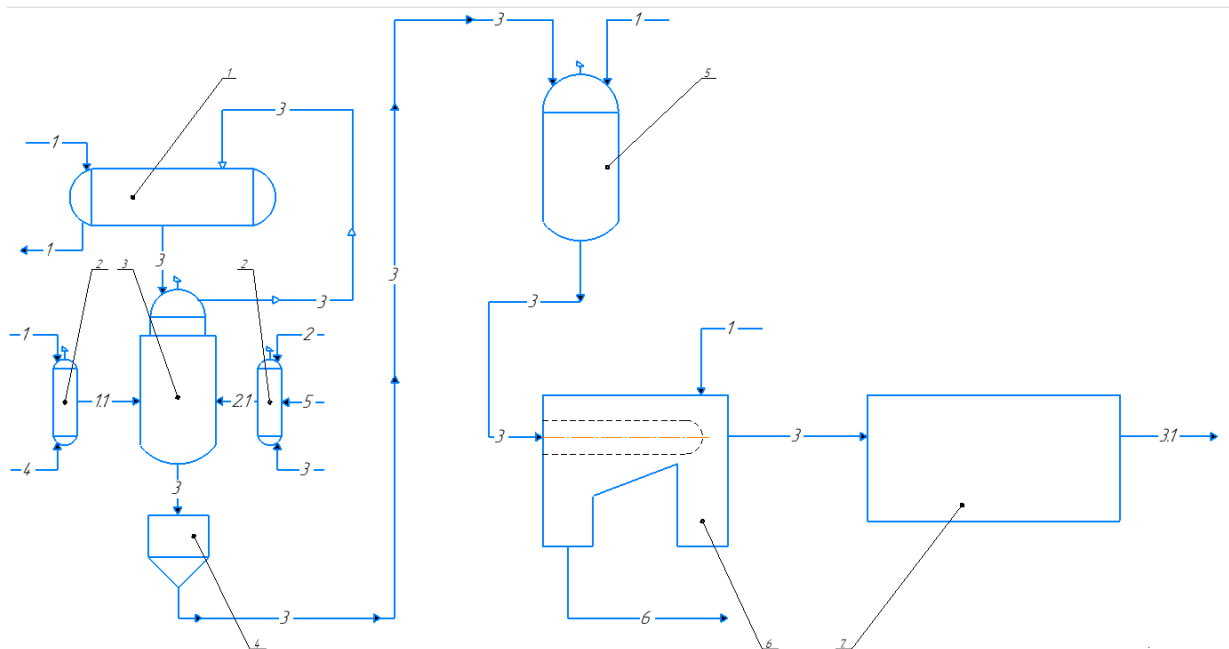
					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 Призначення та область застосування теплообмінного апарата

1.1 Опис технологічного процесу

Процес отримання суспензійного полістиролу періодичним методом [1] зображена на рисунку 1.1 і складається з наступних основних операцій:

- підготовка сировини,
- змішання компонентів,
- полімеризація,
- фільтрування з промиванням,
- сушка.



1 – теплообмінник; 2 – змішувачі; 3 – реактор; 4 – сито; 5 – проміжна ємність; 6 – центрифуга; 7 – сушилка.

Рисунок 1.1 - Схема виробництва полістирола суспензійним методом

Підготовка сировини полягає в приготуванні водного розчину стабілізатора, суспензії, а також розчину ініціатора і інших розчинних у стиролі добавок (регуляторів молекулярної маси, мастил та ін.). Застосовують органічні і неорганічні стабілізатори суспензії: полівініловий спирт, гідроксиду магнія і алюмінію і ін. Ініціаторами полімеризації служать перекисні (бензонла, Лаура і

ін.) або динітрилу азобісізомаєляній кислоти, Ничже в таблиці 1.1 наведені приблизні норми завантаження компонентів, ч. (мас.):

Таблиця 1.1 – Приблизні норми завантаження компонентів

Стирол, ч. (мас.):	100
Стабілізатор, ч. (мас.):	0,1-5,0
Вода, ч. (мас.):	100-200
Ініціатор, ч. (мас.):	0,1-1,0

До реактора 3 парарельно приєднуються два змішувачі 2 і теплообмінник 1. В один із змішувачів 2 поступають стирол, ініціатор і регулятор ланцюга. В інший - стирол і вода. Із реактора 3 пара стирулу поступає в теплообмінник 1, звідки конденсат повертається в реактор 3. Реактор - вертикальний циліндричний апарат з сорочкою і лопатевою мішалкою - виготовлений з кислототривкої сталі. Найбільш поширені реактори об'ємом 10-30 м³. Полімерізація стирулу проводиться при 50-130 °С протягом 9-12 годин. Режим процесу різниться в залежності від марки одержуваного полістирулу. Наявність застійних зон веде до неконтрольованого процесу полімерізації зі значним підвищенням температури і викидом парів стирулу в паровий простір. При цьому порушується матеріальний баланс реактора, реакція полімерізації уповільнюється, ефективність відведення теплоти знижується, що негативно впливає на продуктивність реактора та технологічні характеристики полістирулу. Встановлення над реактором кожухотрубного теплообмінника дозволяє конденсувати пари стирулу та повертати конденсат в реактор, що дозволяє вирішувати проблему з матеріальним балансом реакції. До того ж самовипаровування стирулу дозволяє суттєво інтесифікувати процес відведення теплоти реакції, що є важливим чинником при полімерізації стирулу. Отриманий полімер разом із суспензією зливається через сито 4, де затримуються великі грудки полімеру, в проміжну ємність 5. Суспензія після розбавлення водою для підвищення плинності надходить на центрифугу 6, де відбуваються віджимання і промивання полімеру. вологий полістирол

передається в повітряну сушарку 7. Основні недоліки суспензійної полімеризації – багатостадійність процесу і велика кількість стічних вод.

1.2 Вибір типу теплообмінника і його місце в технологічній схемі

Кожухотрубні теплообмінники широко застосовують в усіх галузях промисловості, через їх переваги в порівнянні з теплообмінниками інших типів.

Кожухотрубні теплообмінники застосовуються в хімічній, коксогазовій, цукровій та інших галузях промисловості. В хімічній промисловості застосовуються в якості теплообмінників для виробництва сірчаної, азотної, фосфорної кислот; в харчовій промисловості для виробництва лимонної кислоти, тощо.

Кожухотрубні теплообмінники всіх конструкцій знайшли застосування для систем рідина-рідина, рідина-пар, пар-газ в якості нагрівачів, охолоджувачів, випарників та конденсаторів, також використовують для охолодження та нагріву паро-газових сумішей. Одне з призначень кожухотрубних теплообмінників – нагрів та охолодження забруднених рідин, рідин з високою в'язкістю та розчинів, що містять волокнисті матеріали. Оскільки в'язка рідина проходить по одному каналу, то усувається проблема рівномірного розподілення в'язкої рідини по трубах і забезпечується ефективна робота апарата.

Кожухотрубні теплообмінники з нерухомими трубними решітками мають просту конструкцію та низьку вартість виготовлення у порівнянні з іншими стандартними теплообмінниками.

Крім того кожухотрубні теплообмінні апарати мають низку переваг: високий коефіцієнт теплопередачі, змога утилізації тепла, невеликий гідравлічний опір, компактність, мала забруднюваність поверхні теплообміну, можливість здійснювати рух теплоносіїв протитечією.

В даній технологічній схемі для проведення процесу конденсації парів стиролу застосовується горизонтальний кожухотрубний теплообмінник. Охолодження відбувається за допомогою води, яка є найбільш розповсюдженим

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

теплоносієм для охолодження. Теплообмінник розташований над реактором, а отриманий конденсат стиrolу повертається в реактор.

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 Технічна характеристика теплообмінника

Апарат призначено для охолодження парів стиролу.

1.Продуктивність, кг/с – 3.

2.Температура, °С:

а) парів стиролу на вході – 145;

б) конденсату стиролу на виході – 145;

в) води на вході – 10;

г) води на виході – 50.

3.Середовища у апарата:

а) у трубному просторі – вода;

б) у міжтрубному просторі – пар стиролу, що конденсується.

4.Робочий тиск, МПа :

а) у трубному просторі – 0,61;

б) у міжтрубному просторі – 0,6.

5.Габаритні розміри:

а) довжина – 2,528 м ;

б) ширина – 0,520 м ;

в) висота – 0,840 м ;

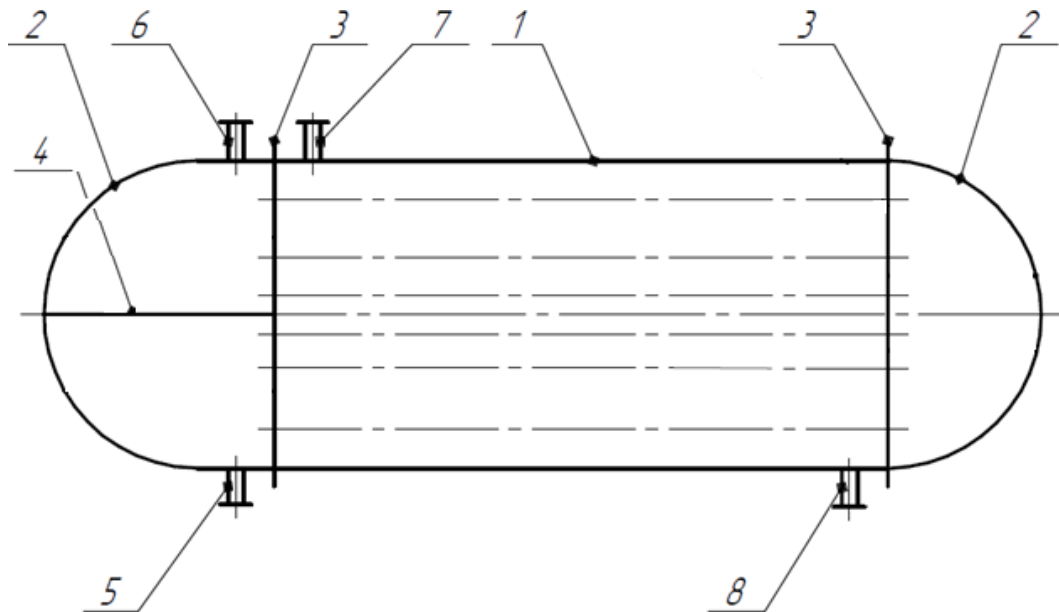
г) маса – 1000 кг .

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 Опис та обґрунтування вибраної конструкції теплообмінника

3.1 Опис конструкції, основних складальних одиниць та деталей апарата

Схема багатоходового горизонтального кожухотрубного теплообмінника представлена на рисунку 3.1.



1 – корпус; 2 – еліптичне днище; 3 – трубна решітка; 4 – перегородка;

5 – штуцер вводу води; 6 – штуцер виводу води;

7 – штуцер вводу парів стиролу; 8 – штуцер виводу парів стиролу

Рисунок 3.1 – Багатоходовий горизонтальний кожухотрубний теплообмінник

Застосування у технологічному процесі багатоходового горизонтального кожухотрубного теплообмінника зменшує габаритні розміри та ціну апарата. За рахунок такого методу теплоізоляції зменшуються витрати теплоти теплоносіїв та не змінюються розміри апарата.

При модернізації даного апарата використовуємо теплообмінник відповідно до [2] двоходовий горизонтальний кожухотрубний теплообмінник типу ТК з трубами 25х2 мм, зовнішній діаметр кожуха 400 мм, число труб $n=100$, довжина труб $l=2$ м, площа теплообміну $F=16$ м².

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

За рахунок такого методу теплоізоляції зменшуються витрати теплоти теплоносіїв та не змінюються розміри апарата.

При модернізації даного апарата використовуємо теплообмінник відповідно до [2] двоходовий горизонтальний кожухотрубний теплообмінник типу ТК з трубами 25х2 мм, зовнішній діаметр кожуха 400 мм, число труб $n=100$, довжина труб $l=2$ м, площа теплообміну $F=16$ м².

3.2 Вибір матеріалів

Матеріали виготовлення апарата вибираємо згідно [3].

Робота апарата проходить при контакті з вологою, тому кожух та труби виготовляється із легованої нержавіючої сталі марки сталь 12Х18Н10Т (ГОСТ 5632–88) границя міцності такої сталі при розтягуванні не менше 520 МПа. Патрубки, фланці та кришки також виготовлені із сталі 12Х18Н10Т. Болти – якісна вуглецева сталь марки 35 (ГОСТ 1050–88), які використовуються для деталей машин з підвищеними вимогами; границя міцності такої сталі при розтягуванні не менше 540 МПа. Гвинти установчі виготовляються із якісної вуглецевої сталі марки 10 (ГОСТ 1050–88). Шайби виготовляються із сталі Ст3 (ГОСТ 380-2005); границя міцності такої сталі при розтягуванні не менше 380–470 МПа. Прокладки виготовляються із пароніту (ГОСТ 7338–77).

3.3 Порівняння основних показників обраної конструкції з аналогами

Метою є порівняння обраної конструкції апарата з аналогами та обґрунтування доцільності використання обраного кожухотрубного теплообмінника.

Теплообмінники кожухотрубні (рисунок 3.2) мають нерухомі трубні решітки та оснащені спеціальними гнучкими елементами для компенсації різниці в подовженні кожуха і труб, що виникає внаслідок відмінності їх температур.

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

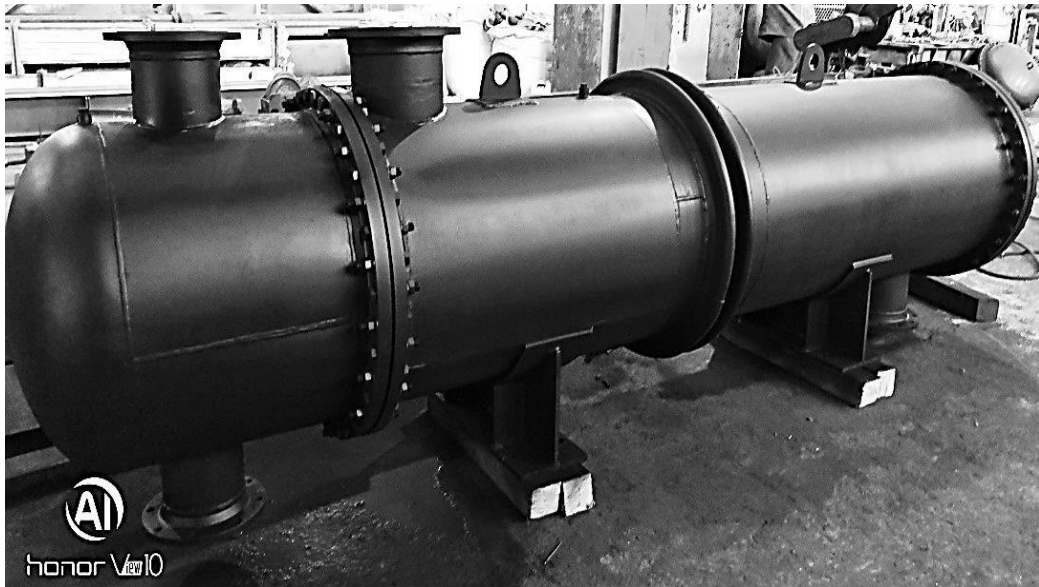


Рисунок 3.2 – Теплообмінник кожухотрубний

В порівнянні з пластинчастим теплообмінником (рисунок 3.3), за конструкцією запропонований в даній роботі кожухотрубний теплообмінник суттєво відрізняється. По-перше він застосовується для більшого діапазону тисків. По-друге, можливістю теплообміну на більш високих температурах в порівнянні з пластинчастими.

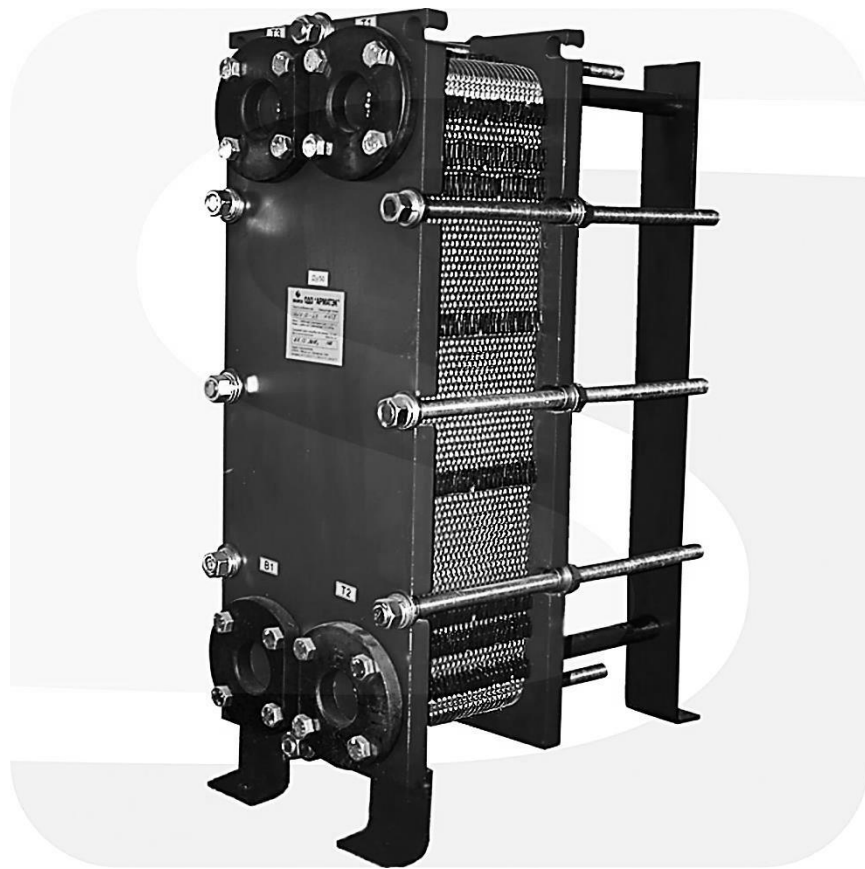


Рисунок 3.3 – Теплообмінник пластинчастий

В порівнянні зі спіральним теплообмінником, що зображений на рисунку 3.4, за конструкцією запропонований в даній роботі кожухотрубний теплообмінник також суттєво відрізняється. Він має меншу площу теплообміну ніж спіральний, менші габаритні розміри, більш просту конструкцію. Спіральні теплообмінники складні в обслуговуванні, дорожчі за кожухотрубні, мають великі гідравлічні опори та характеризуються поганою герметичністю.

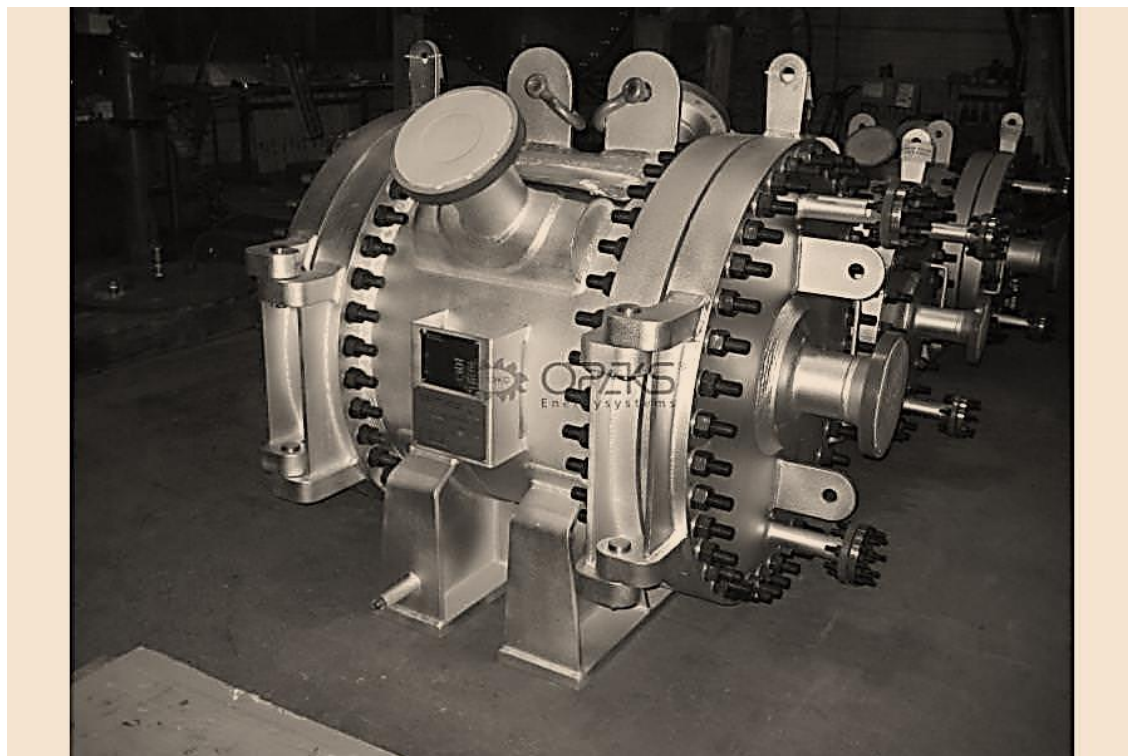


Рисунок 3.4 – Теплообмінник спіральний

В таблиці 3.1 наведена порівняльна характеристика вище наведених апаратів[2].

Таблиця 3.1 – Порівняльна характеристика теплообмінників

Назва	Кожухотрубний теплообмінник	Спіральний теплообмінник	Пластинчастий теплообмінник
Продуктивність, кг/с	3 (2)	3,2 (3)	3 (2)
Поверхня теплообміну, м ²	16 (2)	18 (2)	16 (2)
Складність конструкції	Складна (2)	Складна (2)	Проста (3)

Продовження таблиці 3.1

Маса апарата, кг	1000 (3)	1460 (2)	1860 (1)
Ціна, грн	220000 (3)	300000 (2)	340000 (1)
Сума балів	12	11	9

Висновки: Перевагою апарата, що проектується є менша маса, відносна дешевизна, в порівнянні з аналогами.

3.4 Патентне дослідження

Мета пошуку – знайти патенти апаратів, які за принципом дії найбільш схожі з розроблюваним апаратом.

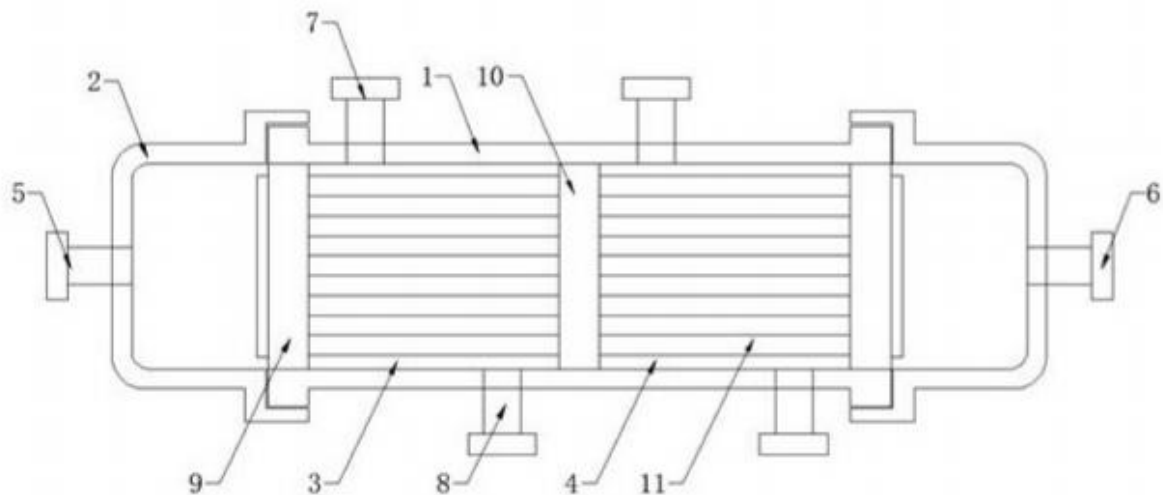
Порівняння конструкції проводиться з аналогами країн: Україна, Росія, Китай, Японія, Сполучені Штати Америки.

Для перевірки чистоти конструкції апарата проводимо патентний пошук, результатом якого стане знаходження об'єктів порівняння. Відібрані конструкції детально порівнюємо з нашою конструкцією. Результати пошуку наведені в додатку. Предметом пошуку є кожухотрубний теплообмінник. Для докладного аналізу було обрано патенти [4-8].

У патенті [4] представлено кожухотрубний теплообмінник, який містить оболонку і дві трубчасті коробки. Схема даного апарата зображена на рисунку 3.5.

Внутрішня частина оболонки розділена на першу порожнину теплообміну і другу порожнину теплообміну через перегородкову плиту. Безліч теплообмінних трубок можна самостійно розбирати та збирати, теплообмінні трубки зручно підтримувати та замінювати, рідина послідовно проходить через дві теплообмінні порожнини через безліч теплообмінних трубок . Теплообмін проводиться двічі через дві теплообмінні порожнини, а ефективність теплообміну теплообмінника покращується.

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1 – обичайка; 2 – днище; 3,4 – труби; 5,6,7,8 – штуцери; 9 – трубна решітка; 10 – перегородка

Рисунок 3.5 – Кожухотрубний теплообмінник

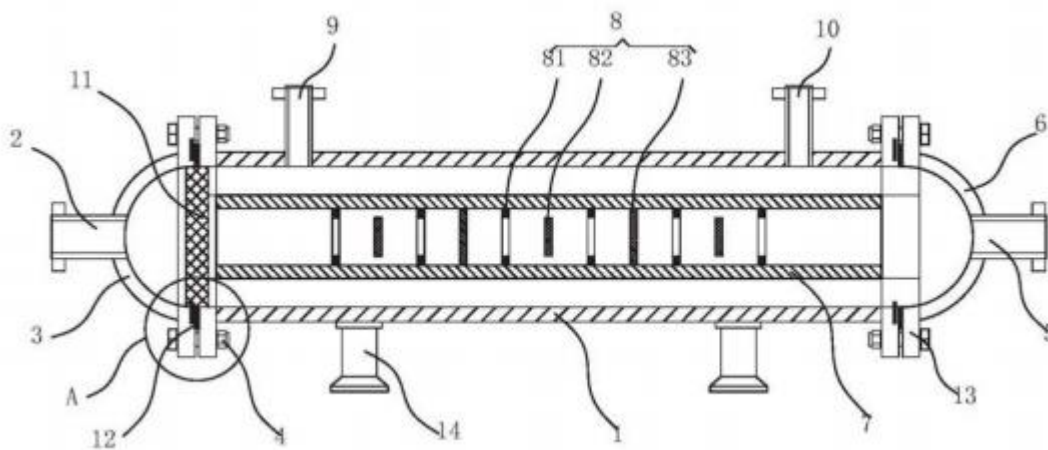
Переваги:

- 1) легко обслуговується;
- 2) підвищена продуктивність.

Недоліки:

- 1) великий гідравлічний опір;
- 2) малий термін експлуатації.

У патенті [5] представлено кожухотрубний теплообмінник, який представлено на рисунку 3.6. Корисна модель стосується технічної галузі теплообмінників. Кожухотрубний масляно-водяний теплообмінник містить оболонку, що включає корпус, опорні ніжки приварені до двох кінців нижнього шару оболонки. При цьому один кінець оболонки з'єднаний з першою трубчастою коробкою через першу сполучну конструкцію; масляний отвір приварений на іншому кінці першої коробчатої коробки; інший кінець оболонки з'єднаний з другою трубчастою коробкою через другу сполучну конструкцію; і теплообмінна труба нерухомо встановлена на одній стороні першої сполучної конструкції і розташована в оболонці, вхід води приварений до одного кінця верхньої сторони оболонки, а вихід води приварений до іншого кінця верхньої сторони оболонки.



1 – обичайка; 2,5,8,9,10,14 – штуцери; 6 – днище; 7 – перегородка; 11 – трубна решітка; 12 – прокладка, 13 – фланець

Рисунок 3.6 – Кожухотрубний теплообмінник

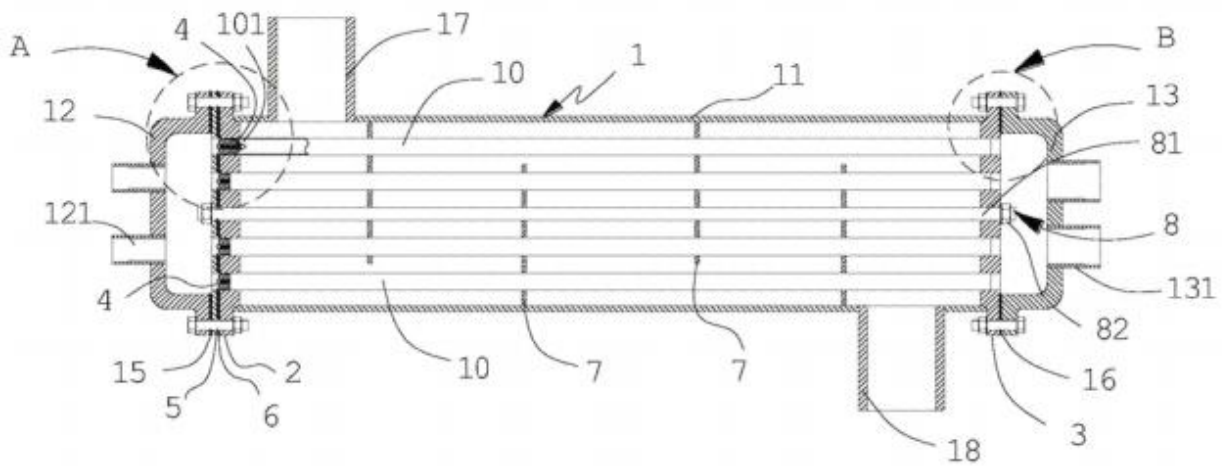
Переваги:

- 1) хороша герметизація;
- 2) надійність в експлуатації.

Недоліки:

- 1) не підходить для забруднених середовищ;
- 2) висока металоємність.

У патенті [6] представлено винахід, що відноситься до кожухотрубного теплообмінника зображено на рисунку 3.7. Він містить оболонку і теплообмінні трубки, при цьому два кінці теплообмінних трубок нерухомо розподіляються в оболонці через перші пластини труб і другі пластини труб; і кожухотрубний теплообмінник додатково містить вихрові генератори, встановлені на входних кінцях теплообмінних трубок, а вихрові генератори містять проміжні продукти та гвинтові лопатки, розташовані на периферіях проміжних продуктів в оточуючому режимі. Кожухотрубний теплообмінник простий за своєю структурою і не забезпечений зсередини рухомими частинами, продуктивність теплообмінника може бути ефективно покращена, покращена рівномірність потоку в теплообмінних трубках, довжина теплообмінних труб і розмір випарника зменшуються, а виробнича собівартість знижується.



1 – обичайка; 2,3,5,6,15,16 – болт; 4 – трубна решітка; 7,11 – перегородка; 12 – генератор, 13 – днище; 17,18 – фланець

Рисунок 3.7 – Кожухотрубний теплообмінник

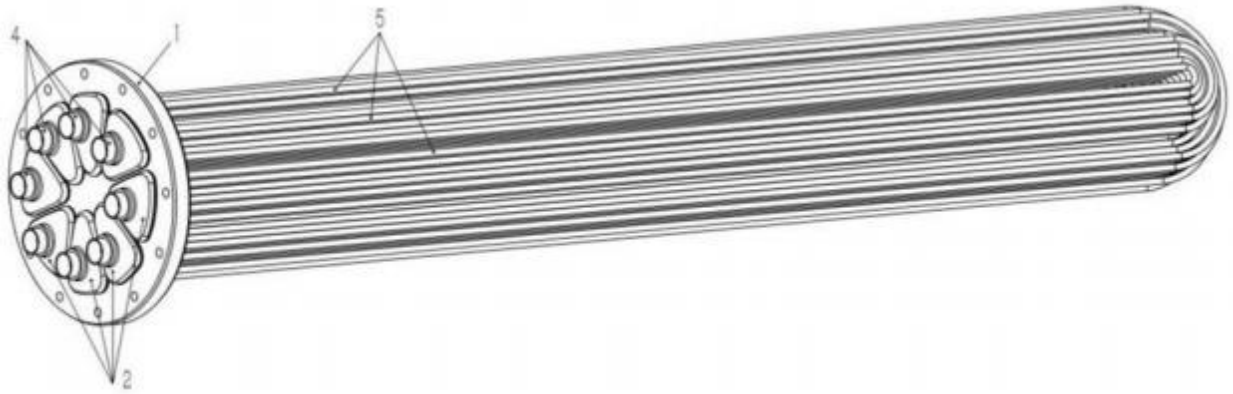
Переваги:

- 1) низька виробнича собівартість;
- 2) велика продуктивність.

Недоліки:

- 1) велика металоємкість;
- 2) важка конструкція ТО.

У патенті [7], на рисунку 3.8 представлено кожухотрубний т.о. Винахід відноситься до технічної галузі теплообмінників, зокрема до кожухотрубного теплообмінника. Кожухотрубний теплообмінник містить трубчасту пластину і кришки оболонки. На пластині труб розташовано кілька ділянок штампування пучків труб, а в будь-якій ділянці штампування пучків утворено безліч отворів для пучків труб. Багато кришок оболонки покривають відповідні області пробивання пучків труб, а в кришках оболонки утворюються з'єднувачі трубопроводів. Відповідно до теплообмінника кожухотрубного типу, оболонка охоплює лише тиск рідини між кришками оболонки та ділянками пробивання пучка труб, а кришки оболонки та пластина труб з'єднані зварним способом, так що корпус і трубка Теплообмінник має кращі характеристики підшипників тиску.



1 – фланець; 2 – трубна плита; 4 - труба; 5 - перегородка

Рисунок 3.8 – 3D модель кожухотрубного теплообмінника

Переваги:

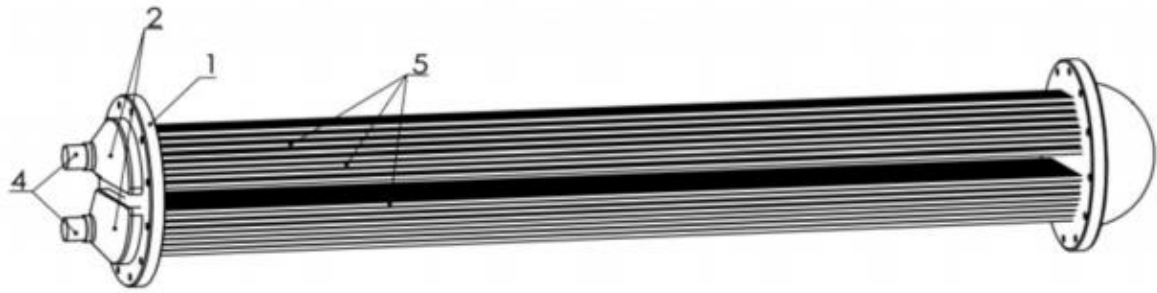
- 1) підвищена теплопередача;
- 2) малий гідравлічний опір.

Недоліки:

- 1) важко очищати труби;
- 2) складність в виготовленні та експлуатації.

У патенті [8], на рисунку 3.9 представлена корисна модель, що стосується технічної галузі теплообмінників, зокрема кожухотрубного теплообмінника. Теплообмінник містить трубчасту пластину і кришку оболонки, на ділянці трубної трубки розташовано безліч ділянок перфорації трубних пучків, і безліч отворів пучків труб утворено в будь-якій ділянці перфораційного пучка труб; багаторазові кришки корпусу покривають відповідні ділянки перфорації пучка труб, а з'єднувачі трубопроводу розташовані на кришках корпусу. Відповідно до кожухотрубного теплообмінника, кришка оболонки несе лише тиск рідини між кришкою оболонки та зоною перфорації пучка труб, а кришка оболонки та пластина труб з'єднані в режимі зварювання, так що кожухотрубний теплообмінник має кращі характеристики підшипників тиску.

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27



1 – трубна решітка; 2 – камера з теплоносієм, 4 – штуцер; 5 – труба

Рисунок 3.9 – Кожухотрубний теплообмінник

Переваги:

- 1) підвищена теплопередача;
- 2) підвищена продуктивність.

Недоліки:

- 1) складність в виготовленні та експлуатації;
- 2) не підходить для забруднених середовищ.

Висновок: проаналізовано і порівняно обрану конструкції з кращими китайськими та американськими аналогами в результаті чого встановлено, що апарат не містить принципових рішень запропонованих в розглянутих патентах.

4 Охорона праці

Розділ розроблено відповідно до матеріалів викладених в [9].

Згідно Закону України про охорону праці під час роботи лінії виготовлення полістиролу необхідно розробити безпечні умови праці персоналу. Враховуючи те, що під час процесу роботи виникають шкідливі фактори для здоров'я та життя людини, необхідно щоб ці фактори становили мінімальний ризик для життя людини, отже відповідали встановленим державним та галузевим стандартам, а також санітарним нормам та правилам. Забезпечення безпечних умов праці обумовлюють необхідність раннього виявлення небезпечних і шкідливих факторів, для того щоб на стадії проектування спланувати заходи, які слід проводити для забезпечення безпеки обслуговуючого персоналу.

Темою дипломного проекту є "Модернізація холодильника установки виробництва суспензійного полістиролу".

На етапі роботи з теплообмінним обладнанням робоче місце оператора ($S=100 \text{ м}^2$, $V=400 \text{ м}^3$) має такі шкідливі та небезпечні фактори:

1. Пожежонебезпека;
2. Електронебезпека;
3. Виробниче освітлення;
4. Повітря робочої зони.

4.1 Пожежонебезпека

При високих температурах полістирол формуються газоподібні горючі речовини, дане виробництво належить до категорії «Г» і є помірно пожежонебезпечним за ДСТУ Б В.1.1-36:2016.

Сумарні затрати на гасіння пожежі блоку виробництва полістиролу - 350л/с. Для гасіння увімкнених електромереж використовують порошкові вогнегасники ОП-50(з).

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

В приміщенні на взаємній відстані 25 м стоять пожежні гідранти з рукавами по 10 м.

До пожежних евакуаційних виходів - 30 м, таких виходів - 4.

Прохід дверей евакуаційних виходів - 2,5 м, Двері еваковиходу повинні відкриватись назовні відповідно до ДБН В. 1.1.7-2016.

4.2 Електробезпека

Приміщення класифікуємо за ступенем ураження електричним струмом до 1 класу (без підвищеної небезпечності) згідно ПУЕ-2017. Оскільки для роботи обладнання використовується напруга 220/380 В та частота 50 Гц, то використовують трьохфазну трьохпровідникову мережу з ізольованою нейтраллю, оскільки вона дозволяє використовувати дві робочі напруги – лінійну та фазову. Мережа з ізольованою нейтраллю в ізольованому режимі є найбільш безпечною при доторканні до фазового проводу.

Основні причини нещасного випадку від впливу електричного струму наступні:

- випадковий дотик або наближення на небезпечну відстань до струмоведучих частин, що перебувають під напругою;
- поява напруги на конструктивних металевих частинах електроустановки - корпусах, кожухах - у результаті ушкодження ізоляції й інших причин;
- виникнення крокової напруги на поверхні землі в результаті замикання дроту на землю.

Методи захисту працівників при звичайному режимі роботи лінії:

- використання різних типів ізоляції в електроустановках (ГОСТ 12.1.018-93):
 - а) робоча ізоляція, що сприяє нормальній роботі електроустановок та охороні працюючих від ураження електричним струмом;

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

б) додаткова ізоляція, яка сприяє охороні працюючих від ураження електричним струмом у разі несправної робочої ізоляції;

Методи захисту працівників від ураження електричним струмом при роботі лінії:

- детальний контроль ізоляції на мережі перед пуском лінії, $R_{із}=0,5$ мОм;
- систематичний інструктаж працівників щодо вимог техніки безпеки при роботі на лінії.

Для забезпечення безпечної роботи з електроустаткуванням кабелі й дроти вкладені в труби й заховані під підлогу, рубильники включення закриті в спеціальні шафи, при роботі з електроінструментами застосовуються індивідуальні засоби захисту.

4.3 Виробниче освітлення

Освітленість робочої зони має забезпечувати гігієнічні норми. Освітлення застосовується і штучне, і природне. У відповідності з нормами освітлення для даного устаткування та 4-го розряду зорових робіт нормоване значення освітлення $E_n = 200$ лк, коефіцієнт запасу $k = 1,8$. Природне освітлення застосовується бокове, а для штучного освітлення застосовують газорозрядні лампи денного освітлення типу ЛД-40, що характеризуються значною світловіддачею, довготривалою експлуатацією. Але я рекомендую використовувати більш сучасні та менш енергозатратні лампи денного освітлення типу Philips TL-D 36W/54-765. Оптимальна кількість світильників для загального штучного освітлення дорівнює 10. Тому світильники повинні рівномірно розміщатися по площі цеху у два ряди по 5 світильників.

Загальна освітленість складає $E_f = 250$ лк та відповідає вимогам ДБН В.2.5-28:2018.

Світильники штучного освітлення мають бути розташовані так, щоб забезпечувались надійність їх закріплення, безпечність, зручність обслуговування і необхідне освітлення з урахуванням його рівномірності.

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.4 Повітря робочої зони

Робоче місце забезпечене оптимальними нормами температури, відносної вологості і допустимою швидкістю вітру. Так як теплообмінник розташований на робочій території, за межами будівель підприємства, то робочий простір з чистим повітрям. Повітря апарату відпрацьоване викидається в атмосферу, потрібно забезпечити цілковиту очистку для неможливості забруднення повітря дрібними частками винесеного продукту. Характеристики повітря робочого простору відповідають ГОСТ 12.1.005-88.

Підтримання характеристик забезпечується взимку водяним опаленням з температурою теплоносія 80°C, а влітку - кондиціонером з контролем температури та об'єму повітря. Санітарно-гігієнічне нормування умов мікроклімату забезпечується завдяки ДСН 3.3.6.042-99. Так як згідно з санітарними нормами всі виробничі і допоміжні приміщення мають вентилюватися, організована природна вентиляція.

За таких умов праці виробництво відноситься до категорії 2а. У зв'язку з цим передбачено можливість відпочинку персоналу в закритому приміщенні.

Оптимальні і фактичні параметри температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні показані у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Оптимальні параметри мікроклімату

Період року	Температура повітря, °C	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря не більше, м/с
Холодний період року	19-21	60-40	0.2
Теплий період року	21-23	60-40	0.3

Температура внутрішніх поверхонь робочої зони (стіни, підлога, стеля), технологічного обладнання (екрани і т. ін.), зовнішніх поверхонь

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

технологічного устаткування, огорожуючих конструкцій не повинна виходити більш ніж на 2 °С за межі оптимальних величин температури повітря для даної категорії робіт, вказаних в таблиці.

Приміщення мають бути обладнані стендами з зазначеними правилами техніки безпеки, правилами з експлуатації установки, стендами з планом евакуаційних шляхів. Перед початком робіт працівники повинні проходити інструктаж з техніки безпеки.

4.5 Інструкція з техніки безпеки під час виконання робіт

Працівники повинні виконувати тільки ті функції, які вказані у їх посадових інструкціях.

Під час роботи заборонено:

- присутність сторонніх осіб на робочих місцях;
- захащувати приміщення предметами (обладнанням, яке не використовується, господарчими предметами);

Загальні вимоги з електробезпеки для працівників.

Усі електричні прилади і пристосування (ізоляція, електропровід, штепсельні з'єднання, вимикачі тощо) повинні бути справними і використовуватися за призначенням і згідно з правилами експлуатації.

Електропроводи, які прокладені від дрібного електрообладнання до місця включення їх у мережу, не повинні підлягати механічним пошкодженням, укладатися по підлозі у зоні досягнення їх ногами, а також по струмопроводжущим та палим поверхням.

Улаштування та експлуатація тимчасових електромереж у приміщеннях закладу забороняється.

Використовувати електроприлади побутового типу (чайник, кип'ятильник, електрообігрівач тощо) можна тільки, якщо частини, які нагріваються, знаходяться на поверхні, із негорючого матеріалу.

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Установлюючи апарати (штепсельні з'єднання, вимикачі тощо) установлюються на пальних поверхнях тільки з підкладкою під них негорючого матеріалу, виступаючого за габарити апарату не менш ніж на 0,01 м.

Забороняється:

- експлуатація кабелів і проводів із пошкодженою та утраченою у процесі експлуатації захисною властивістю ізоляції;
- використовувати нестандартні подовжувачі чи лампи накаливання;
- підвішувати світильники безпосередньо на струмоведучі проводи;
- завертати електролампи і світильники папером, тканиною та іншими пальними матеріалами, експлуатація їх із знятими ковпаками (розсіювачами);
- використовувати електрообладнання в умовах, не відповідних указівкам виробника;
- залишати без нагляду електрообладнання;
- використовувати вимикачі, штепсельні з'єднання, струмоведучі проводи для підвішування одягу та інших предметів, заклеювати ділянки електропроводки папером чи пальними матеріалами;
- використовувати побутові електроприлади без негорючих підставок і без дозволу на їх експлуатацію;
- переносити електроприлади, які знаходяться під напругою.

При виявленні несправності у електромережах і електрообладнанні, які можуть викликати іскріння, коротке замикання, зверх допущеного нагрівання пальної ізоляції кабелю і проводів, необхідно негайно припинити їх експлуатацію та повідомити керівництво.

Самостійний ремонт електромереж, електроапаратів, електрообладнання забороняється.

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції апарата

5.1 Визначення основних геометричних розмірів апарата

Мета розрахунку: визначити основні геометричні розміри теплообмінника.

Вихідні дані:

Температура парів стиролу, °C 150

Температура води на вході $t_{2\text{поч}}$, °C 10

Температура води на виході $t_{2\text{кін}}$, °C 50

Масові витрати стиролу G_1 , кг/сек 3

Теплообмінник до параметричного розрахунку наведений на рисунку 5.1.

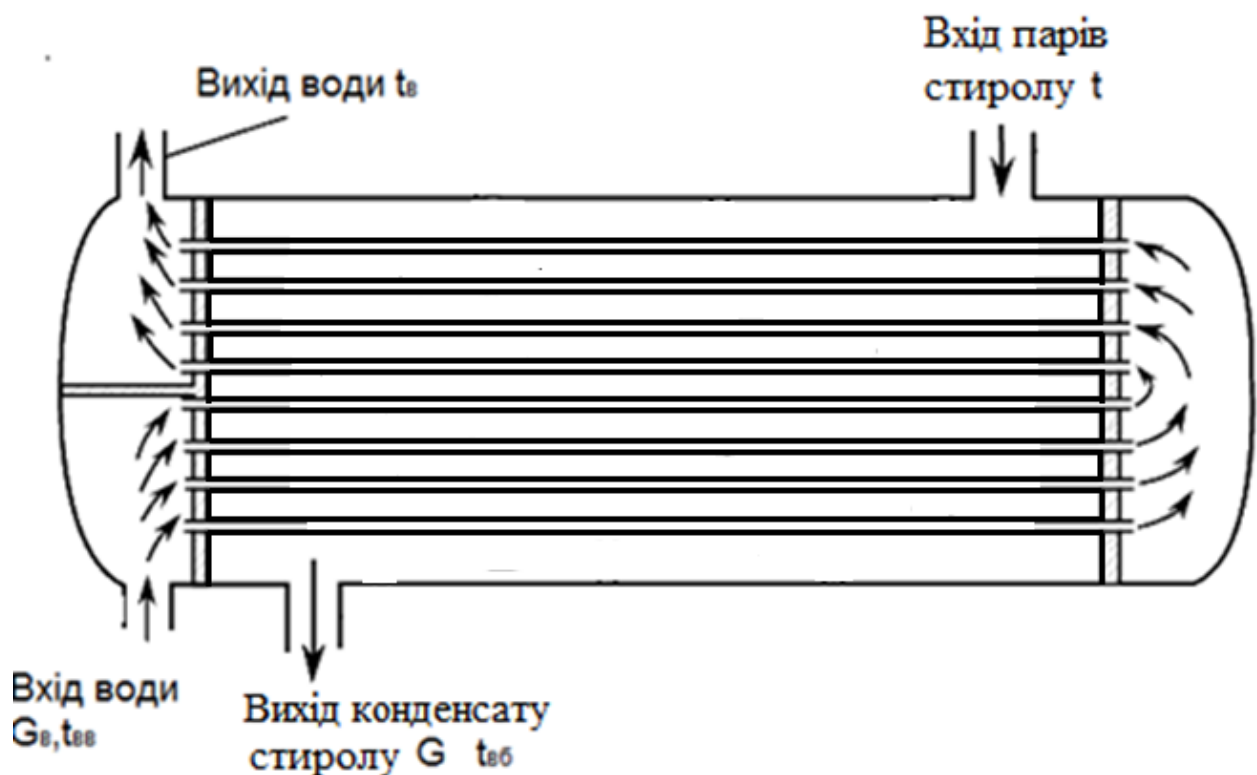


Рисунок 5.1 – Кожухотрубний теплообмінник

Прийmemo для міжтрубного простору (стирол) індекс "1", а для трубного простору (вода) – індекс "2".

Знайдемо температуру кипіння Стиролу, що кипить при атмосферному тиску [10] задана в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

Речовина	Температура кипіння, °C
Стирол (C ₈ H ₈)	145.2

В теплообміннику охолоджуючи агентом є вода. Поглинаючи тепло трубки, вода нагрівається при температурі. Для того, щоб охолодити пари стиrolу (C₈H₈) до температури конденсації, необхідно щоб температура води була меншою, ніж температура конденсації стиrolу.

Температурна схема:

$$\begin{array}{ccc}
 145 & \longrightarrow & 145 \\
 10 & \longrightarrow & 50 \\
 \hline
 \Delta t_6 = 135 & & \Delta t_m = 95
 \end{array}$$

Середня різниця температур:

$$\Delta t_c = \frac{\Delta t_6 + \Delta t_m}{2} = \frac{135 + 95}{2} = 115 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{, так як } \frac{\Delta t_6}{\Delta t_m} < 2$$

Середня температура стиrolу:

$$t_1 = \frac{t_{1\text{поч}} + \Delta t_{1\text{кін}}}{2} = \frac{145 + 145}{2} = 145 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Середня температура води:

$$t_2 = \frac{t_{2\text{поч}} + \Delta t_{2\text{кін}}}{2} = \frac{10 + 50}{2} = 30 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Всі теплофізичні дані води для даної температури задані в таблиці 5.2, а саме для 30 °C взяті з [10]

Таблиця 5.2

Речовина	Температура				
	30°C				
	Густина, кг/м ³	Питома теплоємність, Дж/кг*К	Динамічний коефіцієнт в'язкості, мПа*с	Теплопровідність, Вт/м*К	Критерій Прандтля Pr
Вода	996	4174	0,798	0.613	5.42

Знайдемо густину стиролу C₈H₈ при температурі 100 °C і 150 °C[10] та запишемо в таблицю 5.3.

Таблиця 5.3

Речовина	Температура	
	100°C	150°C
	Густина, кг/м ³	
Стирол C ₈ H ₈	834.6	790

Знайдемо густину C₈H₈ при температурах 145 °C за допомогою інтерполяційних формул.

Густина стиролу C₈H₈ при t=145 C:

$$\rho_1 = 834.6 + (145 - 100) \frac{790 - 834.6}{150 - 100} = 794 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3};$$

Об'ємний видаток стиролу:

$$V_1 = \frac{G_1}{\rho_1} = \frac{3}{794} = 3,778 \times 10^{-3} \frac{\text{м}^3}{\text{с}};$$

Теплота пароутворення стиролу C₈H₈ записана в таблиці 5.4.[10]. Задані наступні дані при температурах 100 °C і 150 °C.

Таблиця 5.4

Речовина	Температура	
	140°C	150°C
	Теплота пароутворення, кДж/кг	
C ₈ H ₈	361	355

Теплота пароутворення стиролу при 145°C:

$$r_{11} = 361 + (145 - 140) \frac{355 - 361}{150 - 140} = 358 \times 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}};$$

Витрати теплоти на конденсацію стиролу складають:

$$Q = G_1 \times r_1 = 3 \times 358000 = 1,074 \times 10^6 \text{ Вт};$$

Витрати охолоджувальної води:

$$G_2 = \frac{Q}{c_2(t_{2\text{кін}} - t_{2\text{поч}})} = \frac{1,074 \times 10^6}{4200(50 - 10)} = 6.392 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Об'ємний видаток води:

$$V_2 = \frac{G_2}{\rho_2} = \frac{63.92}{995.7} = 0.0064 \frac{\text{м}^3}{\text{с}},$$

де $\rho_{\text{вод}} = 995.7 \text{ кг/м}^3$ – густина для води при 30 °C [10]

Приймемо значення коефіцієнта теплопередачі $K_{\min} = 450 \text{ Вт/м}^2\text{К}$ (таблиця 4.8, стор. 172 [2]). Тоді максимальна площа поверхні теплообміну становить:

$$F_{\max} = \frac{Q}{K_{\min} \times \Delta t_c} = \frac{1074000}{450 \times 115} = 20.7 \text{ м}^2$$

Теплообмін найбільш ефективний при турбулентному русі. Тому приймаємо критерій Рейнольдса для води в трубному просторі приймемо $Re_v = 11000$. При цьому швидкість теплоносія:

$$\omega_2 = 11000 \frac{\mu_2}{d_{\text{вн}} \times \rho_2} = 10^4 \frac{0.792 \times 10^{-3}}{0.021 \times 995.7} = 0,3787 \frac{\text{м}}{\text{с}};$$

де $\mu_2 = 0,792 \cdot 10^{-3} \text{ Па}\cdot\text{с}$ – в'язкість води при 30 °C [10]

$\rho_{\text{вод}} = 995.7 \text{ кг/с}$ – густина для води при 30 °C [10]

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$d_{\text{вн}}=0.021$ м – внутрішній діаметр теплообмінної труби.

Необхідна кількість труб:

$$n' = \frac{V_2}{\frac{\pi}{4} \times d_{\text{вн}}^2 \times \omega_2} = \frac{0.064}{\frac{\pi}{4} \times 0.021^2 \times 0.3787} = 48.817 \approx 49$$

З таблиці [2] знаходимо, що є двуходовий теплообмінник діаметром 400мм з числом труб 100, розмірами 25х2, площею теплообміну 16 м², і довжиною труб 2м. Цей теплообмінник найкраще підходить для заданого процесу нагрівання серед інших можливих типорозмірів кожухотрубчатих теплообмінників. Розрахуємо цей теплообмінник.

Уточнюємо значення критерія Рейнольдса:

$$Re_2 = \frac{11000 \times n'}{n} = 11000 \frac{49}{100/2} = 10780$$

Визначимо коефіцієнт теплопровідності стиролу. В таблицю 5.5 записуємо дані взяті з посібника [10].

Таблиця 5.5

Речовина	Температура	
	120°C	150°C
	Теплопровідність, Вт/м×К	
Стирол(C ₈ H ₈)	0.116	0,109

Коефіцієнт теплопровідності стиролу при температурі 145°C:

$$\lambda_1 = 0.116 + (145 - 120) \frac{0.109 - 0.116}{150 - 120} = 0.11 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \times \text{К}}$$

Критерій Прандтля для води при температурі 30°C:

$$Pr_2 = \frac{c_2 \mu_2}{\lambda_2} = \frac{4174 \times 0.798}{0.613} = 5.42$$

Поправку Міхеєва для випадку нагрівання рідини приймаємо рівною 1,05. Число Нуссельта знаходимо із критеріального рівняння для турбулентного режиму руху в прямих трубах:

$$Nu_2 = 0.021 \varepsilon_1 Re_2^{0.8} Pr^{0.43} \left(\frac{Pr}{Pr_{ct}} \right)^{0.25} = 0.021 \times 1 \times 10780^{0.8} \times 5.42^{0.43} \times 1.05 = 71$$

де $\varepsilon_l = 1$ — коефіцієнт, який враховує вплив на величину α відношення довжини труби до її діаметра [2].

Коефіцієнт тепловіддачі для води:

$$\alpha_2 = \frac{Nu_2 \times \lambda_2}{d_{BH}} = \frac{71 \times 0.613}{0.021} = 2072.5 \text{ Вт/м}^2 \times \text{К}$$

Визначення коефіцієнта тепловіддачі для стиролу:

$$\alpha_1 = \frac{1,28 \varepsilon_t A_t}{(d_1 \Delta t)^{0,25}} = \frac{1,28 \cdot 1 \cdot 7420}{(0,021 \cdot 30)^{0,25}} = 10660 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$$

де Δt — середня температура між температурою стінки і температурою стиролу, приймаємо 30 °С

A_t — знаходимо з таблиці [2], для $t = 145$ °С приймаємо значення $A_t = 7420$

Визначення термічного опору стінки труби.

$$r_{ct} = \frac{l_{ct}}{\lambda_{ct}} = \frac{0.002}{17.5} = 43 \times 10^{-6} \frac{\text{м}^2 \text{К}}{\text{Вт}}$$

Термічний опір забруднень становить: зі сторони стиролу $r_{31} = 1/5800 \frac{\text{м}^2 \times \text{К}}{\text{Вт}}$. Зі сторони води $r_{32} = 1/5800 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$.

Труби теплообмінника виготовлені з нержавіючої сталі, коефіцієнт теплопровідності якої $\lambda_{ct} = 17,5 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ [2].

Сумарна теплопровідність становить:

$$\frac{1}{\sum r_{ct}} = \frac{1}{\frac{1}{5800} + \frac{0,002}{17,5} + \frac{1}{5800}} = 1339,9 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{К}}$$

Коефіцієнт теплопередачі:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} \cdot \sum r_{ct} \cdot \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{2072,5} + \frac{1}{1339} + \frac{1}{10660}} = 755,7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{К}}$$

Поверхнева густина теплового потоку:

$$q = K \times \Delta t_{cep} = 755,7 \times 115 = 86905,5 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$$

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Температура стінки:

$$t_{\text{ст2}} = t_2 + \frac{q}{\alpha_2} = 30 + \frac{86905,5}{2072,5} = 71,94 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

$$t_{\text{ст1}} = t_1 - \frac{q}{\alpha_1} = 145 - \frac{86905,5}{10660} = 136,84 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Середня температура між температурою стінки і температурою стиролу:

$$\Delta t = t_1 - t_{\text{ст1}} = 145 - 136,84 = 8,16 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Знайдемо критерій Прандтля для води при температурі стінки

$$t_{\text{ст2}} = 71,94 \text{ }^{\circ}\text{C}:$$

$$Pr_{2\text{ст}} = \frac{c_{2\text{ст}} \mu_{2\text{ст}}}{\lambda_{2\text{ст}}} = \frac{4189 \cdot 0,396 \cdot 10^{-3}}{0,669} = 2,48$$

де $c_{2\text{ст}} = 4189 \text{ кДж/кг} \cdot ^{\circ}\text{C}$ — теплоємність води при $t_{\text{ст2}} = 71,94 \text{ }^{\circ}\text{C}$ [10];

$\mu_{2\text{ст}} = 0,396 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$ — динамічний коефіцієнт в'язкості води при $t_{\text{ст2}} = 71,94 \text{ }^{\circ}\text{C}$ [10];

$\lambda_{2\text{ст}} = 0,669 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$ — коефіцієнт теплопровідності води $t_{\text{ст1}} = 71,94 \text{ }^{\circ}\text{C}$ [10];

Знайдемо відношення критеріїв Прандтля:

$$\left(\frac{Pr_1}{Pr_{1\text{ст}}}_p \right)^{0,25} = \left(\frac{5,42}{2,48} \right)^{0,25} = 1,21.$$

Розрахуємо похибку:

$$\frac{\left| \left(\frac{Pr_1}{Pr_{1\text{ст}}}_p \right)^{0,25} - \left(\frac{Pr_1}{Pr_{1\text{ст}}}_{\text{пр}} \right)^{0,25} \right|}{\left(\frac{Pr_1}{Pr_{1\text{ст}}}_p \right)^{0,25}} \cdot 100\% = \frac{|1,21 - 1,05|}{1,28} \cdot 100\% = 12,5 \%$$

Перерахуємо критерій Нуссельта:

$$\begin{aligned} Nu_2 &= 0,021 \cdot \varepsilon_l \cdot Re_1^{0,80} \cdot Pr_1^{0,43} \cdot \left(\frac{Pr_1}{Pr_{\text{см1}}} \right)^{0,25} = \\ &= 0,021 \cdot 1 \cdot 10780^{0,80} \cdot 5,42^{0,43} \cdot 1,21 = 84,28 \end{aligned}$$

Перерахуємо коефіцієнт тепловіддачі від води до стінки труби:

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\alpha_2 = \frac{Nu_2 \lambda_2}{d_2} = \frac{84,28 \times 0.613}{0.021} = 2460 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

Перерахуємо коефіцієнт тепловіддачі для стиролу у випадку конденсації на пучку горизонтальних труб з урахуванням уточнення $\Delta t = 8,16 \text{ }^\circ\text{C}$. :

$$\alpha_1 = \frac{1,28 \varepsilon_t A_t}{(d_1 \Delta t)^{0,25}} = \frac{1,28 \cdot 1 \cdot 7420}{(0,021 \cdot 8,16)^{0,25}} = 11638,12 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К};$$

Коефіцієнт теплопередачі:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} \cdot \sum r_{\text{ст}} \cdot \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{11638,12} + \frac{1}{1339} + \frac{1}{2460}} = 796,3 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{К}};$$

Розрахункова площа поверхні теплообміну:

$$F_p = \frac{Q}{K \times \Delta t_{\text{сер}}} = \frac{1,074 \times 10^6}{796,3 \times 115} = 12,5 \text{ м}^2;$$

Визначимо запас поверхні теплообміну:

$$\frac{F - F_p}{F_p} = \frac{16 - 12,5}{12,5} \times 100\% = 27 \%$$

Висновок: Площа поверхні теплообміну теплообмінника – 16 м².
Розрахункова площа теплообміну – 12.5м². Запас поверхні теплообміну – 27 %.
Теплообмінник має бути з лінзовим компенсатором (тип ТК).

В результаті теплового розрахунку, були визначені основні параметри процесу теплообміну та записані в таблицю 5.6

Таблиця 5.6 - Параметри процесу теплообміну

Параметр	Значення
Необхідна поверхня теплообміну, м ²	12,5
Коефіцієнт тепловіддачі (від води до труби), Вт/м ² К	2460
Коефіцієнт тепловіддачі (від труби до стиролу), Вт/м ² К	11638
Коефіцієнт теплопередачі, Вт/м ² К	796
Режим руху води	Турбулентний
Критерій Рейнольдса	10780
Швидкість руху води, м/с	0,38

Продовження таблиці 5.6

Об'ємний видаток води, $\text{м}^3/\text{с} \cdot 10^4$	64
Масовий видаток стиролу, $\text{кг}/\text{с}$	3

Найбільш оптимальним для охолодження парів стиролу до температури конденсації є багатоходовий теплообмінник із наступною характеристикою в таблиці 5.7

Таблиця 5.7 - Характеристика теплообмінника

Кількість ходів	2
Площа поверхні теплообміну, м^2	16
Довжина труб, м	2
Кількість труб	100
Внутрішній діаметр труби, м	0,021
Товщина стінки труби, м	0,002
Робочий тиск, $\text{кгс}/\text{см}^2$ (кПа)	6

5.2 Конструктивний розрахунок

Мета розрахунку: визначення параметрів розміщення труб в трубній решітці.

Вихідні дані:

Діаметр труби d , м: 0,025;

Кількість труб, шт.: 100.

Розрахункова схема до конструктивного розрахунку наведена на рисунку 5.2.

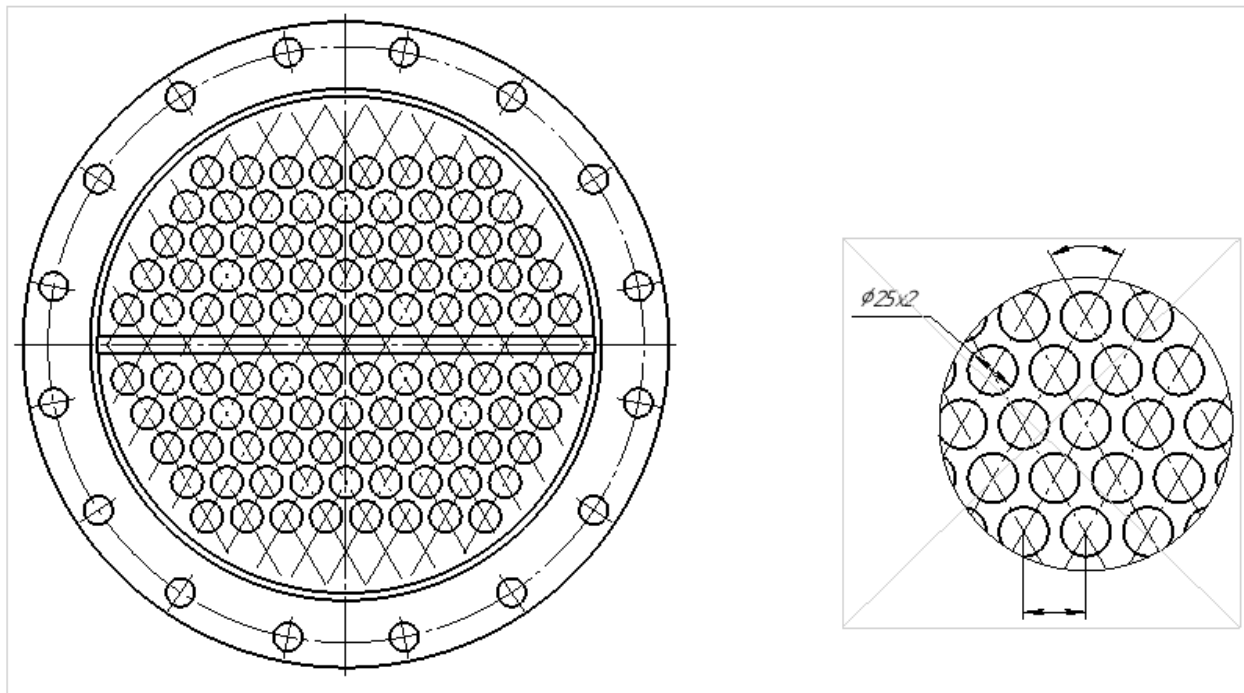


Рисунок 5.2 – Схема конструкції трубної решітки

Розрахунок здійснюємо за методикою, викладеною в [2].

Такий характер руху має місце в міжтрубному просторі кожухотрубних теплообмінників з поперечними перегородками. Відстань $l_{\text{п}}$ між перегородками для стандартних кожухотрубних апаратів визначається за ГОСТ або при стрілці сегмента b , рівній чверті частині внутрішнього діаметра кожуха $b = 0,25D$

$$l_{\text{п}} = \frac{b}{1,415 \times \psi} = \frac{0,1}{1,415 \times 0,48} = 0,148$$

Крок:

$$t = 1,2 \cdot d_3 = 1,2 \cdot 0,025 = 0,032 \text{ м.}$$

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Знайдемо ψ — коефіцієнт, який залежить від зовнішнього діаметра труб та кроку між трубами

$$\psi = \frac{(1 - \frac{d}{t})}{1 - 0.9(\frac{d}{t})^2} = \frac{1 - \frac{0.025}{0.032}}{1 - 0.9(\frac{0.025}{0.032})^2} = 0.48 \text{ м}$$

Висновок: В результаті обрахунків було визначено, що відстань до перегородки становить 0,148 м., крок – 32 мм.

5.3 Визначення діаметрів штуцерів

Метою розрахунку є вибір стандартних штуцерів за тиском і діаметром умовного проходу[2].

Вихідні дані:

Витрата парів стиролу G_1 кг/с	3
Витрата води G_2 кг/с	6,392
Густина води при середній температурі у апараті ρ_2 кг/м ³	996

Розрахункову схему зображено на рисунку 5.3

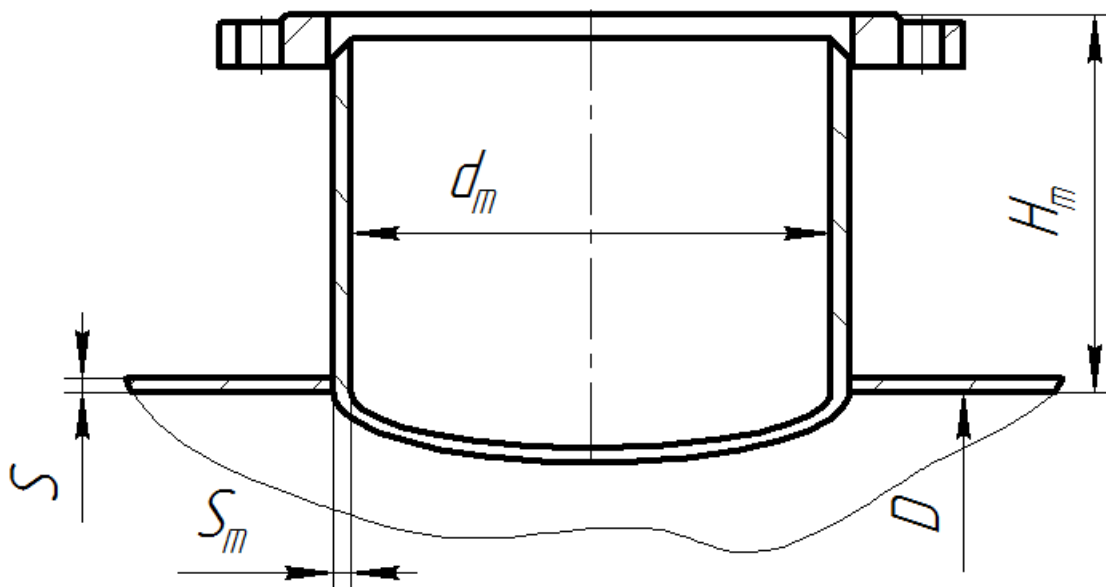


Рисунок 5.3 – Схема розрахунку штуцера

Для забезпечення масової продуктивності середовищ в апараті необхідно розрахувати діаметри штуцерів для подачі речовини, а також визначити швидкість руху води і стиролу в них.

Враховуючи, що мінімальна рекомендована швидкість рідин в штуцерах 1.5 м/с, приймаємо швидкість руху води в штуцері 3 м/с і визначимо розрахунковий діаметр штуцера для вводу і виводу води:

Діаметр патрубку для вводу і виводу води знаходиться за формулою

$$d = \sqrt{\frac{4 \times G_2}{\pi \times \rho_2 \times \omega_p}} = \sqrt{\frac{4 \times 6.392}{3.14 \times 996 \times 1}} = 0.094 \text{ м}$$

$\omega_p = 1$ - рекомендована швидкість рідин в штуцерах [2].

Приймаємо діаметр штуцера рівний 0,1 м за АТК 24.218.06-90.

Тоді швидкість води в штуцері:

$$\omega_2^{\text{шт}} = \frac{4 \times G_2}{\pi \times \rho_2 \times d_{2\text{шт}}^2} = \frac{4 \times 6.392}{3.14 \times 996 \times 0.05^2} = 0.82 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

Діаметр патрубку для вводу парів стиролу:

$$d_{1\text{шт}}^{\text{пар}} = \sqrt{\frac{4 \times G_1}{\pi \times \rho_{\text{пар стиролу}} \times \omega_{\text{п}}}} = \sqrt{\frac{4 \times 3}{3.14 \times 3.59 \times 15}} = 0.258 \text{ м}$$

, де $\rho_{\text{пар стиролу}} = 3.59 \text{ кг/м}^3$ – густина пара стиролу [10];

$\omega_n = 15 \text{ м/с}$ - рекомендована швидкість для пару [2].

Обираємо стандартний штуцер $d=0,25 \text{ м}$ за АТК 24.218.06-90.

Тоді швидкість парів стиролу у штуцері:

$$\omega_1^{\text{шт}} = \frac{4 \times G_1}{\pi \times \rho_{\text{пар стиролу}} \times d_{1\text{шт}}^2} = \frac{4 \times 3}{3.14 \times 3.59 \times 0.25^2} = 20.3 \text{ м/с}$$

Діаметр патрубку для виводу конденсату стиролу:

$$d_{1\text{шт}}^{\text{конд}} = \sqrt{\frac{4 \times G_1}{\pi \times \rho_1 \times \omega_p}} = \sqrt{\frac{4 \times 3}{3.14 \times 794 \times 1}} = 0.07 \text{ м}$$

Обираємо стандартний штуцер $d=0,08 \text{ м}$ за АТК 24.218.06-90.

Тоді швидкість конденсату стиролу у штуцері:

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

$$\omega_{1p}^{шт} = \frac{4 \times G_1}{\pi \times \rho_1 \times d_{1шт}^2} = \frac{4 \times 3}{3.14 \times 794 \times 0.08^2} = 0.75 \text{ м/с}$$

Висновок: Визначено набір стандартних штуцерів для вводу та виводу води: d=100мм; вводу парів стиролу: d=0,25 м; виводу конденсату стиролу: d=80 мм.

5.4 Гідравлічний розрахунок

Метою розрахунку є визначення гідравлічного опору.

Розрахунок для визначення гідравлічного опору виконувався відповідно до методики наведеної у [2].

Вихідні дані:

Швидкість води у трубному просторі, м/с	0.3787
Швидкість води в штуцері, м/с	0.82
Критерій Рейнольдса у трубному просторі	10780
Швидкість стиролу у міжтрубному просторі, м/с	20.3
Швидкість конденсату стиролу у штуцері, м/с	0.75
Густина стиролу, кг/м ³	794
Густина пару стиролу, кг/м ³	3.59
Густина води, кг/м ³	996
Довжина труб, м	2
Діаметр кожуха, мм	400
Число ходів	2

Розрахункова схема наведена на рисунку 5.4

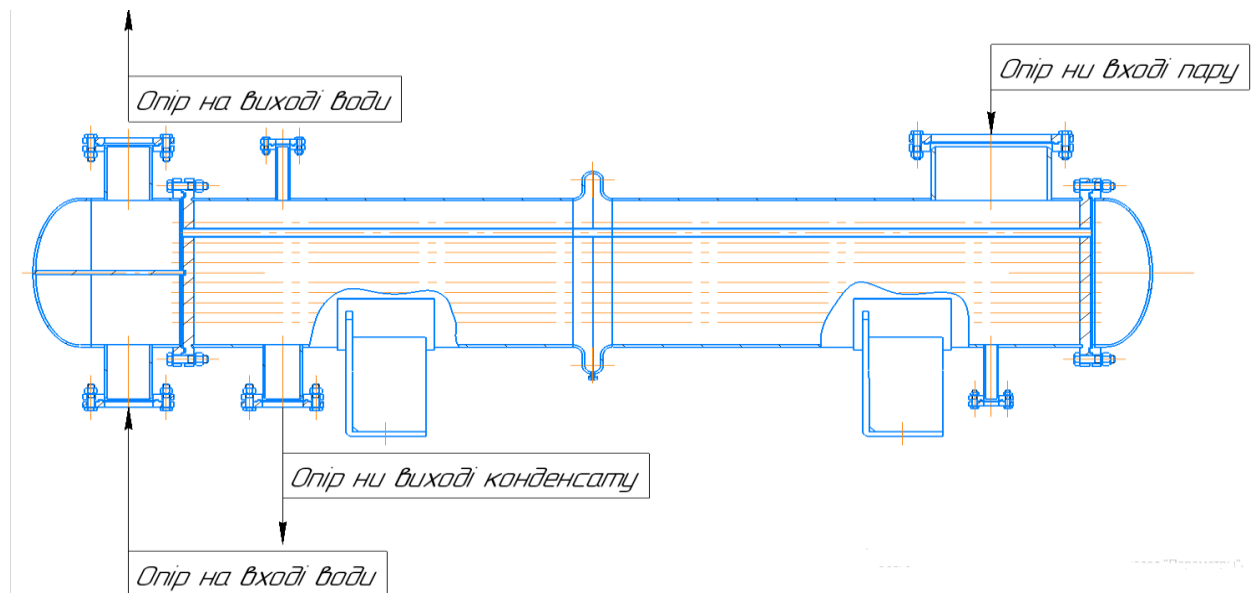


Рисунок 5.4 – розрахункова схема теплообмінника

Абсолютна шорсткість труб Δ приймається відповідно до рекомендацій [2].

Тоді відносна шорсткість труб:

$$e = \frac{\Delta}{d_{\text{вн}}} = \frac{0,2 \cdot 10^{-3}}{0,021} = 0,0095,$$

де $\Delta = 0,2 \cdot 10^{-3}$ м — абсолютна шорсткість труб [2].

Коефіцієнт тертя при $\frac{10}{e} < Re \leq \frac{560}{e}$:

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(e + \frac{68}{Re_1} \right)^{0,25} = 0,11 \cdot \left(0,0095 + \frac{68}{10780} \right)^{0,25} = 0,04.$$

Коефіцієнти місцевого опору:

За швидкістю в штуцерах

Вхідна і вихідна камера: $\xi_{11} = 1,5$ [2].

За швидкістю в трубах

Вхід в трубний простір і вихід з нього: $\xi_{12} = 1,0$ [2].

Гідрравлічний опір трубного простору:

$$\begin{aligned} \Delta p_2 &= \left(\lambda \cdot \frac{L \cdot z}{d} + 2 \cdot z \cdot \xi_{12} \right) \cdot \frac{\rho_2 \cdot \omega_2^2}{2} + 2 \cdot \xi_{11} \cdot \frac{\rho_2 \cdot \omega_{2\text{шт}}^2}{2} = \\ &= \left(0,04 \cdot \frac{2 \cdot 2}{0,025} + 2 \cdot 2 \cdot 1 \right) \cdot \frac{996 \cdot 0,3787^2}{2} + 2 \cdot 1,5 \cdot \frac{996 \cdot 0,82^2}{2} = 1747 \text{ Па.} \end{aligned}$$

Витрати потужності:

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

$$N_2 = \frac{\Delta p_2 \cdot G_2}{\rho_2} = \frac{1747 \cdot 6.392}{996} = 11.2 \text{ Вт}$$

Кількість рядів труб:

$$m = \sqrt{\frac{n}{3}} = \sqrt{\frac{100}{3}} = 6.$$

Знайдемо ψ — коефіцієнт, який залежить від зовнішнього діаметра труб та кроку між трубами

$$\psi = \frac{(1 - \frac{d}{t})}{1 - 0.9(\frac{d}{t})^2} = \frac{1 - \frac{0.025}{0.032}}{1 - 0.9(\frac{0.025}{0.032})^2} = 0.48_m$$

Висновок: Таким чином, було встановлено, що, при попередньо визначених параметрах, гідравлічний опір в трубному просторі становитиме 1747 Па, витрати потужності в трубному становлять 11.2 Вт.

5.5 Розрахунок товщини циліндричної обичайки під дією внутрішнього тиску

Мета розрахунку: перевірка товщини стінки внутрішньої обичайки, яка працює під внутрішнім надлишковим тиском.

Схема стінки внутрішньої обичайки представлена на рисунку 5.5.

Вихідні дані для розрахунку:

розрахункова температура t_R , °C:	30;
розрахунковий тиск P_R , МПа:	0,6;
матеріал:	Сталь 12Х18Н10Т;
допустиме напруження матеріалу $[\sigma]$, МПа:	182.
Діаметр циліндричної обичайки D , м:	0,4

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

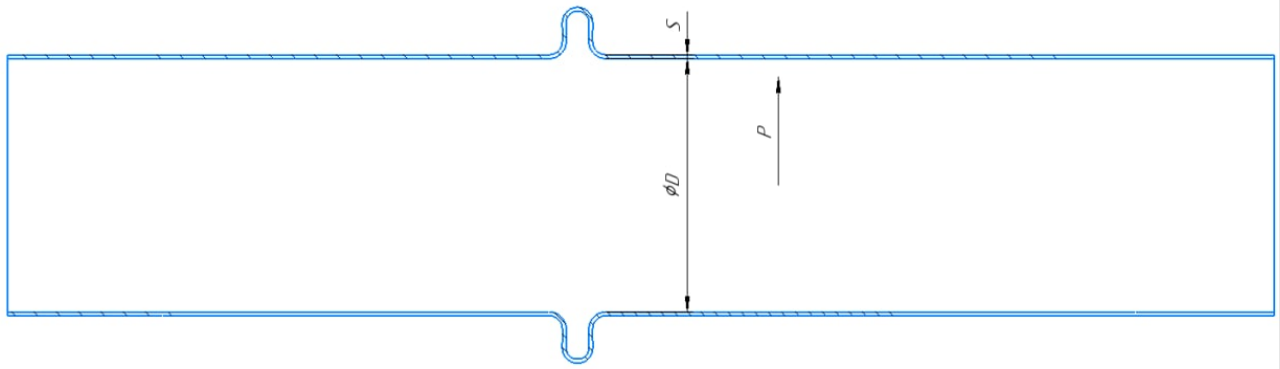


Рисунок 5.5 – Схема стінки внутрішньої обичайки

Розрахунок здійснюють за методикою, викладеною в [3].

Розрахуємо товщину стінки циліндричної обичайки:

$$S_R = \frac{p \cdot D}{2 \cdot \sigma_{\text{доп}} \cdot \varphi - p} = \frac{0.6 \cdot 0.4}{2 \cdot 182.75 \cdot 0.9 - 0.6} = 7.309 \cdot 10^{-4} \text{ м}$$

де $\varphi=0.9$ – коефіцієнт міцності зварного шва.

Додаток до розрахункової товщини для компенсації корозії і ерозії:

$$C_1 = U \times \tau = 0.1 \times 10^{-3} \times 10 = 0.01 \text{ м}$$

де $u=0.0001$ м/рік – швидкість корозії [3];

$\tau=10$ років – строк служби апарата [3];

Виконавча товщина стінки циліндричної обичайки у першому наближенні:

$$S_1 = S_R + C_1 + C_0 = 7.309 \cdot 10^{-4} + 0.069 \cdot 10^{-3} + 0.001 = 1.8 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

C_0 - вибирається конструктивно для кожного окремого випадку.

Сума додатків до розрахункової товщини C :

$$C = C_1 + C_2 + C_3 = 0.01 + 0.0014 + 0 = 1.14 \times 10^{-3} \text{ м},$$

$$\text{так як } \frac{C_2 + C_3}{S_1} = \frac{0.14 \times 10^{-3} + 0}{1.8 \times 10^{-3}} > 0.05;$$

де C_2 – додаток на компенсацію мінусового допуску до товщини листа [3];

C_3 – технологічний додаток, який визначається заводом і пов'язаний зі зміною листа при формуванні деталі. Додаток C_3 не враховується, бо його сумарна величина не перевищує 10% від номінальної товщини листа [3].

Виконавча товщина стінки циліндричної обичайки S :

$$S = S_R + C + C_0 = 7,3 \times 10^{-4} + 1,14 \times 10^{-3} + 1,29 \times 10^{-4} = 2 \times 10^{-3} \text{ м}$$

З урахуванням умов транспортування і монтажу приймаємо $S=6$ мм

Перерахунок суми додатків до розрахункової товщини C (якщо $S \neq S_R$):

$$C = C_1 + C_2 + C_3 = 0,01 + 0,0015 + 0 = 1,15 \times 10^{-3} \text{ м}$$

Допустимий тиск (за ГОСТ 14249-89):

$$[p] = \frac{2[\delta]\varphi(S - C)}{D + S - C} = \frac{2[182.75]0,9(6 \cdot 10^{-3} - 1,14 \cdot 10^{-3})}{0,4 + 6 \cdot 10^{-3} - 1,14 \cdot 10^{-3}} = 0,697 \text{ МПа}$$

Перевіряємо умову міцності:

$$p = 0,6 \leq [p] = 0,697 \text{ МПа}$$

Висновок: Значення робочого тиску $p=0,6$ МПа не перевищує значення допустимого тиску $[p]=0,697$ МПа. Отже умова міцності виконується, визначена товщина стінки корпусу $S=0,006$ м забезпечує міцність апарата в умовах робочих навантажень.

5.7 Розрахунок товщини еліптичного днища під дією внутрішнього тиску

Метою даного розрахунку є визначення товщини кришки та перевірка виконання умови міцності.

Схема до розрахунку днища приведена на рисунку 5.6.

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

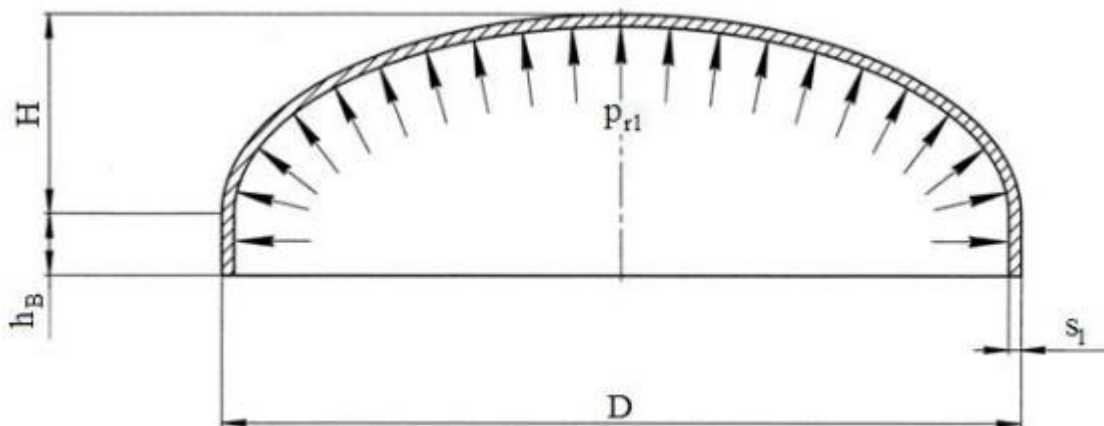


Рисунок 5.6 – Схема до розрахунку днища

Вихідні дані для розрахунку:

розрахунковий тиск P , МПа: 0,6;
 діаметр апарата D_B , м: 0,4;
 матеріал: Сталь 12X18H10T;
 допустиме напруження матеріалу $[\sigma]$, МПа: 182.

Розрахунок здійснюємо за методикою, викладеною в [3].

Внутрішній радіус кривизни у вершині кришки або днища R_e

$$h_B = 0,25 \cdot D$$

$$R_e = D \quad (5.1)$$

Розрахункова товщина за внутрішнього надлишкового тиску:

$$S_{\partial R} = \frac{P \cdot R_e}{2 \cdot \delta_{\text{доп}} \cdot \varphi - 0,5 \cdot p} \quad (5.2)$$

де $\varphi = 0,9$ – коефіцієнт міцності зварного шва [3].

Додаток до розрахункової товщини для компенсації корозії і ерозії:

$$C_1 = U \times \tau \quad (5.3)$$

де $U = 0,0001$ м/рік – швидкість корозії; $\tau = 10$ років – строк служби апарата [3];

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

$$S_{\partial}^1 = S_{\partial R} + C_1 + C_0 \quad (5.4)$$

C_0 - вибирається конструктивно для кожного окремого випадку [3].

Сума додатків до розрахункової товщини C :

$$C = C_1 + C_2 + C_3 \quad (5.5)$$

$$\text{тому що } \frac{C_2 + C_3}{S_1} > 0,05$$

, де C_2 – додаток на компенсацію мінусового допуску до товщини листа [3];

C_3 – технологічний додаток, який визначається заводом і пов'язаний зі зміною листа при формуванні деталі. Додаток C_3 не враховується, бо його сумарна величина не перевищує 10% від номінальної товщини листа [3].

Виконавча товщина стінки кришки або днища S_∂

$$S = S_R + C + C_0 \quad (5.6)$$

З урахуванням умов транспортування і монтажу приймаємо $S=6$ мм

Перерахунок суми додатків до розрахункової товщини C (якщо $S \neq S_\partial$):

$$C = C_1 + C_2 + C_3 \quad (5.7)$$

Перевірка на допустимий тиск:

$$[p] = \frac{2[\delta]\varphi(S_\partial - C)}{R_e + 0,5 \cdot (S_\partial - C)} \quad (5.8)$$

$$p \leq [p] \quad (5.9)$$

Висновок: значення робочого тиску $p=0,6$ МПа не перевищує значення допустимого тиску $[p]=0,698$ МПа. Отже умова міцності виконується, визначена товщина стінки еліптичного днища $S=0,006$ м забезпечує міцність апарата в умовах робочих навантажень.

5.8 Розрахунок фланцевого з'єднання

Мета розрахунку – зробити перевірочний розрахунок вибраних фланців на міцність, визначити навантаження на кріпильні деталі, визначити діаметр та товщину фланця, кількість та діаметр болтів.

Схема фланцевого з'єднання представлена на рисунку 5.7.

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

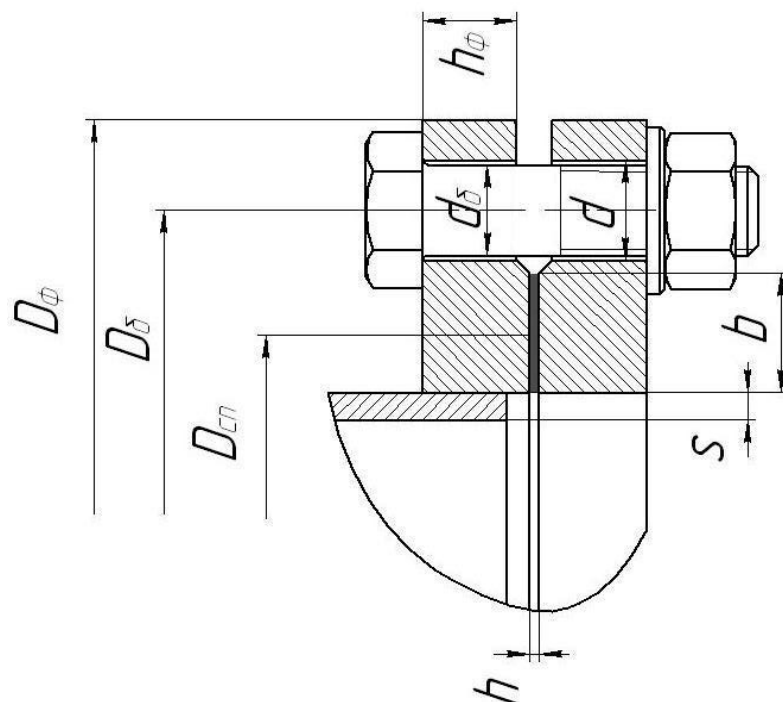


Рисунок 5.7 – Схема фланцевого з'єднання

Вихідні дані:

розрахунковий внутрішній тиск p , МПа:	0,6;
температура середовища в апараті t , °C:	145;
внутрішній діаметр фланця D_v , м:	0,412;
зовнішній діаметр фланця D_ϕ :	0,520;
діаметр болтового кола D_δ , м:	0,480;
кількість болтів z_δ шт.:	16;
різьба болтів:	M20;
висота першого фланця $h_{\phi 1}$, м:	0,022;
висота другого фланця $h_{\phi 2}$, м:	0,019;
товщина стінки апарату S , м:	0,006;
матеріал болтів:	Сталь 35;
матеріал фланців:	12X18H10;
зовнішній діаметр прокладки D_π , м:	0,444
модуль пружності матеріалу фланців E_ϕ , МПа	$2 \cdot 10^5$;

допустиме напруження матеріалу фланця σ^{20} , МПа	520;
допустиме напруження матеріалу фланця σ^t , МПа	396;
модуль пружності матеріалу болтів E_B^{145} , МПа	$2,1 \cdot 10^5$;
ширина прокладки b , м:	0,0135;
товщина прокладки $S_{пр}$, м:	0,003;
матеріал прокладки:	пароніт;
коефіцієнт m :	2,5;
коефіцієнт відносного лінійного розширення болтів $\alpha_{тб}$, $^{\circ}\text{C}^{-1}$:	$1,2 \cdot 10^{-5}$;
коефіцієнт відносного лінійного розширення першого фланця $\alpha_{тф}$, $^{\circ}\text{C}^{-1}$:	$1,7 \cdot 10^{-5}$
мінімальне питоме навантаження q , МПа:	20;
максимальне питоме навантаження $[q]$, МПа:	130.

Розрахунок, що ведемо за алгоритмом запропонованим авторами [12], передбачає визначення навантажень на кріпильні деталі, обчислення напружень у кріпильних деталях і порівняння їх з допустимими, знаходження напруження в найбільш небезпечних перерізах фланців та порівняння їх з допустимими та перевірку фланців на жорсткість за умовою герметичності. Згідно з таблицею 21.9 [12] для заданих умов підходить плоский приварний фланець з гладкою ущільнювальною поверхнею за ГОСТ 12820-80

Попередній розрахунок геометричних параметрів фланців:

Відношення більшої товщини втулки до меншої для плоских приварних фланців дорівнює:

$$\beta = \frac{s_1}{s_0} = 1$$

Діаметр болтового кола :

$$D_6 \geq D + 2(s_1 + d_6 + 0,006) = 0,4 + 2(s_1 + 0,02 + 0,006) = 0,47 \text{ м}$$

Приймаємо $D_6 = 0,480 \text{ м}$

Зовнішній діаметр фланця:

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

$$D_{\phi} = D_6 + a = 0,480 + 0,04 = 0,520 \text{ м}$$

Де a – параметр за таблицею, $a = 0,04 \text{ м}$ [12].

Зовнішній діаметр прокладки:

$$D_{\Pi} = D_6 - e = 0,480 - 0,03 = 0,450 \text{ м}$$

Де e – параметр за таблицею, $e = 0,03 \text{ м}$.

Приймаємо $D_{\Pi} = 0,444 \text{ м}$.

Середній діаметр прокладки:

$$D_{\text{сп}} = D_{\Pi} - b = 0,444 - 0,0135 = 0,4305 \text{ м};$$

Приймаємо прокладку прямокутного перерізу $0,025 \times 0,002 \text{ м}$ з пароніту для тиску меншого за $1,6 \text{ МПа}$ і температури не більшої за 400°C .

Ефективна ширина прокладки при $b = 0,0135 \leq 0,015 \text{ м}$:

$$b_E = 0,5 \times b = 0,5 \times 0,015 = 0,0075 \text{ м}.$$

Приймаємо за ГОСТ 12820-80 $Z_B = 16 \text{ шт.}$

Розрахунок допоміжних величин

Конструктивний коефіцієнт для фланців:

$$K_{\phi} = \frac{D_{\phi}}{D} = \frac{0,520}{0,4} = 1,3$$

Де D – внутрішній діаметр, $D = 0,4 \text{ м}$.

Конструктивні коефіцієнти для фланців розраховуються за формулою:

$$\lambda_{\phi 1} = \frac{h_{\phi 1}}{\sqrt{D \times S}} = \frac{0,022}{\sqrt{0,4 \times 0,006}} = 0,449;$$

$$\lambda_{\phi 2} = \frac{h_{\phi 2}}{\sqrt{D \times S}} = \frac{0,019}{\sqrt{0,4 \times 0,006}} = 0,388;$$

Поправочні коефіцієнти для фланців:

$$\psi_{\phi 1} = 1,28 \times \lg K_{\phi} = 1,28 \times \lg 1,3 = 0,146;$$

$$\psi_{\phi 2} = \frac{K_{\phi} + 1}{K_{\phi} - 1} = \frac{1,3 + 1}{1,3 - 1} = 7,66;$$

Поправочний коефіцієнт для перерізу S для плоских приварних фланців:

$$\psi_{\phi 3} = 1;$$

Геометричні параметри фланців:

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

$$j_{\phi 1} = \frac{h_{\phi 1}}{S} = \frac{0,022}{0,006} = 3,67;$$

$$j_{\phi 2} = \frac{h_{\phi 2}}{S} = \frac{0,019}{0,006} = 3,17;$$

Безрозмірні параметри фланців:

$$T_{\phi} = \frac{K_{\phi}^2 \times (1 + 8,55 \times \lg K_{\phi}) - 1}{(1,05 + 1,945 \times K_{\phi}^2) \times (K_{\phi} - 1)} = \frac{1,3^2 \times (1 + 8,55 \times \lg 1,3) - 1}{(1,05 + 1,945 \times 1,3^2) \times (1,3 - 1)} = 1,8;$$

$$\begin{aligned} \omega_{\phi 1} &= (1 + 0,9 \times \lambda_{\phi 1} \times (1 + \psi_{\phi 1} \times j_{\phi 1}^2))^{-1} \\ &= (1 + 0,9 \times 0,449 \times (1 + 0,146 \times 3,67^2))^{-1} = 0,455; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \omega_{\phi 2} &= (1 + 0,9 \times \lambda_{\phi 2} \times (1 + \psi_{\phi 1} \times j_{\phi 2}^2))^{-1} \\ &= (1 + 0,9 \times 0,388 \times (1 + 0,146 \times 3,17^2))^{-1} = 0,537; \end{aligned}$$

Кутова піддатливість фланців:

$$\begin{aligned} y_{\phi 1} &= \frac{(1 - \omega_{\phi 1} \times (1 + 0,9 \times \lambda_{\phi 1})) \times \psi_{\phi 2}}{h_{\phi 1}^3 \times E_{\phi 1}} \\ &= \frac{(1 - 0,455 \times (1 + 0,9 \times 0,449)) \times 7,66}{0,022^3 \times 2 \times 10^5} = 1,3 \text{ 1/(МН} \cdot \text{м)}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} y_{\phi 2} &= \frac{(1 - \omega_{\phi 2} \times (1 + 0,9 \times \lambda_{\phi 2})) \times \psi_{\phi 2}}{h_{\phi 2}^3 \times E_{\phi 2}} \\ &= \frac{(1 - 0,537 \times (1 + 0,9 \times 0,388)) \times 7,66}{0,019^3 \times 2 \times 10^5} = 1,54 \text{ 1/(МН} \cdot \text{м)}, \end{aligned}$$

Розрахункова довжина болтів фланцевого з'єднання:

$$\begin{aligned} L_{\text{Б}} &= h_{\phi 1} + h_{\phi 2} + s_{\text{пр}} + 0,28d_{\text{Б}} = 0,022 + 0,019 + 0,003 + 0,28 \times 0,02 \\ &= 4,96 \times 10^{-2} \text{ м}; \end{aligned}$$

Лінійна піддатливість неметалевої прокладки:

$$y_n = \frac{s_{\text{пр}}}{\pi \times D_{\text{сп}} \times b \times E} = \frac{0,003}{3,14 \times 0,4305 \times 0,0135 \times 200} = 8,2 \times 10^{-4} \frac{\text{м}}{\text{МН}};$$

Площа поперечного перерізу болта:

$$f_{\text{Б}} = 0,785 \times d_0^2 = 0,785 \times 0,0173^2 = 2,35 \times 10^{-4} \text{ м}^2;$$

Де d_0 – внутрішній діаметр різьби болта, $d_0=0,0173$ м;

Лінійна піддатливість болтів:

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

$$y_B = \frac{L_B}{z_B \times f_B \times E_B} = \frac{4,96 \times 10^{-2}}{16 \times 2,35 \times 10^{-4} \times 2,1 \times 10^5} = 6,28 \times 10^{-5} \frac{\text{м}}{\text{МН}};$$

Параметр жорсткості фланцевого з'єднання:

$$\begin{aligned} A_\phi &= (y_\Pi + y_B + 0,25(y_{\phi 1} + y_{\phi 2}) \times (D_B - D_{\text{сп}})^2)^{-1} \\ &= (8,2 \times 10^{-4} + 6,28 \times 10^{-5} + 0,25(1,54 + 1,3) \\ &\quad \times (0,48 - 0,4305)^2)^{-1} = 381,32; \end{aligned}$$

Параметри жорсткості фланців:

$$B_{\phi 1} = y_{\phi 1} \times (D_B - D - S_1) = 1,3 \times (0,48 - 0,4 - 0,006) = 0,096 \text{ 1/МН},$$

$$B_{\phi 2} = y_{\phi 2} \times (D_B - D - S_2) = 1,54 \times (0,48 - 0,4 - 0,006) = 0,114 \text{ 1/МН},$$

Безрозмірний коефіцієнт фланцевого з'єднання:

$$\gamma = A_\phi \times y_B = 381,32 \times 6,28 \times 10^{-5} = 0,024;$$

Коефіцієнт жорсткості фланцевого з'єднання:

$$\begin{aligned} \alpha_\phi &= A_\phi \times (y_B + 0,25(B_{\phi 1} + B_{\phi 2}) \times (D_B - D_{\text{сп}})) = 381,32 \times (6,28 \times 10^{-5} + \\ &0,25(0,096 + 0,114) \times (0,48 - 0,4305)) = 1,015; \end{aligned}$$

Розрахунок болтів фланцевого з'єднання.

Рівнодіюча внутрішнього тиску:

$$Q_g = 0,758 \times D_{\text{сп}}^2 \times p = 0,785 \times 0,4305^2 \times 0,6 = 0,087 \text{ МН};$$

Реакція прокладок в робочих умовах:

$$\begin{aligned} R_n &= 2 \times \pi \times D_{\text{сп}} \times b_E \times t \times p = 2 \times 3,14 \times 0,4305 \times 0,0075 \times 2,5 \times 0,6 \\ &= 0,03 \text{ МН}; \end{aligned}$$

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

$$\begin{aligned} Q_{\text{тф}} &= \gamma \times z_B \times f_B \times E_B \times (\alpha_{\text{тф}} \times t_\phi - \alpha_{\text{тб}} \times t_\phi) \\ &= 0,024 \times 16 \times 2,35 \times 10^{-4} \times 2,1 \times 10^5 \\ &\quad \times (1,7 \cdot 10^{-5} \times 137,75 \times 1,2 \cdot 10^{-5} \times 47,5) = 2,53 \cdot 10^{-5} \text{ МН}; \end{aligned}$$

Монтажні болтові навантаження фланцевого з'єднання:

$$P_{B1} = \pi \times D_{\text{сп}} \times b_E \times q = 3,14 \times 0,4305 \times 0,0075 \times 20 = 0,2 \text{ МН};$$

$$P'_{B1} = \alpha_{\text{тф}} \times Q_g + R_n = 2,53 \cdot 10^{-5} \times 0,087 + 0,03 = 0,03 \text{ МН};$$

$$P''_{B1} = 0,4 \times [\sigma_B^{20}] \times z_B \times f_B = 0,4 \times 540 \times 16 \times 2,35 \times 10^{-4} = 0,81 \text{ МН};$$

Розрахункове монтажне болтове навантаження при $P \leq 0,6 \text{ МПа}$:

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

$$P_{B1} = \max\{P_{B1}, P'_{B1}, P''_{B1}\} = \max\{0,2,0,03,0,81\} = 0,81 \text{ МН.}$$

Умова міцності для неметалевої прокладки за формулою:

$$\frac{P_{B1}}{\pi \times D_{\text{сп}} \times b} \leq [q],$$

$$\frac{0,81}{3,14 \times 0,4305 \times 0,015} = 39,92 \leq 130.$$

Умова міцності виконується.

Болтове навантаження за робочих умов:

$$P_{B2} = P_{B1} + (1 - \alpha_{\phi}) \times Q_g \times Q_{t\phi} = 0,81 + (1 - 1,7 \cdot 10^{-5}) \times 0,087 \times 2,53 \cdot 10^{-5} = 0,81 \text{ МН;}$$

Розрахункове навантаження на болти:

$$P_{B\phi} = \max\{P_{B1}, P_{B2}\} = \max\{0,81, 0,81\} = 0,81 \text{ МН;}$$

Напруження розтягування болтів за умов монтажу:

$$\sigma_B^{20} = \frac{P_{B1}}{z_B \times f_B} = \frac{0,81}{16 \times 2,35 \times 10^{-4}} = 215 \text{ МПа;}$$

Напруження розтягування болтів за робочих умов:

$$\sigma_B^t = \frac{P_{B2}}{z_B \times f_B} = \frac{0,81}{16 \times 2,35 \times 10^{-4}} = 216 \text{ Мпа;}$$

Скручуючий момент, що виникає при затягуванні гайок:

$$M_{\text{скр}} = f_1 \frac{P_{B\phi}}{z_B} d_B = 0,1 \frac{0,81}{16} 0,02 = 1,01 \cdot 10^{-4} \text{ МН} \cdot \text{м;}$$

Де $f_1 = 0,1$ – коефіцієнт тертя [12].

Дотичне напруження в болтах:

$$\tau_B = \frac{M_{\text{скр}}}{0,2 \times d_0^3} = \frac{1,01 \cdot 10^{-4}}{0,2 \times 0,0173^3} = 97,53 \text{ МПа;}$$

Еквівалентні напруження в болтах за формулою:

$$\sigma_{BE}^{20} = \sqrt{(\sigma_B^{20})^2 + 3 \times \tau_B^2} = \sqrt{215^2 + 3 \times 97,53^2} = 273,43 \text{ МПа;}$$

$$\sigma_{BE}^{20t} = \sqrt{(\sigma_B^t)^2 + 3 \times \tau_B^2} = \sqrt{216^2 + 3 \times 97,53^2} = 274,22 \text{ МПа;}$$

Умови міцності:

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

$$\sigma_{BE}^{20} \leq [\sigma_{BE}^{20}],$$

$$273,43 \leq 540,$$

$$\sigma_{BE}^{20^t} \leq [\sigma_{BE}^{20^t}],$$

$$274,22 \leq 460.$$

Умови міцності виконуються.

Розрахунок фланців на міцність.

Приведений згинаючий момент в діаметральному перерізі фланця за умов монтажу:

$$M_{01\phi} = 0,5 \times P_{B1} \times (D_B - D_{сп}) = 0,5 \times 0,81 \times (0,48 - 0,4305) = 0,02 \text{ МН} \cdot \text{м};$$

Приведений згинаючий момент в діаметральному перерізі фланця за робочих умов:

$$M_{02\phi} = 0,5 \times (P_{B2} \times (D_B - D_{сп}) + Q_g \times (D_B - D_{сп} - S_0)) \frac{[\sigma_{\phi}^{20}]}{[\sigma_{\phi}^{20^t}]}$$

$$= 0,5 \times (0,81 \times (0,48 - 0,4305) + 0,087 \times (0,48 - 0,4305 - 0,006)) \frac{520}{396} = 0,029 \text{ МН} \cdot \text{м};$$

Розрахунковий приведенний згинаючий момент у діаметральному перерізі фланця:

$$M_{0\phi} = \max\{M_{01\phi}, M_{02\phi}\} = \max\{0,02, 0,029\} = 0,029 \text{ МН} \cdot \text{м};$$

Максимальні напруження в перерізі фланців від дії згинаючого моменту:

$$\sigma_{o\phi1} = \psi_3 \times \frac{T_{\phi} \times M_{0\phi} \times \omega_{\phi1}}{D \times (S_1 - C)^2} = 1 \times \frac{1,8 \times 0,029 \times 0,455}{0,4 \times (0,006 - 0,001)^2} = 425,8 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{o\phi2} = \psi_3 \times \frac{T_{\phi} \times M_{0\phi} \times \omega_{\phi2}}{D \times (S_2 - C)^2} = 1 \times \frac{1,8 \times 0,029 \times 0,537}{0,4 \times (0,006 - 0,001)^2} = 455,8 \text{ МПа};$$

Кільцеві напруження в дисках фланців від дії згинаючого моменту:

$$\sigma_{к\phi1} = \frac{M_{0\phi} \times (1 - \omega_{\phi1} \times (1 + 0,9 \times \lambda_{\phi1})) \times \psi_{2\phi}}{D \times h_{\phi1}^2}$$

$$= \frac{0,029 \times (1 - 0,455 \times (1 + 0,9 \times 0,449)) \times 7,66}{0,4 \times 0,022^2} = 41,438 \text{ МПа};$$

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

$$\sigma_{\kappa\phi 2} = \frac{M_{0\phi} \times (1 - \omega_{\phi 2} \times (1 + 0,9 \times \lambda_{\phi 2})) \times \psi_{2\phi}}{D \times h_{\phi 2}^2}$$

$$= \frac{0,029 \times (1 - 0,537 \times (1 + 0,9 \times 0,388)) \times 7,66}{0,4 \times 0,019^2} = 42,378 \text{ МПа};$$

Кільцеве і меридіальне напруження у втулці фланця від дії внутрішнього тиску:

$$\sigma_{\kappa\phi 1} = \sigma_{\kappa\phi 2} = \frac{P \times D}{2 \times (S - C)} = \frac{0,6 \times 0,4}{2 \times (0,006 - 0,001)} = 24 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{y\phi 1} = \sigma_{y\phi 2} = \frac{P \times D}{2 \times (S - C)} = \frac{0,6 \times 0,4}{4 \times (0,006 - 0,001)} = 12 \text{ МПа};$$

Еквівалентні напруження в перерізі втулки фланця:

$$\sigma_{E\phi 1} = \sqrt{(\sigma_{o\phi 1} + \sigma_{y\phi 1})^2 + \sigma_{\kappa\phi 1}^2 - (\sigma_{o\phi 1} + \sigma_{y\phi 1}) \times \sigma_{\kappa\phi 1}}$$

$$= \sqrt{(425,8 + 12)^2 + 24^2 - (425,8 + 12) \times 24} = 426,3 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{E\phi 2} = \sqrt{(\sigma_{o\phi 2} + \sigma_{y\phi 2})^2 + \sigma_{\kappa\phi 2}^2 - (\sigma_{o\phi 2} + \sigma_{y\phi 2}) \times \sigma_{\kappa\phi 2}}$$

$$= \sqrt{(455,8 + 12)^2 + 24^2 - (455,8 + 12) \times 24} = 456,27 \text{ МПа};$$

Перевіряємо умови міцності:

$$\sigma_{E\phi 1} \leq [\sigma_{\phi 1}] \times \varphi,$$

$$\sigma_{E\phi 2} \leq [\sigma_{\phi 2}] \times \varphi,$$

$$426,3 \leq 486,$$

$$456,27 \leq 486,$$

$$\text{Де } [\sigma_{\phi}] \times \varphi = 0,003 \times E_{\phi} \times \varphi = 0,003 \times 2 \times 10^5 \times 0,9 = 486 \text{ МПа.}$$

Умови міцності виконуються.

Перевіряємо виконання умов герметичності за формулою:

$$\frac{\sigma_{\kappa\phi 1} \times D}{h_{\phi 1} \times E_{\phi}} = \frac{41,438 \times 0,4}{0,022 \times 2 \times 10^5} = 0,004 \leq [\theta] = 0,009,$$

$$\frac{\sigma_{\kappa\phi 2} \times D}{h_{\phi 2} \times E_{\phi}} = \frac{42,378 \times 0,4}{0,019 \times 2 \times 10^5} = 0,005 \leq [\theta] = 0,009,$$

Умови герметичності виконуються.

Висновок: діючі напруження в фланцевому з'єднанні не перевищують

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

допустимі напруження матеріалу фланців.

Приймаємо стандартні фланці за ГОСТ 12820-80:

зовнішній діаметр D_{ϕ} м: 0,520;

діаметр болтового кола D_{ϕ} , м: 0,480;

товщина фланця $h_{\phi 1}$, м: 0,022;

товщина фланця $h_{\phi 2}$, м: 0,019;

кількість болтів Z_B , шт.: 16;

діаметр болтів d_B , м: 0,020.

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

6 Рекомендації щодо монтажу і експлуатації апарату

Рекомендації розроблені відповідно до матеріалів викладених в [14].

Даний пункт містить рекомендації щодо забезпечення нормальної експлуатації апарата та умови проведення монтажу, які включають: спосіб проведення монтажу апарата, вимоги щодо положення апарата та окремих його частин, умови проведення випробувань, та шляхи забезпечення правильної експлуатації апарата.

Проектування окремих елементів та цілих посудин (включаючи запасні та змінні частини), та інструкція для транспортування та виконання монтажних робіт розробляються конструктором або організацією, що отримала дозвіл Держнаглядохоронпраці України для проведення відповідних роботи. При необхідності внесення змін в проекти та нормативні документи потрібно узгоджувати результати змін з організаціями-розробниками проектів та нормативних документів.

Конструкція повинна бути спроектована і виготовлена так, щоб вона була довговічною, безпечною в експлуатації та працездатною протягом заданого періоду служби, та давала можливість виявити та попередити завчасно можливі виходи з ладу. Також повинен забезпечуватись нагляд за станом апарату. В технічній документації виробу вказують максимально можливий розрахований незламний строк служби апарата.

Вибір способу проведення монтажних робіт залежить від конструкції, маси та габаритів обладнання. Для монтажу даного апарата рекомендується застосовувати метод підйому, оскільки даний апарат має великі габарити та масу. Для підймання та переміщення апарата під час монтажу використовують вантажопідйомні пристрої, вантажопідйомність яких достатня для підймання спроектованого апарата, а також він обладнаний ланцюгами або канатами які забезпечать охоплення всього апарата. Ланцюги або канати, які використовують при підйманні апарата повинні мати таку розривну напругу, яка буде

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

перевищувати напруження, які викликатиме маса апарата. Фундамент повинен мати масу більшу за масу теплообмінника в 1,5 – 2 рази. Основний матеріал фундаменту – бетон.

Під час встановлення апарата проводять перевірку на відхилення від горизонтальних та вертикальних міток напрямку та відхилення осей від осей в проектній документації.

Після встановлення апарата отримані відхилення головних осей не повинні перевищувати ± 20 мм. Габаритний розмір встановленого апарата по висоті може перевищувати розроблений не більш ніж на 10 мм. По вертикальній осі апарат може відхилятися на 3 мм на кожен метр висоти, але не більше ніж на 35 мм на всю висоту апарата. Вимірювання відхилень проводять за допомогою теодоліта, рівнеміра та виска.

Під час монтажу окремих частин апарата звертають увагу на відхилення в розташуванні фланцевих з'єднань від їх проектних міток. При монтажі комплектних деталей необхідно досягти співвісності всіх роз'ємних з'єднань. Також необхідно досягти співвісності трубопроводів, які монтуватимуть для підключення насосів та іншого теплообмінного обладнання.

Апарат проходить випробування після того, як закінчуються все монтажні та збиральні роботи. Перед випробуванням проводять підготовчі роботи та оглядають апарат і всі вузли сполучення. Також при огляді особливу увагу звертають на кришки, прилади, арматуру, прокладки, болти, заглушки та інші деталі, які впливають на герметичність апарата.

Випробування складаються з гідравлічного та пневматичних випробувань апарата разом з під'єднаними трубопроводами на випробувальний тиск, вказаний в проектних розрахунках. Під час випробування знову перевіряють герметичність місць де встановлені крани, клапани, вентилі та інші прилади, а також перевіряють щільність роз'ємних з'єднань.

Під час підготовки апарата до експлуатації перевіряють витрати теплоносіїв, температури теплоносіїв на вході та виході, тиск всередині апарата.

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

При цьому звертають увагу на надійність та простоту керування апаратом та суміжною апаратурою.

В акт випробування заносять всі дефекти та недоліки конкретного апарата, які були виявлені під час монтажу та випробувань.

Апарат вважають прийнятим в експлуатацію відразу після підписання акту прийому робіт монтажною компанією.

За рахунок впровадження обліку робіт та його ведення досягається правильна та безпечна експлуатація апарата.

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

7 Рівень стандартизації та уніфікації

Використання в апаратах стандартних та уніфікованих деталей сприяє скороченню витрат, спрощує ремонт обладнання та зменшує час необхідний для обслуговування. Стандартні деталі є взаємозамінними, та не потребують спеціального обладнання для монтажу.

Рівень стандартизації та уніфікації визначає насичення виробу стандартизованими та уніфікованими деталями, та оцінюється відповідними коефіцієнтами.

Розрахунок ведеться за [15].

Коефіцієнт стандартизації :

$$K_c = \frac{n_c}{n_{заг}} = \frac{278}{347} = 0,8,$$

де n_c - кількість стандартних деталей, $n_c = 278$;

$n_{заг}$ - загальна кількість деталей, $n_{заг} = 347$.

Коефіцієнт уніфікації визначаємо із залежності :

$$K_y = \frac{n_c + n_{ун}}{n_{заг}} = \frac{208 + 60}{226} = 0,97,$$

де $n_{ун}$ -кількість уніфікованих деталей, $n_{ун} = 60$.

Висновок: розраховано коефіцієнти стандартизації та уніфікації, які становлять: $K_c = 0,8$; $K_y = 0,97$.

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8 Техніко-економічне обґрунтування модернізації

8.1 Техніко-економічне обґрунтування доцільності вдосконалення

Теплообмінні апарати широко використовуються у всіх існуючих галузях промисловості. Даний кожухотрубний теплообмінник використовується для охолодження парів стиролу.

На основі відомого кожухотрубного теплообмінника, що містить кожух, дві кришки, штуцери, а також дві трубні решітки із закріпленими в них теплообмінними трубами було запропоновано вдосконалення кожухотрубного теплообмінника.

Вдосконалення полягає в тому, що для турбулізації потоку встановлюється турбулізатор - метрова пружина, згинається всередині і встановлюються в дві сусідні труби (25 пружин). Ці удосконалення забезпечують стабільну роботу апарату без істотного ускладнення конструкції та збільшення габаритів апарата.

Алгоритм техніко-економічних показників базового та модернізованого апарата (теплообмінника) представлено в [16].

8.2 Розрахунки витрат на проведення проектно-конструкторських робіт по вдосконаленню теплообмінника

Вдосконалення апарата розраховуємо у відповідності зі ступенем складності та обсягів проектно-конструкторської документації, яку необхідно розробити на етапи конструкторської підготовки. Модернізація діючого устаткування означає його вдосконалення з метою попередження або усунення фізичного зносу, техніко-економічного старіння та підвищення його технічних параметрів до рівня сучасних вимог.

Економічно доцільно здійснювати модернізацію устаткування під час проведення його капітального ремонту. Зазвичай вдосконалення устаткування хімічної галузі промисловості забезпечує збільшення її продуктивності на 10-18%,

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

а здійснені згідно з неї витрати не перевищують половини вартості нових знарядь виробництва аналогічного призначення.

Таблиця 8.1 – Техніко-економічні показники аналогів і нової розробки

Найменування показників	Одиниця виміру	Устаткування, яке підлягає модернізації	Нове аналогічне устаткування
1. Показники призначення			
Продуктивність	кг/с	3	3
Тип контактних пристроїв	—	Труби	Труби
Маса труби	кг	4	4,5
Вартість труби	грн	700	675
Кількість труб	—	100	100
Основний матеріал	—	Сталь 09Г2С	Сталь 12Х18Н10Т
Діаметр кожуха	мм	400	400
Висота	мм	770	840
Маса	кг	1050	1000
2. Показники безпеки робочого середовища			
Клас небезпечності за ГОСТ 12.1.007-76	—	До 1 кл.	До 1 кл.
Пожежонебезпека за ГОСТ 12.1.004-91	—	Вибухо-пожежонебезпечне	Вибухо-пожежонебезпечне

Продовження таблиці 8.1 – Техніко-економічні показники аналогів і нової розробки

Категорія вибухонебезпечності за ГОСТ Р 513305-99	—	В-1а	Г
3. Економічні показники			
Ринкова ціна нового аналогічного устаткування	тис. грн	—	200
Балансова(первісна) вартість устаткування	тис. грн	220	—
Залишкова вартість устаткування, яке підлягає модернізації	тис. грн	0	—

Розрахунки ефективності на проведення модернізації устаткування полягають у визначенні коефіцієнта ефективності витрат, який розраховується за формулою:

$$n_{pi} = 1 - \frac{M_i + S_{ei}}{K_{Hi} + \alpha\beta + S_{\alpha i}},$$

де M_i – сукупні витрати на проведення модернізації устаткування, грн.; (поточних);

S_{ei} – перевищення експлуатаційних витрат модернізованого устаткування порівняно з новим аналогічним устаткуванням, грн;

K_{Hi} – оптова ціна придбання нового аналогічного устаткування, грн.

α – коефіцієнт співвідношення продуктивності модернізованого устаткування та аналогічного нового устаткування;

β – коефіцієнт співвідношення тривалості ремонтного циклу модернізованого устаткування та аналогічного нового устаткування;

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

S_{α_i} – втрати від недоамортизації устаткування, яке підлягає модернізації.

Величина сукупних витрат на модернізацію устаткування може бути розрахована по формулі:

$$M_i = \Phi_{\text{перв}}^{\text{МОД}} \cdot K_i = 220000 \cdot 0,06 = 13200 \text{ грн},$$

де $\Phi_{\text{перв}}^{\text{МОД}}$ – первісна (відновлена) вартість устаткування, яке підлягає модернізації, згідно даних підприємств, де експлуатується аналогічне обладнання, первісна вартість теплообмінника $\Phi_{\text{перв}}^{\text{МОД}} = 220$ тис. грн.;

K_i – коефіцієнт витрат, величина якого залежить від виду і типу устаткування, яке підлягає модернізації, в даному випадку $K_i = 0,06$ для теплообмінних апаратів.

Модернізоване устаткування у процесі подальшої експлуатації, як правило, вимагає більш високих експлуатаційних (поточних) витрат у порівнянні з аналогічним новим устаткуванням.

Експлуатаційні (поточні) витрати при роботі устаткування складаються з таких витрат:

- витрати паливно-мастильних матеріалів;
- витрати на придбання та виготовлення необхідних запасних частин;
- витрат на оплату праці ремонтного персоналу;
- інші поточні експлуатаційні витрати.

З достатнім для розрахунків ступенем точності, який базується на практичних даних підприємств хімічного машинобудування, величина перевищення експлуатаційних (поточних) витрат по модернізованому устаткуванню порівняно з новим аналогічним устаткуванням S_{e_i} може бути розрахована по формулі:

$$S_{e_i} = q_{b_i} \cdot \Phi_{\text{перв}}^{\text{МОД}} - q_{b_n} \cdot \Phi_{\text{перв}}^{\text{НОВ}} = 0,12 \cdot 220000 - 0,1 \cdot 200000 = 6400 \text{ грн},$$

де q_{b_i} – коефіцієнт експлуатаційних (поточних) витрат устаткування, яке підлягає модернізації, в даному випадку $q_{b_i} = 0,12$ – для теплообмінних апаратів;

q_{b_n} – коефіцієнт експлуатаційних (поточних) витрат аналогічного нового устаткування, в даному випадку $q_{b_n} = 0,1$ для теплообмінних апаратів;

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\Phi_{\text{перв}}^{\text{нов}} = 200000$ грн – первісна вартість нового (аналогічного) устаткування.

Коефіцієнт співвідношення тривалості ремонтного циклу модернізованого устаткування та аналогічного нового:

$$\beta = \frac{T_{\text{мод}}}{T_{\text{нов}}} = \frac{10250}{9700} = 1,057,$$

де $T_{\text{мод}}$ – тривалість ремонтного циклу устаткування, яке підлягає модернізації;

$T_{\text{нов}}$ – тривалість ремонтного циклу аналогічного нового устаткування.

Коефіцієнт співвідношення продуктивності вдосконаленого устаткування та аналогічного нового устаткування α розраховується по формулі [14]:

$$\alpha = \frac{P_i}{P_{\text{нов}}} = \frac{3}{3} = 1,$$

де $P_i = 3$ кг/с – продуктивність або інший один з найбільш важливих показників, який характеризує роботу устаткування, яке підлягає модернізації;

$P_{\text{нов}} = 3$ кг/с – продуктивність або інший один з найбільш важливих показників, який характеризує роботу аналогічного нового устаткування.

Таблиця 8.2 – Значення коефіцієнту ефективності витрат n_{p_i} на модернізацію устаткування.

Величина коефіцієнта n_{p_i}	Висновок щодо доцільності модернізації устаткування
$n_{p_i} > 0$	Модернізація устаткування з економічної точки зору доцільна
$n_{p_i} < 0$	Модернізація устаткування з економічної точки зору недоцільна. Доцільним є придбання нового устаткування.
$n_{p_i} = 0$	Рішення про модернізацію устаткування приймається, виходячи з конкретних виробничих обставин.

Коефіцієнт ефективності витрат:

$$n_{p_i} = 1 - \frac{M_i + S_{e_i}}{K_{H_i} + \alpha\beta + S_{\alpha_i}} = 1 - \frac{13200 + 6400}{200000 + 1 \cdot 1,057 + 0} = 0,1$$

де $S_{\alpha_i} = 0$ – втрати від не до амортизації устаткування, яке підлягає модернізації;

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

K_{H_i} – оптова ціна придбання нового аналогічного устаткування, грн.

Висновок: оскільки $n_{p_i} = 0,1 > 0$, то модернізація устаткування з економічної точки зору доцільна.

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

В дипломному проекті освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр» на тему «Модернізація холодильника установки виробництва суспензійного полістиролу.», проведено модернізацію кожухотрубного теплообмінника призначеного для конденсації парів стирола при температурі 145 °С та продуктивністю 3 кг/с.

Для успішного виконання завдання був виконаний огляд конструкцій, на основі була обґрунтовано вибрана певна конструкція апарата. Також був виконаний аналіз і порівняння вибраної конструкції з іншими аналогами, в результаті чого встановлено, що апарат не містить принципових рішень запропонованих в розглянутих патентах.

Також були написані рекомендації для безпечної експлуатації та безпеки життєдіяльності під час роботи на виробництві. А саме – пожежобезпека, електробезпека, правила виробничого освітлення та повітря робочої зони. Було складено інструкцію з техніки безпеки під час виконання робіт.

Щоб підтвердити працездатність і надійність апарата були виконані певні розрахунки. А саме - параметричний, гідравлічний, конструктивний і розрахунки на міцність основних вузлів та деталей апарата (визначення товщини стінки внутрішньої обичайки, днища, розрахунок фланцевого з'єднання). Розрахунки на міцність виконані згідно діючих державних та галузевих стандартів.

Графічна частина проекту виконана у програмі КОМПАС 3D V18.1 та включає в себе чотири аркуші формату А1, що містять: технологічну схему установки виробництва суспензійного полістиролу, складальне креслення теплообмінника, креслення корпусу та розподільчої камери ТО. До всіх креслень додаються специфікації.

Результати проведених розрахунків зведені в пояснювальну записку. Наведені рекомендації з виготовлення, монтажу й експлуатації розробленого апарата.

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

За період виконання проекту опубліковано дві тези на XXVII та на XXVIII Всеукраїнських науково – практичних конференціях студентів, аспірантів і молодих вчених «Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів» та одну тезу на XXVI Міжнародній науково-практичній конференції у Лондоні, Велика Британія.

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Выводы

В дипломном проекте образовательно-квалификационного уровня «бакалавр» на тему «Модернизация холодильной установки производства суспензионного полистирола.», Проведена модернизация кожухотрубного теплообменника предназначенного для конденсации паров стирола при температуре 145 ° С и производительностью 3 кг / с.

Для успешного выполнения задачи был выполнен обзор конструкций, на основе была обоснованно выбрана определенная конструкция аппарата. Также был выполнен анализ и сравнение выбранной конструкции с другими аналогами, в результате чего установлено, что аппарат не содержит принципиальных решений предложенных в рассмотренных патентах.

Также были написаны рекомендации для безопасной эксплуатации и безопасности жизнедеятельности при работе на производстве. А именно - пожаробезопасность, электробезопасность, правила производственного освещения и воздуха рабочей зоны. Был составлен инструкцию по технике безопасности при выполнении работ.

Чтобы подтвердить работоспособность и надежность аппарата были выполнены определенные расчеты. А именно - параметрический, гидравлический, конструктивный и расчеты на прочность основных узлов и деталей аппарата (определение толщины стенки внутренней обечайки, днища, расчет фланцевого соединения). Расчеты на прочность выполнены согласно действующих государственных и отраслевых стандартов.

Графическая часть проекта выполнена в программе КОМПАС 3D V18.1 и включает в себя четыре листа формата А1, содержащие: технологическую схему установки производства суспензионного вспенивающегося сборочный чертеж теплообменника, чертежи корпуса и распределительной камеры ТО. Ко всем чертежам добавляются спецификации.

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Подпис	Дата		75

Результаты проведенных расчетов сведены в пояснительную записку. Приведены рекомендации по изготовлению, монтажу и эксплуатации разработанного аппарата.

За период выполнения проекта опубликовано два тезиса на XXVII и на XXVIII Всеукраинских научно - практических конференциях студентов, аспирантов и молодых ученых «Оборудование химических производств и предприятий строительных материалов» и один тезис на XXVI Международной научно-практической конференции в Лондоне, Великобритания.

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Conclusions

In the diploma project of educational and qualification level "Bachelor" on the topic "Modernization of the refrigeration plant for the production of suspension polystyrene."

To successfully complete the task, a review of structures was performed, on the basis of which a certain design of the device was substantiated. The analysis and comparison of the selected design with other analogues was also performed, as a result of which it was established that the device does not contain the basic solutions proposed in the considered patents.

Recommendations were also written for safe operation and safety of life during work in production. Namely - fire safety, electrical safety, rules of industrial lighting and air of the working area. Safety instructions were drawn up during the works.

To confirm the efficiency and reliability of the device, certain calculations were performed. Namely - parametric, hydraulic, structural and calculations for the strength of the main components and parts of the device (determination of the wall thickness of the inner shell, bottom, calculation of the flange connection). Strength calculations are performed in accordance with current state and industry standards.

The graphic part of the project is made in the program COMPASS 3D V18.1 and includes four sheets of A1 format, which contain: technological scheme of installation of production of suspension polystyrene, assembly drawing of the heat exchanger, drawing of the case and distribution chamber of HE. Specifications are attached to all drawings.

The results of the calculations are summarized in an explanatory note. Recommendations for the manufacture, installation and operation of the developed device are given.

During the project period two abstracts were published at the XXVII and XXVIII All-Ukrainian scientific-practical conferences of students, graduate students and young scientists "Equipment of chemical industries and enterprises of building

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

materials" and one thesis at the XXVI International scientific-practical conference in London, UK..

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перелік посилань

1. Virych Sviatoslav. Modernization of the heat exchanger in the scheme of production of suspension polystyrene [Електронний ресурс] / Virych Sviatoslav, Shved Mykola. – XXVI International Scientific and Practical Conference. – Лондон: Велика Британія, 2021 – 81 с. – Режим доступу: <https://isg-konf.com/uk/topical-issues-of-practice-and-science-ua/>,

2. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессы и аппараты химической технологии. 10-е изд., перераб. и доп. - Ленинград: Химия. 1987.- 576 с.

3. Лацинский А. А., Толчинский А. Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры - Л.: Машиностроение, 1970. – 752 с.[]

4. Novel shell-and-tube heat exchanger пат. CN210980928U Китай, заявлено 29.10.2019, опубл. 10.07.2020.

<https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/071446025/publication/CN210980928U?q=pn%3DCN210980928U>

5. Shell-and-tube oil-water heat exchanger пат. CN210625419U Китай, заявлено 10.10.2019, опубл. 26.05.2020.

<https://worldwide.espacenet.com/patent/search?q=pn%3DCN210625419U>

6. Shell-tube heat exchanger Пат. CN111141162A Китай, заявлено 06.11.2018, опубл. 12.05.2020.

<https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/070516501/publication/CN111141162A?q=pn%3DCN111141162A>

7. Shell and tube type heat exchanger пат. CN110671952A Китай, заявлено 05.11.2019, опубл. 10.01.2020.

<https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/069086148/publication/CN110671952A?q=pn%3DCN110671952A>

8. Shell and tube heat exchanger пат. CN211503779U Китай, заявлено 05.11.2019, опубл. 15.09.2020.

<https://worldwide.espacenet.com/patent/search/family/072408503/publication/CN211503779U?q=pn%3DCN211503779U>

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

3779U?q=pn%3DCN211503779U

9. Основи охорони праці/ [Ткачук К.Н., Халімовський М.О., Зацарний В.В. та ін.]; під ред. К.Н. Ткачука і М.О. Халімовського. —[2 – е вид.]. — Київ: Основа, 2006. – 448 с.

10. Варгафтик Н.Б. Справочник по теплофизическим свойствам газов и жидкостей. «Наука». Москва, 1972 г.

11. Иоффе И. Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии: Учебник для техникумов. — Л.: Химия, 1991. — 352 с., ил.

12. В.Г. Доброногов, І.О. Мікульонок . «Конструювання та розрахунок фланцевого з'єднання»: Навч. посібник /. – К.НМК ВО, 1992 – 104 с.

13. .Г. Доброногов, І.О. Мікульонок . «Конструювання опорних вузлів хімічних апаратів і перевірка несучої спроможності обичайок на дію опорних навантажень»: Навч. посібник /. – К.НМК ВО, 1995 – 182 с.

14. Мікульонок І.О. Виготовлення монтаж та експлуатація обладнання хімічних виробництв– Київ НТУУ «КПІ», 2012 – 442с.

15. Обеспечение и методы оптимизации надежности химических и нефтеперерабатывающих производств/ В. В. Кафаров, В. П. Мешалкин, Г. Грун, В. Ной-манн. — М.; Химия, 1987. 272 с.

16. А. М. Задольський. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломних проектів бакалаврів (для студентів інженерно – хімічного факультету). Київ, 2010 р. – 27 с.

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

Додаток А

Документація до патентного дослідження

РЕГЛАМЕНТ ПОШУКУ № ЛН71.06РП

Найменування теми Кожухотрубний теплообмінник шифр теми ЛН71.065112.001

Етап Проектування кожухотрубного теплообмінника та його складових частин

Номер, дата завдання на проведення патентних досліджень

ЛН71.06, 07.04.2021

Обґрунтування регламенту пошуку:

Предмет пошуку – 1) кожухотрубний теплообмінник (Об'єктом пошуку є винаходи й корисні моделі).

Мета пошуку інформації – визначення патентної ситуації щодо кожухотрубних теплообмінників (визначення патентоздатності проєктованого апарата й визначення тенденцій розвитку даного напрямку в техніці).

Визначення держав пошуку. Встановлюємо такі держави пошуку: Україна, Російська Федерація, США, Велика Британія, Німеччина, Франція, Китай, Японія.

Ретроспективність. Термін дії патенту на винахід в Україні – 20 років, проте регламент пошуку встановлюємо такий: 2020–2021 р.р.

Класифікаційні індекси. Міжнародна патентна класифікація: МПК F28F 7/00, F28D1/00.

Уніфікована десяткова класифікація УДК 66.045

Джерела інформації. 1) патентна інформація: описи до винаходів, офіційні патентні бюлетені Держпатенту України, Роспатенту; 2) науково-технічна інформація: підручники й навчальні посібники з курсу процесів та апаратів хімічного та нафтопереробного виробництва; 3) інтернет ресурси:

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		81

<http://ep.espacenet.com/>,

<http://www.uipv.org>,

<http://uapatents.com>,

www.freepatent.ru/, <http://www1.fips.ru/>,.

Початок пошуку 07.04.2021 Закінчення пошуку 17.04.2021

РЕГЛАМЕНТ ПОШУКУ № ЛН71.06ДП

Завдання на проведення патентних досліджень ЛН71.065112.000
07.02.2021

(номер , дата)

Етап Проектування апарата та його складових частин

Номер, дата регламентного пошуку ЛН71.06.РП 07.02.2021

Початок пошуку 07.04.2021 Закінчення пошуку 17.04.2021

Таблиця А.1 – Регламент пошуку (форма Б.1 згідно ДСТУ 3575-97)

Предмет пошуку (ОГД, його складові частини)	Мета пошуку інформації	Держава пошуку	Класифікаційні індекси МПК, УДК	Ретро-спективність пошуку	Джерела інформації
Кожухотрубний теплообмінник	Визначення патентно-здатності та патентної чистоти проектного апарата й тенденції розвитку цього	Україна, Російська Федерація, США, Велика Британія, Німеччина, Франція, Китай, Японія.	-	2019 – 2021.	Національні і зарубіжні офіційні бюлетені. Описи винаходів і корисних моделей.

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

	напрямку в техніці.				
--	------------------------	--	--	--	--

Таблиця А.2 – 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
Кожухот рубний теплообмінник	Україна, РФ, США, Велика Британія, Німеччина, Франція, Китай, Японія.	-	Фонд НТУУ “КПІ” Державний патентний фонд бази даних об’єктів промислової власності, до яких надається безоплатний доступ в Інтернеті http://ep.espace.net.com/ ,	Описи винаходів патентів України № 1–41000. Описи корисних моделей патентів України № 1–1050. Описи винаходів патентів Російської Федерації	Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 1971.– 785 с. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия,

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		83

			http://www.uipv.org , http://uapatents.com , www.freepatent.ru/ , http://www1.fips.ru/	№ 2000000–2140000.	1983.– 272 с.
--	--	--	---	--------------------	---------------

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		84

Таблиця А.3 Патентна документація, відібрана для подальшого аналізу

ОГД, його складові частини	Документи на об'єкти промислової власності	
	бібліографічні дані	відомості щодо їхньої дії
1	2	3
Кожухотрубний теплообмінник	Патент № CN210980928U Китай, заявлено 29.10.2019, опубл. 10.07.2020.	Діє
Кожухотрубний теплообмінник	Патент № CN210625419U Китай, заявлено 10.10.2019, опубл. 26.05.2020	Діє
Кожухотрубний теплообмінник	Патент № CN111141162A Китай, заявлено 06.11.2018, опубл. 12.05.2020	Діє
Кожухотрубний теплообмінник	Патент № CN110671952A Китай, заявлено 05.11.2019, опубл. 10.01.2020	Діє
Кожухотрубний теплообмінник	Патент CN211503779U Китай, заявлено 05.11.2019, опубл. 15.09.2020	Діє

Таблиця А.4 – Інша науково-технічна документація, відібрана для подальшого аналізу.

ОГД, його складові частини	Джерела інформації	Бібліографічні дані
Кожухотрубний теплообмінник	Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии.	М.: Химия, 1991. - 496с.
Кожухотрубний теплообмінник	Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты хим. технологии	М.: Химия, 1971 – С.387
Кожухотрубний теплообмінник	Корнієнко Я.М. Процеси та обладнання хімічної технології [Текст]: підруч./ Я. М. Корнієнко	К.: НТУУ «КПІ», 2011. – Ч.2. – 416 с.

Висновок

У результаті проведених патентних досліджень встановлено:

Пропонований апарат і його складові частини відповідають умовам патентної чистоти винаходу (корисної моделі) через те що усі суттєві ознаки найближчих аналогів не використано в проектних апаратах.

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
						86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток Б

Програмний розрахунок товщини еліптичного днища під дією внутрішнього тиску

На рисунку Б.1 зображено блок – схему до розрахунку товщини еліптичного днища навантаженої зовнішнім тиском

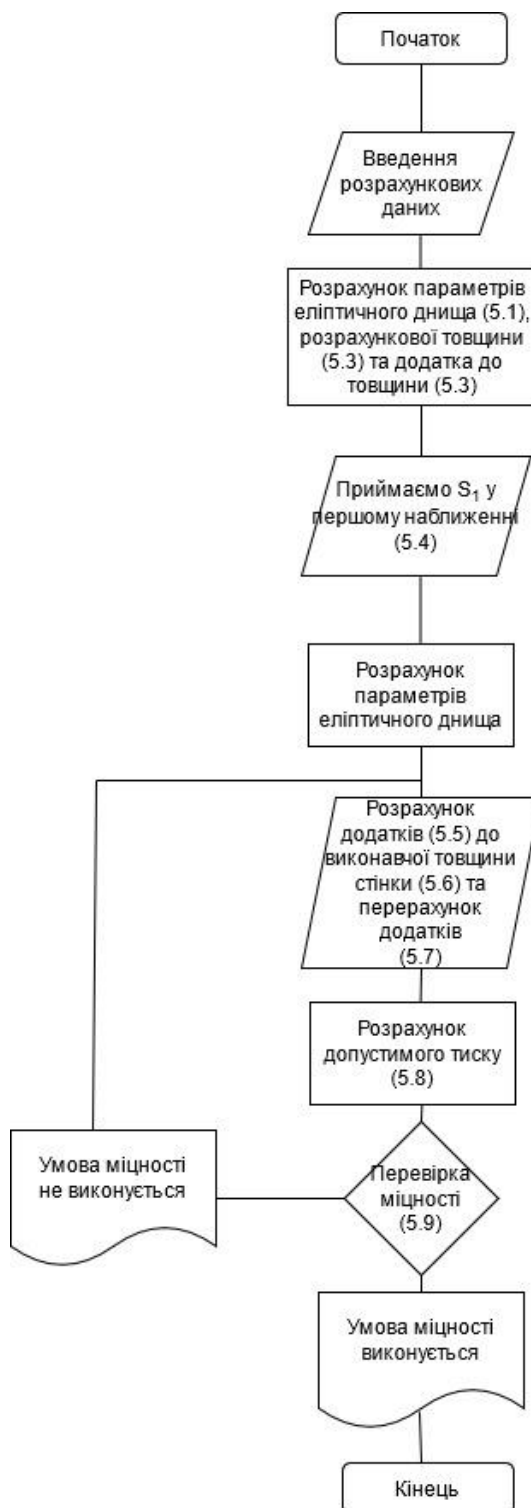


Рисунок Б.1 – Блок – схема розрахунку циліндричної обичайки навантаженої зовнішнім тиском

Програма розрахунку товщини стінки

$$p := 0.6 \text{ МПа} \quad D := 0.4 \text{ м} \quad t := 30 \text{ С} \quad \varphi := 0.9 \text{ - Коефіцієнт зварного шва}$$

$$\sigma_{st} := (184 \ 174 \ 168 \ 160)^T \quad t_{st} := (20 \ 100 \ 150 \ 200)^T$$

$$\sigma_{доп} := \text{interp}(t_{st}, \sigma_{st}, t) = 182.75 \quad R_e := D = 0.4 \text{ м}$$

$$h_B := 0.25 \cdot D = 0.1 \text{ м}$$

Товщина за внутрішнього надлишкового тиску:

Додаток до розрахункової товщини для компенсації ерозії і корозії

$$C_e := 0 \text{ м}$$

$$S_{днR} := \frac{p \cdot R_e}{2 \cdot \sigma_{доп} \cdot \varphi - 0.5 \cdot p} = 7.303 \times 10^{-4} \text{ м} \quad v_{кор} := 0.1 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$\tau := 10 \text{ років}$$

$$C_0 := 0.070 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$C_1 := \begin{cases} (0.001 + C_e) & \text{if } v_{кор} \leq 5 \cdot 10^{-5} \\ (v_{кор} \cdot \tau + C_e) & \text{otherwise} \end{cases} = 1 \times 10^{-3} \text{ м}$$

$$S_{дн1} := S_{днR} + C_1 + C_0 = 1.8 \times 10^{-3} \text{ м}$$

$$C_2 := 0.14 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$C_3 := 0 \text{ м}$$

Сума додатків до розрахункової товщини:

$$C_{\text{сум}} := \begin{cases} C_1 & \text{if } \frac{C_2 + C_3}{S_{дн1}} \leq 0.05 \\ (C_1 + C_2 + C_3) & \text{otherwise} \end{cases} = 1.14 \times 10^{-3} \text{ м}$$

$$C_0 := 0.130 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$S := S_{днR} + C + C_0 = 2 \times 10^{-3}$$

$$S := 6 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$C_2 := 0.2 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

$$C_3 := 0 \text{ м}$$

Перевірка на допустимий тиск:

$$p_{доп} := \frac{2 \cdot \sigma_{доп} \cdot \varphi \cdot (S - C)}{R_e + 0.5 \cdot (S - C)} = 3.973 \text{ МПа}$$

$$C_{\text{сум}} := \begin{cases} C_1 & \text{if } \frac{C_2 + C_3}{S_{дн1}} \leq 0.05 \\ (C_1 + C_2 + C_3) & \text{otherwise} \end{cases} = 1.2 \times 10^{-3}$$

$$умова3 := \begin{cases} 1 & \text{if } p \leq p_{доп} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} = 1$$

Таблиця Б.1 перелік ідентифікаторів

Найменування величини	Позначення	Ідентифі- катор	Розмірність
1	2	3	4
Діаметр апарата	D	D	м
Зовнішній тиск	P	P	МПа
Допустиме напруження	$[\sigma]$	σ_{dop}	МПа
Коефіцієнт зварного шва	φ	φ	
Швидкість корозії	U	U	м/рік
Строк служби апарата	τ	τ	рік
Виконавча товщина стінки кришки або днища у першому наближенні	S_{∂}^1	$S_{дн1}$	м
Розрахункова товщина стінки	S_R	S_r	м
Сумарна прибавка на компенсацію корозії, допуску	C	C	м
Додаток до розрахункової товщини для компенсації корозії і ерозії	C_1	C_1	м
Додаток на компенсацію мінусового допуску до товщини листа	C_2	C_2	м
Технологічний додаток	C_3	C_3	м
Виконавча товщина стінки	S	S	м
Висота еліптичної частини днища	h_{ϵ}	$h_{в}$	м
Радіус еліптичної частини днища	R_{ϵ}	R_{ϵ}	м
Допустимий тиск з умови міцності	$[P]$	P_{dop}	МПа

Результати розрахунку за програмою розрахунку товщини стінки циліндричної обичайки навантаженої зовнішнім тиском приведені в таблиці Б.2.

Таблиця Б.2 – результати розрахунку

Найменування величини	Позначення	Числове значення	Розмірність
1	2	3	4
Розрахункова товщина стінки	S_R	0,002	м
Виконавча товщина стінки	S	0,006	м
Висота еліптичної частини днища	H	0,100	м
Радіус еліптичної частини днища	R	0,4	м
Допустимий зовнішній тиск	$[P]$	3,973	МПа

Приймається виконавча товщина стінки $S=6\text{мм}$

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток В

Патенти, які використані в патентному дослідженні

(19)中华人民共和国国家知识产权局



(12)实用新型专利



(10)授权公告号 CN 211503779 U

(45)授权公告日 2020.09.15

(21)申请号 201921895931.7

(22)申请日 2019.11.05

(73)专利权人 杭州沈氏节能科技股份有限公司

地址 311612 浙江省杭州市建德市航头镇

工业功能区大店口区块

(72)发明人 赵博 沈伟祥 吕志锡 杨祯杰

蔡锡民 赵凯凯 雷炳厚 石景祯

钱兵保

(74)专利代理机构 北京三聚阳光知识产权代理

有限公司 11250

代理人 于妙卓

(51)Int.Cl.

F28D 7/06(2006.01)

F28F 9/18(2006.01)

(ESM)同样的发明创造已同日申请发明专利

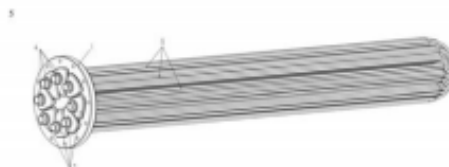
权利要求书1页 说明书4页 附图2页

(54)实用新型名称

一种壳管式换热器

(57)摘要

本实用新型涉及换热器技术领域,具体涉及一种壳管式换热器。包括管板和壳盖,管板上设有多个管束穿孔区,任一个管束穿孔区内具有多个管束孔;壳盖有多个,覆盖在对应的管束穿孔区上,壳盖上设有管路接口。本实用新型中,壳盖只承受其与其与管束穿孔区之间的流体压力,而且,壳盖与管板之间通过焊接的方式连接,使得该壳管式换热器具有更好的承压性能。



CN 211503779 U

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		91

1. 一种壳管式换热器,其特征在于,包括:
管板(1),其上设有多个管束穿孔区(3),任一所述管束穿孔区(3)内具有多个管束孔;
壳盖(2),具有多个,覆盖在对应的所述管束穿孔区(3)上。
2. 根据权利要求1所述的壳管式换热器,其特征在于,所述壳盖(2)与所述管束穿孔区(3)一一对应设置,所述壳盖(2)上设有管路接口(4)。
3. 根据权利要求1所述的壳管式换热器,其特征在于,至少有一个所述壳盖(2)与多个所述管束穿孔区(3)对应设置。
4. 根据权利要求3所述的壳管式换热器,其特征在于,与多个所述管束穿孔区(3)对应设置的壳盖(2)上未设有管路接口,其余所述壳盖(2)上设有所述管路接口。
5. 根据权利要求1-4中任一所述的壳管式换热器,其特征在于,所述管束穿孔区(3)外围的连接部与所述壳盖(2)焊接。
6. 根据权利要求5所述的壳管式换热器,其特征在于,一个所述管束穿孔区(3)内的所有所述管束孔的面积和为该所述管束穿孔区(3)面积的20-95%。
7. 根据权利要求1所述的壳管式换热器,其特征在于,所述壳盖(2)为扇形,且所述壳盖(2)的底边具有向外凸出的弧度。
8. 根据权利要求2或4所述的壳管式换热器,其特征在于,所述壳盖(2)由靠近所述管板(1)的一侧向远离所述管板(1)的一侧逐渐收缩成型,在所述管路接口(4)位置处向远离所述管板(1)的一侧延伸为所述管路接口(4)。
9. 根据权利要求1所述的壳管式换热器,其特征在于,所述壳盖(2)的厚度为5mm-100mm。
10. 根据权利要求1所述的壳管式换热器,其特征在于,所述壳盖(2)的高度为10mm-50mm。

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
						92
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(19)中华人民共和国国家知识产权局



(12)实用新型专利



(10)授权公告号 CN 210980928 U

(45)授权公告日 2020.07.10

(21)申请号 201921836388.3

(22)申请日 2019.10.29

(73)专利权人 抚顺欣和石化设备制造有限公司

地址 113006 辽宁省抚顺市顺城区前岭工业园区

(72)发明人 吴浩 王雨 周向晖 杜明

(74)专利代理机构 北京东方盛凡知识产权代理

事务所(普通合伙) 11562

代理人 张雪

(51)Int.Cl.

F28D 7/16(2006.01)

F28F 9/00(2006.01)

F28F 9/013(2006.01)

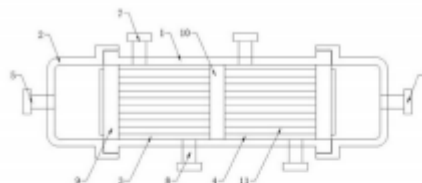
权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54)实用新型名称

一种新型管壳式换热器

(57)摘要

本实用新型公开了一种新型管壳式换热器,包括壳体和两个管箱,壳体的内部由隔板分隔为第一换热腔和第二换热腔,壳体的顶部固定设置有两个壳程流体入口,壳体的底部固定设置有两个壳程流体出口,壳体的两端均固定连接管箱,壳体与两个管箱的连接处均固定设置有管板,两个管板的一侧均开设有若干管孔,若干个管孔分别与若干个换热管的两端卡合连接,且若干个换热管的两端分别与两个管箱相通,本实用新型一种新型管壳式换热器,若干个换热管能够单独进行拆卸和安装,便于对换热管进行维修更换,液体通过若干个换热管依次经过两个换热腔,通过两个换热腔进行两次换热,提高换热器的换热效率。



CN 210980928 U

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
						93
ЗМН.	Арк.	№ докум.	Подпис	Дата		

1. 一种新型管壳式换热器, 包括壳体(1)和两个管箱(2), 其特征在于, 所述壳体(1)的内部由隔板(10)分隔为第一换热腔(3)和第二换热腔(4), 所述壳体(1)的顶部固定设置有两个壳程流体入口(7), 所述壳体(1)的底部固定设置有两个壳程流体出口(8), 所述壳体(1)的两端均固定连接有管箱(2), 所述壳体(1)与两个管箱(2)的连接处均固定设置有管板(9), 两个所述管板(9)的一侧均开设有若干个管孔(13), 若干个所述管孔(13)分别与若干个换热管(11)的两端卡合连接, 且若干个所述换热管(11)的两端分别与两个管箱(2)相通。

2. 根据权利要求1所述的一种新型管壳式换热器, 其特征在于: 两个所述管箱(2)远离壳体(1)的一端分别固定连通有管程流体入口(5)和管程流体出口(6)。

3. 根据权利要求1所述的一种新型管壳式换热器, 其特征在于: 所述第一换热腔(3)顶部的一侧和第二换热腔(4)顶部的一侧分别与两个壳程流体入口(7)固定连通, 所述第一换热腔(3)底部远离壳程流体入口(7)的一侧和第二换热腔(4)底部远离壳程流体入口(7)的一侧分别与两个壳程流体出口(8)固定连通。

4. 根据权利要求1所述的一种新型管壳式换热器, 其特征在于: 若干个所述换热管(11)均与隔板(10)穿插连接。

5. 根据权利要求1所述的一种新型管壳式换热器, 其特征在于: 若干个所述管孔(13)远离换热管(11)的一端螺纹连接有空心管套(12)。

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		94

(19)中华人民共和国国家知识产权局



(12)实用新型专利



(10)授权公告号 CN 210625419 U

(45)授权公告日 2020.05.26

(21)申请号 201921690179.2

(22)申请日 2019.10.10

(73)专利权人 山西星辰热能设备有限公司

地址 034000 山西省忻州市原平市大运路
金三角开发区

(72)发明人 曹俊汝 王军伟 张洪源

(74)专利代理机构 北京华仁联合知识产权代理
有限公司 11588

代理人 张换君

(51)Int.Cl.

F28D 7/00(2006.01)

F28F 9/24(2006.01)

F28F 9/12(2006.01)

F28F 19/01(2006.01)

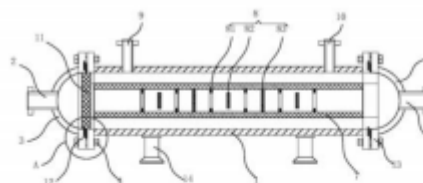
权利要求书1页 说明书2页 附图2页

(54)实用新型名称

一种管壳式油水换热器

(57)摘要

本实用新型涉及换热器技术领域,尤其是一种管壳式油水换热器,包括外壳,所述外壳下层两端均焊接有支撑脚,所述外壳一端通过第一连接结构连接有第一管箱,所述第一管箱另一端焊接有进油口,所述外壳另一端通过第二连接结构连接有第二管箱,所述第二管箱另一端焊接有出油口,所述第一连接结构一侧并位于外壳内部固定安装有换热管,所述外壳上侧一端焊接有进水口,所述外壳上侧另一端焊接有出水口,该油水换热器密封性能好,值得推广。



CN 210625419 U

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Подпис	Дата		95

1. 一种管壳式油水换热器, 包括外壳 (1), 所述外壳 (1) 下层两端均焊接有支撑脚 (14), 其特征在于, 所述外壳 (1) 一端通过第一连接结构 (4) 连接有第一管箱 (3), 所述第一管箱 (3) 另一端焊接有进油口 (2), 所述外壳 (1) 另一端通过第二连接结构 (13) 连接有第二管箱 (6), 所述第二管箱 (6) 另一端焊接有出油口 (5), 所述第一连接结构 (4) 一侧并位于外壳 (1) 内部固定安装有换热管 (7), 所述换热管 (7) 内部焊接有折流结构 (8), 所述外壳 (1) 上侧一端焊接有进水口 (9), 所述外壳 (1) 上侧另一端焊接有出水口 (10)。

2. 根据权利要求1所述的一种管壳式油水换热器, 其特征在于, 所述第一连接结构 (4) 包括管程法兰 (41)、壳程法兰 (42) 和螺栓 (43), 所述壳程法兰 (42) 固定焊接于外壳 (1) 端部, 所述管程法兰 (41) 固定焊接于换热管 (7) 端部, 所述管程法兰 (41) 和所述壳程法兰 (42) 之间通过螺栓 (43) 固定连接。

3. 根据权利要求2所述的一种管壳式油水换热器, 其特征在于, 所述管程法兰 (41) 内部固定安装有过滤网 (11), 所述管程法兰 (41) 和所述壳程法兰 (42) 之间粘贴覆盖有密封垫 (12)。

4. 根据权利要求1所述的一种管壳式油水换热器, 其特征在于, 所述折流结构 (8) 包括遮挡环圈 (81)、第一挡板 (82) 和第二挡板 (83), 遮挡环圈 (81)、第一挡板 (82) 以及第二挡板 (83) 均匀交错焊接于所述换热管 (7) 内壁上。

5. 根据权利要求4所述的一种管壳式油水换热器, 其特征在于, 所述第一挡板 (82) 包括圆板部 (821) 以及凸出部 (822), 所述圆板部 (821) 两端均焊接有凸出部 (822), 所述凸出部 (822) 为圆弧结构并且其与圆板部 (821) 为一体结构。

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		96

(19)中华人民共和国国家知识产权局



(12)发明专利申请



(10)申请公布号 CN 111141162 A

(43)申请公布日 2020.05.12

(21)申请号 201811311617.X

(22)申请日 2018.11.06

(71)申请人 浙江盾安热工科技有限公司

地址 311835 浙江省绍兴市诸暨市店口镇
工业区

(72)发明人 徐洪光 王冠军 詹志成 魏文建

(74)专利代理机构 杭州华进联浙知识产权代理
有限公司 33250

代理人 聂智

(51)Int.Cl.

F28D 7/16(2006.01)

F28F 9/24(2006.01)

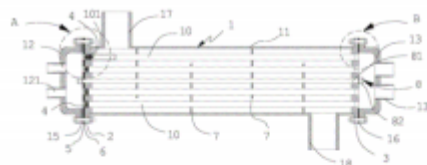
权利要求书1页 说明书7页 附图4页

(54)发明名称

壳管换热器

(57)摘要

本发明涉及一种壳管换热器,包括壳体,以及两端分别通过第一管板和第二管板固定分布在壳体内部的换热管,还包括安装在所述换热管的进口端的旋涡发生器,所述旋涡发生器包括中间体以及绕置在中间体外周的螺旋叶片。本发明结构简单,内部无可动部件,可有效提高换热器性能,提高换热管内部流量均匀性,缩短换热管长度和蒸发器尺寸,降低生产成本。



CN 111141162 A

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Подпис	Дата		97

1. 一种壳管换热器, 包括壳体、以及两端分别通过第一管板和第二管板固定分布在壳体内部的换热管, 其特征在于: 还包括安装在所述换热管的进口端的旋涡发生器, 所述旋涡发生器包括中间体以及绕置在中间体外周的螺旋叶片。

2. 如权利要求1所述的壳管换热器, 其特征在于: 所述旋涡发生器的流入侧安装在第一管板上, 且所述旋涡发生器的至少一部分伸入所对应的换热管。

3. 如权利要求2所述的壳管换热器, 其特征在于: 所述旋涡发生器与所对应的换热管同轴布置。

4. 如权利要求1所述的壳管换热器, 其特征在于: 所述螺旋叶片在所述旋涡发生器的流入侧设有定位凸台, 所述第一管板上设有与所述定位凸台相配的定位凹槽。

5. 如权利要求1所述的壳管换热器, 其特征在于: 所述壳管换热器还包括设置在第一管板与第一端盖之间将旋涡发生器紧压在第一管板上的挡板, 所述挡板上开设有与旋涡发生器的流入侧相对应的避让孔。

6. 如权利要求5所述的壳管换热器, 其特征在于: 所述挡板与管板之间设有将旋涡发生器压紧在第一管板上的密封件。

7. 如权利要求1所述的壳管换热器, 其特征在于: 所述螺旋叶片为至少两片, 各螺旋叶片与换热管内壁形成多条冷媒通道。

8. 如权利要求1所述的壳管换热器, 其特征在于: 所述螺旋叶片半径自旋涡发生器的流入侧向流出侧逐渐减小。

9. 如权利要求1所述的壳管换热器, 其特征在于: 所述中间体包括:

圆柱状的本体, 所述螺旋叶片分布在本体外周;

处在本体一端且朝向流入侧的球头;

处在本体另一端其朝向流出侧的尾锥。

10. 如权利要求9所述的壳管换热器, 其特征在于: 所述球头呈半球形。

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
						98
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(19)中华人民共和国国家知识产权局



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110671952 A

(43)申请公布日 2020.01.10

(21)申请号 201911073786.9

(22)申请日 2019.11.05

(71)申请人 杭州沈氏节能科技股份有限公司

地址 311612 浙江省杭州市建德市航头镇
工业功能区大店口区块

(72)发明人 赵博 沈伟祥 吕志锡 杨桢杰
蔡锡民 赵凯凯 雷炳厚 石景祯
钱兵保

(74)专利代理机构 北京三聚阳光知识产权代理
有限公司 11250

代理人 于妙卓

(51)Int.Cl.

F28D 7/06(2006.01)

F28F 9/18(2006.01)

权利要求书1页 说明书3页 附图2页

(54)发明名称

一种壳管式换热器

(57)摘要

本发明涉及换热器技术领域,具体涉及一种壳管式换热器。包括管板和壳盖,管板上设有多个管束穿孔区,任一个管束穿孔区内具有多个管束孔;壳盖有多个,覆盖在对应的管束穿孔区上,壳盖上设有管路接口。本发明中,壳盖只承受其与其与管束穿孔区之间的流体压力,而且,壳盖与管板之间通过焊接的方式连接,使得该壳管式换热器具有更好的承压性能。



CN 110671952 A

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Подпис	Дата		99

1. 一种壳管式换热器, 其特征在于, 包括:
管板 (1), 其上设有多个管束穿孔区 (3), 任一所述管束穿孔区 (3) 内具有多个管束孔;
壳盖 (2), 具有多个, 覆盖在对应的所述管束穿孔区 (3) 上。
2. 根据权利要求1所述的壳管式换热器, 其特征在于, 所述壳盖 (2) 与所述管束穿孔区 (3) 一一对应设置, 所述壳盖 (2) 上设有管路接口 (4)。
3. 根据权利要求1所述的壳管式换热器, 其特征在于, 至少有一个所述壳盖 (2) 与多个所述管束穿孔区 (3) 对应设置。
4. 根据权利要求3所述的壳管式换热器, 其特征在于, 与多个所述管束穿孔区 (3) 对应设置的壳盖 (2) 上未设有管路接口, 其余所述壳盖 (2) 上设有所述管路接口。
5. 根据权利要求1-4任一项所述的壳管式换热器, 其特征在于, 所述管束穿孔区 (3) 外围的连接部与所述壳盖 (2) 焊接。
6. 根据权利要求5所述的壳管式换热器, 其特征在于, 一个所述管束穿孔区 (3) 内的所有所述管束孔的面积和为该所述管束穿孔区 (3) 面积的20-95%。
7. 根据权利要求1所述的壳管式换热器, 其特征在于, 所述壳盖 (2) 为扇形, 且所述壳盖 (2) 的底边具有向外凸出的弧度。
8. 根据权利要求2或4所述的壳管式换热器, 其特征在于, 所述壳盖 (2) 由靠近所述管板 (1) 的一侧向远离所述管板 (1) 的一侧逐渐收缩成型, 在所述管路接口 (4) 位置处向远离所述管板 (1) 的一侧延伸为所述管路接口 (4)。
9. 根据权利要求1-8中任一项所述的壳管式换热器, 其特征在于, 所述壳盖 (2) 的厚度为5mm-100mm。
10. 根据权利要求1-9中任一项所述的壳管式换热器, 其特征在于, 所述壳盖 (2) 的高度为10mm-50mm。

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
						100
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток Г

СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

Студента кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

ВІРИЧА СВЯТОСЛАВА ІГОРОВИЧА

- 1) Вірич С.І. MODERNIZATION OF THE HEAT EXCHANGER IN THE SCHEME OF PRODUCTION OF SUSPENSION POLYSTYRENE. / Вірич С.І., Швед М.П. // Збірник тез доповідей XXVII всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів"(25-26 листопада 2020 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2020. – 98 с
- 2) Вірич С.І. MODERNIZATION OF THE HEAT EXCHANGER IN THE SCHEME OF PRODUCTION OF SUSPENSION POLYSTYRENE / Вірич С.І., Швед М.П. // Збірник тез доповідей XXVIII всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів"(28-29 квітня 2021 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2021 – 16 с
- 3) Вірич С.І. MODERNIZATION OF THE HEAT EXCHANGER IN THE SCHEME OF PRODUCTION OF SUSPENSION POLYSTYRENE / Вірич С.І., Швед М.П. // XXVI Міжнародна науково-практична конференція «Актуальні питання практики і науки». – Лондон, Велика Британія, 2021 – 81 с.

					ЛН71.065112.001 ПЗ	Арк.
						101
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		