

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

«До захисту допущено»

В.о. завідувача кафедри

_____ Андрій СТЕПАНЮК

(підпис)

“ ” _____ 2023 р.

ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ

на здобуття ступеня бакалавра

Напрямок підготовки: 13 Машинобудування

Спеціальність: 133 «Галузеве машинобудування»

Освітньо-професійна програма: Комп’ютерно-інтегровані технології
проектування обладнання хімічної інженерії

**на тему: Модернізація установки виробництва бутадієну з розробкою
випарника**

Виконав студент IV курсу, групи ЛН-91

Владимиров Захар Дмитрович

Керівник проекту

ст. викл., к.т.н., Роман САЧОК

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

_____ (підпис)

Консультанти:

з охорони праці

доцент, к.т.н., Іван КОВТУН

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

_____ (підпис)

з економіки

доцент, к.т.н., 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 _____ Захар ВЛАДИМИРОВ

Київ – 2023

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

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

Освітній ступінь: бакалавр

Спеціальності: 133 «Галузеве машинобудування»

Освітньо-професійна програма: Комп'ютерно-інтегровані технології
проектування обладнання хімічної інженерії

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

_____ Андрій СТЕПАНЮК

(підпис)

“__” _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Владимирову Захару Дмитровичу

1. Тема проекту: Модернізація установки виробництва бутадієну з розробкою випарника.

Керівник проекту: ст. викл., к.т.н. Сачок Р.В.

Затверджена наказом по університету від «__» _____ 2023 р. №- _____

2. Термін подання студентом проекту: 18.06.23

3. Вихідні дані до проекту: продуктивність по етанолу – 5 кг/с, температура кипіння – 78°C, нагрівальний агент – гаряча вода, початкова температура води – 100°C, кінцева температура води – 85°C, робочий тиск в міжтрубному просторі – 0,1 МПа, у трубному – 0,16 МПа.

4. Зміст пояснювальної записки: а) основна частина: розглянути існуючі конструкції випарників, обґрунтувати вибір апарата; здійснити розрахунки, що підтвердять працездатність та надійність конструкції: параметричний,

конструктивний та гідравлічний, розрахунки на міцність і надійність елементів конструкції; виконати складальне креслення випарника та його основних складальних одиниць і деталей; розробити рекомендації щодо монтажу та експлуатації випарника; здійснити оцінку рівня стандартизації та уніфікації розробки;

б) охорона праці: провести аналіз відповідності апарата до вимог охорони праці, викласти основні вимоги безпечної експлуатації апарата;

в) рекомендації щодо монтажу та експлуатації: надати рекомендації щодо монтажу та експлуатації випарника.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов’язкових креслень, плакатів, презентацій тощо): технологічна схема виробництва – А1, складальні креслення: випарник – А1, трубний пучок– А1, корпус –А1,

6. Консультанти розділів проекту:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Ковтун А.І..		
Економіка	Гулієнко С.В.		

6. Дата видачі завдання: 16 квітня 2023 р.

Студент

(підпис) Захар ВЛАДИМИРОВ

Керівник дипломного проекту

(підпис) Роман САЧОК

№ 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.	14.04.23	
2	Патентне дослідження. Формування змісту модернізації (на основі зміни технологічної схеми, конструкції апарату, його елементів).	28.04.23	
3	Оформлення та подання заявки на корисну модель	01.05.23	
4	Опис установки. Схема установки. Вибір і опис конструкції випарника. Технічна характеристика установки, апарату. Добір матеріалів.	02.05.23	
5	Параметричний розрахунок: визначення основних розмірів апарату. Розрахунок гідравлічного опору абсорбера	10.05.23	
6	Розробка складальних креслень апарату і його складальних одиниць. Добір конструктивних параметрів конструктивних елементів апарату	21.05.23	
7	Розрахунки на міцність. Розробка алгоритмів та програм розрахунку.	24.05.23	
8	Уточнення графічної частини проекту та специфікацій	25.04.23	
9	Обґрунтування економічної доцільності модернізації	03.06.23	

1	2	3	4
10	Розробка вимог до апарата з питань охорони праці	06.06.23	
11	Оформлення пояснювальної записки. Перевірка відповідності проекту діючим нормам за змістом і оформленням. Підготовка до захисту. Складення плану викладення доповіді, окремих питань	09.06.23	
12	Попередній захист проекту	14.06.23	
13	Корегування проекту за результатами попереднього захисту. Отримання рецензії, відзиву. Підготовка до захисту	15.06.23	

Студент

(підпис) **Захар ВЛАДИМИРОВ**

Керівник дипломного проекту

(підпис) **Роман САЧОК**

Реферат

УДК 66.045.122

Модернізація установки виробництва бутадієну з розробкою випарника.. Комплексний:

Пояснювальна записка складається із вступу, 8 розділів, висновків, переліку посилань із 16 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 90 с. основного тексту, 18 рисунків, 4 таблиць і 4 додатків.

Метою проекту є проектування і розробка конструкції кожухотрубного теплообмінника, призначеного для випаровування етанолу продуктивністю 5 кг/с.

Поставлена задача досягається шляхом аналітичного визначення поверхні теплообміну, виконанням параметричного, гідравлічного, конструктивного розрахунків та розрахунків на міцність основних вузлів: товщини внутрішньої обичайки та еліптичного днища. Для перевірного розрахунку товщини стінки еліптичного днища наведені алгоритмічна схема, таблиця ідентифікаторів, та програма, виконана на алгоритмічній мові Mathcad15. Виконано аналіз результатів та зроблено висновки. Наведено список використаної літератури.

Розрахунково-пояснювальна записка містить схему і опис технологічної схеми установки виробництва етилового спирту, та опис конструкції кожухотрубного теплообмінника для нагрівання розчину етанолу. Графічна частина проекту включає чотири креслення формату А1, що містять: технологічну схему установки виробництва етилового спирту, складальне креслення випарника, креслення складальних одиниць та деталей.

Здійснено патентний пошук та порівняння вибраної конструкції з аналогами. За цими даними вибрано вдосконалені економічні показники апарата.

ВИПАРОВУВАННЯ, ЕТИЛОВИЙ СПИРТ, КОЖУХОТРУБНИЙ, ВИПАРНИК, ТЕПЛООБМІН, КОЕФІЦІЄНТ ТЕПЛОПЕРЕДАЧІ.

Abstract

UDC 66.045.122

Modernization of the butadiene production facility with the development of an evaporator. Complex:

The explanatory note consists of an introduction, 8 chapters, conclusions, a list of references from 16 items. The total amount of work is 60 s. main text, 18 figures, 4 tables and 4 appendices.

The purpose of the project is to design and develop a shell-and-tube heat exchanger designed for the evaporation of ethanol with a productivity of 5 kg/s.

The task is achieved by analytical determination of the heat exchange surface, by performing parametric, hydraulic, structural calculations and calculations on the strength of the main nodes: the thickness of the inner shell and the elliptical bottom. For the verification calculation of the wall thickness of the elliptical bottom, an algorithmic scheme, a table of identifiers, and a program executed in the Mathcad15 algorithmic language are given. Analysis of the results was performed and conclusions were drawn. A list of used literature is provided.

The calculation and explanatory note contains a scheme and a description of the technological scheme of the ethanol production plant, and a description of the design of the shell-and-tube heat exchanger for heating the ethanol solution. The graphic part of the project includes four drawings in A1 format, containing: a technological diagram of the ethanol production plant

A patent search and comparison of the selected design with analogues was carried out. Based on these data, the improved economic indicators of the device were selected.

EVAPORATION, ETHYL ALCOHOL, SHELL-TUBE, HEAT EXCHANGER, HEAT EXCHANGER, HEAT TRANSFER COEFFICIENT

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»

Освітньо-професійна програма: Комп’ютерно-інтегровані технології
проектування обладнання хімічної інженерії

на тему: Модернізація установки виробництва бутадієну з розробкою
випарника

Київ – 2023

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 апарата і його місце в технологічній схемі	16
2. Технічна характеристика теплообмінника.....	18
3. Опис та обґрунтування вибраної конструкції апарата.....	19
3.1 Опис конструкції, основних складальних одиниць та деталей.....	19
3.2 Вибір матеріалів.....	20
3.3 Порівняння основних показників конструкції з аналогами.....	20
3.4 Патентний огляд конструкції апарата.....	22
4. Охорона праці.....	26
4.1 Повітря робочої зони.....	26
4.2 Електробезпека.....	28
4.3 Пожежна та вибухонебезпека.....	30
5. Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції...33	
5.1 Визначення основних геометричних розмірів апарата.....	33
5.2 Визначення характеристик штуцерів.....	37
5.4 Розрахунок товщини трубної решітки.....	39
5.5 Гідравлічний розрахунок	41
5.6 Розрахунок товщини стінки обичайки.....	42
5.7 Розрахунок фланцевих з'єднань.....	43
5.8 Розрахунок еліптичного днища.....	47
6. Рекомендації щодо монтажу і експлуатації апарату.....	51
7. Рівень стандартизації та уніфікації.....	52

					ЛН91.065134.001 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Разроб.		Владимиров			Модернізація установки виробництва бутадієну з розробкою випарника	Літ	Лист	Листів
Перев.		Сачок Р.В.					9	91
						КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ, каф. МАХНВ		
Н.Контр.								
Затв.								

8 Техніко-економічне обґрунтування модернізації.....	54
8.1 Техніко-економічне обґрунтування доцільності вдосконалення.....	54
8.2 Розрахунки витрат на проведення проектно-конструкторських робіт по вдосконаленню випарника	54
Висновки.....	57
Перелік посилань.....	60
Додаток А Документація патентного дослідження.....	62
Додаток Б Програма розрахунку еліптичного днища.....	68
Додаток В Патенти, які використовувались в патентному дослідженні.....	72
Додаток Г Публікації автора.....	88

Перелік скорочень, умовних позначень та термінів

G – продуктивність, кг/с;

V – об’ємна витрата, м³/с ;

P – тиск, МПа ;

F – площа поверхні теплообміну, м ;

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/(м · 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.

Вступ

Сучасні виробництва не можливі без сучасних палив та розчинників, які в свою чергу, потребують якісної сировини і однією з найважливіших сировин для хімічної промисловості є бутадієн-1,3, одним з основних методів виробництва якого є виробництво з етанолу. Цей метод також є найперспективнішим, оскільки етанол є біопаливом, виробництво якого зараз значно збільшується, в той же час процес виробництва потребує удосконалення. Тому робота є актуальною.

Метою роботи є проектування та модернізація кожухотрубного теплообмінника, який в даній технологічній схемі служить для випаровування етанолу. Це дає змогу уникнути забруднення довкілля. Етанол поступає в трубний простір, а вода, що використовується для нагріву, в міжтрубний.

В роботі необхідно описати конструкцію теплообмінника та його основних складальних одиниць та деталей, вибрати матеріали для його виготовлення, порівняти основні показники розробленої конструкції з аналогами, провести патентні дослідження та навести заходи по охороні праці; провести параметричний розрахунок теплообмінника та розрахунки на міцність основних деталей та вузлів конструкції; надати рекомендації, щодо монтажу та експлуатації та визначити рівень стандартизації та уніфікації теплообмінника; виконати техніко-економічне обґрунтування модернізації апарату; розробити креслення технологічної схеми, складального креслення теплообмінника, трубчатки, кришки, трубної плити, фланця. Для роботи використовувалася література та інші джерела [1-22].

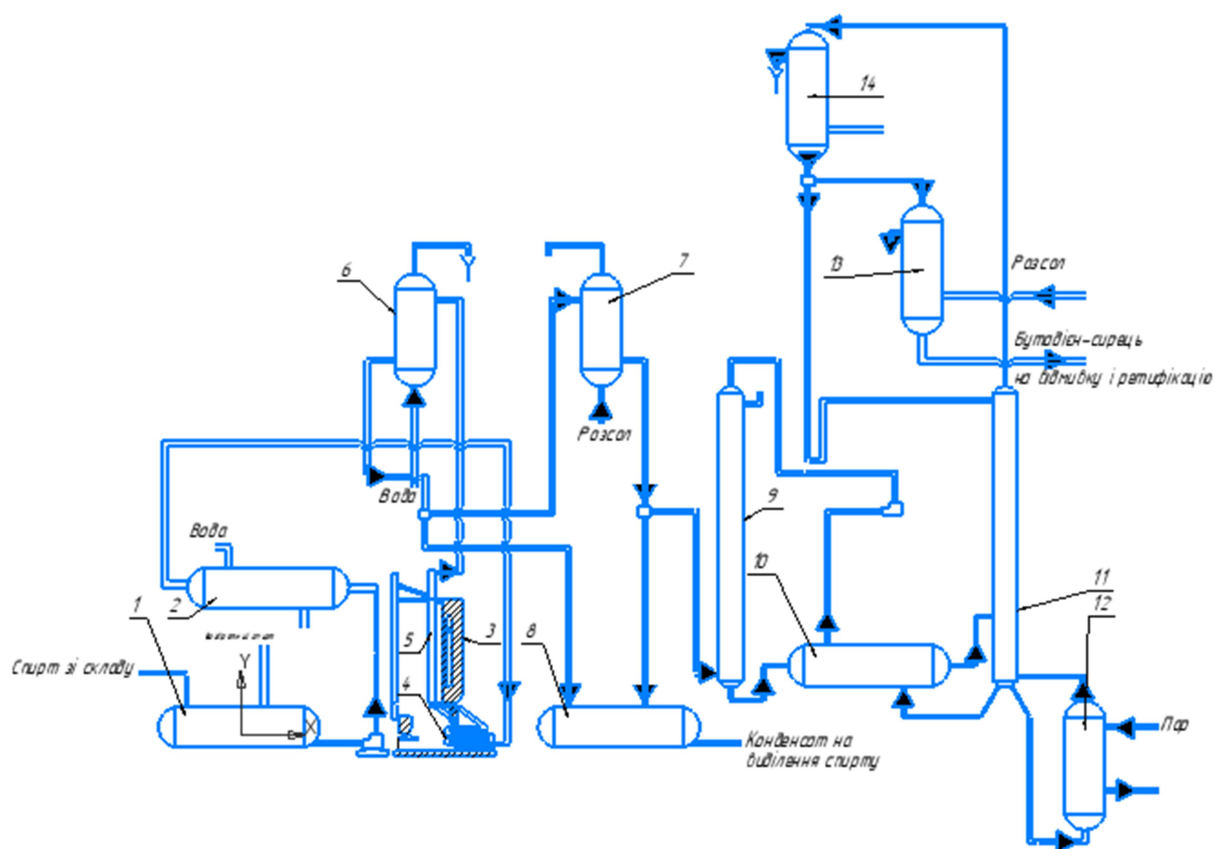
Завдання на дипломний проект одержано в квітні 2023 року під час проходження переддипломної практики в Інституті технічної теплофізики.

					ЛН91.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

1 Призначення та область застосування теплообмінного апарата

1.1 Опис технологічного процесу

Принципова схема виробництва бутадієну з етилового спирту вказана на рисунку 1.1.



1-збірник спирту 2-випарник спирту 3-контактна реторна піч
4-перегрівник 5-реторта 6,7,14-холодильники 8 -сбірник конденсату
9-абсорбер 10-теплообмінник 11-відгінна колона 12-випарник
13-дефлегматор

Рисунок 1.1-Схема виробництва бутадієну з етилового спирту

Етиловий спирт, що надходить зі складу у суміші зі спиртом, що повертається після регенерації з наступних стадій процесу, надходить у

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН91.065134.001 ПЗ

Арк.

13

трубчасті випарники, з котрих пари спирту направляються в нагрівачі, встановлені в борові ретортної печі. У ретортній печі перегріті пари спирту піддаються контактному розкладанню. Контактні гази, що виходять з печі, охолоджують спочатку у водяних, а потім у розсільних холодильниках. При охолодженні контактних газів до -7°C частина пароподібних продуктів конденсується, а неконденсована парогазова суміш, направляється в абсорбери. Конденсуються більшою частиною пари води(30-40%), етилового спирту(50-60%), діетилового ефіру(2-4%), невеликі кількості висококиплячих вуглеводнів(1-2%).

Після промивання конденсат відстоюється для відокремлення від вуглеводнів і потім надходить на ректифікацію. При ректифікації виділяються декілька фракцій.

Несконденсована в холодильниках парогазова суміш переважно складається з водню(44.6%), бутадієн-бутилен(33.3%) та етилену(8.6%), а також пропилену, етану, двоокису вуглецю та інших газів.

Для вилучення бутадієну, суміш в абсорберах промивають охолодженим до -7°C етиловим спиртом. За таких умов спирт поглинає до 99% бутадієну в газовій суміші, а також, крім бутадієну, етиловим спиртом додатково поглинаються карбонільні сполуки, ефір і вуглеводні, що киплять при більш високих температурах, ніж бутадієн. З верхньої частини абсорберів відводять газ, що містить 75-78% водню, близько 14% етилену, 2% вуглеводнів C_4 (бутадієн+бутилен), 4% двоокису вуглецю та ін. Теплотворна здатність відпрацьованого газу становить близько 3500 ккал/нм^3 . Завдяки високому вмісту водню та значній кількості олефінів у газі, його використовують як сировину для хімічної переробки.

Спиртовий розчин бутадієну направляють в десорбер (відгінну колону). Після відгонки, регенерований етиловий спирт охолоджують та направляють на повторне зрошення абсорберів. Після відгонки утворюється бутадієн-сирець, що містить близько 60% бутадієну і 40% альдегідів, ефірів, вуглеводнів та ін. Бутадієн-сирець не придатний для полімеризації, тому його

					ЛН91.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

піддають очищенню. Перш за все з сирця екстрагують розчинені домішки, головним чином оцтовий альдегід, одержуваний у вигляді водного розчину (альдегідна вода), за допомогою води у колонному екстракторі. Альтернативою екстрактору можуть бути відцентрові насоси, відцентрові змішувачі типу «Петцольд», апарати з мішалками, інжектори та ін. Так, наприклад, якщо у всмоктувальний штуцер відцентрового насоса одночасно подавати воду і бутадієн-сирець, то при обертанні лопаток робочого колеса обидві рідини перемішують. "масло у воді", яку подають у відстійник, де емульсія розшаровується. Відмитий бутадієн-сирець відбирають із верхньої частини відстійника, альдегідну воду-знизу. Використовуючи для промивання послідовно кілька насосів і відстійників і направляючи обидві рідини протитечією один одному, можна досягти хорошого відмивання бутадієну від розчинних у воді домішок. Рафінатом є відмитий бутадієн.

Відмитий бутадієн також надходить на ректифікацію. Спочатку його відокремлюють від легколетких домішок (легкі вуглеводні, окис і двоокис вуглецю), потім від вищих вуглеводнів. Склад цих вуглеводнів приблизно такий самий, як склад вуглеводневої фракції, що виділяється з конденсату. Кінцевим результатом є бутадієн-ректифікат, що містить близько 90% чистого бутадієну, решта псевдо бутілен. Відокремлення псевдо бутілену є складним процесом, а його наявність у невеликих кількостях (до 20%) не ускладнює процес полімеризації і не викликає погіршення якості високополімеру, що утворюється.[22]

1.2 Вибір типу апарата і його місце в технологічній схемі

Кожухотрубні випарники широко застосовуються у багатьох галузях промисловості, зокрема в хімічній, фармацевтичній та харчовій через переваги цього типу над іншими типами теплообмінників.

До кожухотрубних випарників пред'являються ті ж самі вимоги, що і до інших теплообмінників: високий коефіцієнт теплопровідності, невисока

					ЛН91.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

металоемкість.

Кожухотрубні випарники широко застосовуються для систем, рідина-пар та пар-газ.

Однією з основних переваг кожухотрубних випарників з плаваючою голівкою є збільшення ефективності теплообміну порівняно з іншими типами стандартних теплообмінників. Іншими перевагами є: високий коефіцієнт теплопередачі, компактність, низький гідравлічний опір, простота в утилізації тепла.

В даній схемі для випаровування етанолу застосовується кожухотрубний випарник з плаваючою голівкою. Для випаровування використовується гаряча вода, оскільки температура кипіння етанолу достатньо низька, а гаряча вода є одним з найрозповсюджених і найдешевших теплоносіїв. Після випарювання пари спирту подаються у ретортну піч для контактного розкладання і подальшої обробки.[22]

2 Технічна характеристика теплообмінника

1.Продуктивність, кг/с – 5.

2.Температура:

а) етанолу на вході – 351 К;

б) парів етанолу на виході– 351 К;

в) води на вході – 373 К;

г) води на виході – 358 К.

3.Середовища у апараті:

а) у трубному просторі – гаряча вода;

б) у міжтрубному просторі – киплячий етанол.

4. Робочий тиск:

а) у трубному просторі – 0,16 МПа;

б) у міжтрубному просторі – 0,1 МПа.

5. Габаритні розміри:

а) довжина – 9,2 м;

б) ширина – 2,8 м;

в) висота – 3,4 м;

г) маса – 21800 кг.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН91.065134.001 ПЗ

Арк.

17

3 Опис та обґрунтування вибраної конструкції апарата

3.1 Опис конструкції, основних складальних одиниць та деталей

Схема горизонтального кожухотрубного випарника з паровим простором представлена на рисунку 3.1.

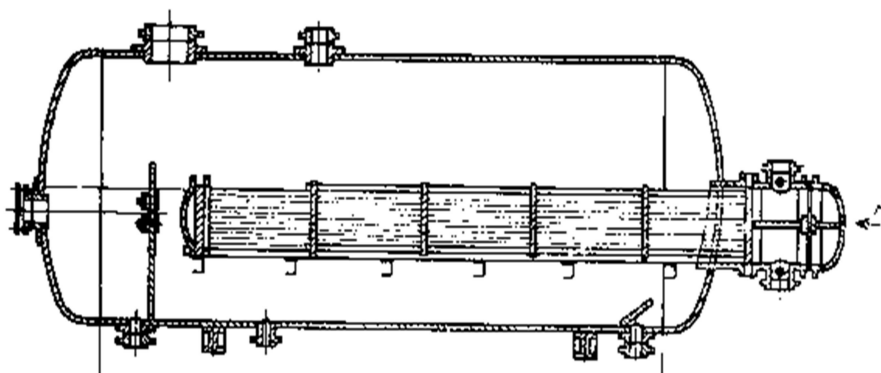


Рисунок 3.1 – Горизонтальний випарник з паровим простором

Застосування у технологічному процесі горизонтального кожухотрубного випарника зменшує ціну апарата. В модернізованому теплообміннику використовується сепаратор рідини, який запобігає ерозії обладнання від потоків етанолу, що проходить через арматуру, оскільки ерозія може серйозно погіршити роботу або навіть зруйнувати різні частини апарату, такі як труби, перегородки та навіть корпус. Також, при використанні в трубному просторі, сепаратор підвищує продуктивність рівномірно розподіляючи потоки рідини по між трубах. Для цього з внутрішньої сторони обичайки в трубному чи між трубному просторі (в залежності від того, де необхідно встановлення) до вхідного отвору приварюється конструкція, що складається з вхідного розподільника і пластини вирівнювання потоку. Сепаратор контактує з вологою тому виготовляється зі сталі 12Х18Н10Т.[14]

3.2 Вибір матеріалів

Матеріали виготовлення апарата вибираємо згідно [14].

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 розробленої конструкції з аналогами

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

В світі існує багато типів випарників більшість з яких відносять до контактних теплообмінників, тобто до таких, де обмін теплотою між теплоносіями відбувається крізь глуху стінку, що їх розділяє, на відміну від теплообмінників змішування, в яких теплота передається внаслідок безпосереднього контакту двох теплоносіїв.

Одним з основних видів контактних теплообмінників є кожухотрубні випарники до інших розповсюджених відносять.

					ЛН91.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

В даній роботі розглядається кожухотрубний випарник з паровим простором і плаваючою голівкою.

Усі ці типи випарників мають певні переваги в певних умовах щодо кожухотрубного, але для даної задачі був вибрав саме кожухотрубний оскільки він за даних умов має такі переваги:

1) має достатній коефіцієнт теплопередачі для випарювання етанолу в необхідних кількостях;

2) має відносно невелику складність в обслуговуванні, не потребує занадто великого збільшення системи і витрат при масштабуванні, достатньо простий у виробництві;

3) дозволяє розвивати велику швидкість в трубах при великих витратах рідини;

4) висока корозійна стійкість контактних елементів.

Зважаючи на ці переваги і той факт, що більшість недоліків (великі габарити, неможливість працювати з деякими типами рідин) не є критичною для даного процесу, найбільш доцільним для використання на виробництві є кожухотрубний випарник з паровим простором і плаваючою голівкою.

Для демонстрації наведено порівняльну таблицю 3.1 щодо випарників з іншими характеристиками. [1,2,22]

Таблиця 3.1 – Порівняльні дані апарата, який проектується і його аналогів

Назва	Кожухотрубний випарник з паровим простором	Кожухотрубний випарник з випаровуванням в трубах.	Пластинастий	Роторний	Атмосферний	Спіральний
Продуктивність, кг/с	5	5,7	5	4,6	3,2	4,8
Поверхня теплообміну, м ²	340	380	351	256	370	390

Продовження таблиці 3.1

Маса апарата, тон	21,8	19,2	22,1	18,7	21,4	19
Складність конструкції	Прос та	Прос та	Про ста	Скла дна	Скла дна	Скла дна
Ціна, тис. грн	3768	4170	5200	6600	6400	7000

Виходячи з цього порівняння найбільш доцільним є використання кожухотрубного випарника з паровим простором.

3.4 Патентний огляд конструкції апарата (машини)

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

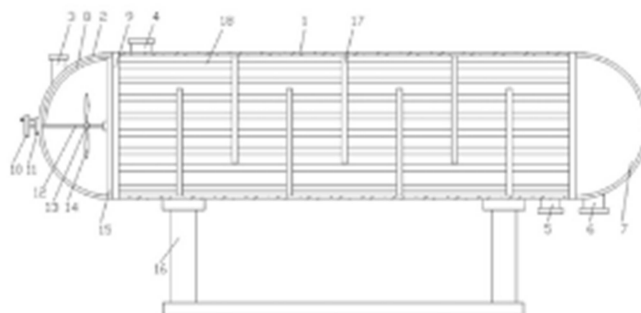
Оскільки запропонована модифікація є достатньо універсальною і модернізує частину випарника, яка є в інших кожухотрубних апаратах, можливим є включення в огляд кожухотрубних теплообмінників без парового простору.

На сьогоднішній день існує багато конструкцій кожухотрубних теплообмінників, що можуть використовуватися для даної задачі, відповідно для перевірки доцільності використання запропонованої модифікації апарата проводимо патентний пошук, результатом якого стане знаходження об'єктів порівняння. Відібрані конструкції детально порівнюємо з нашою конструкцією. Результати пошуку наведені в додатку А.

Предметом пошуку є кожухотрубний теплообмінник Для докладного аналізу було обрано патенти [3-7].

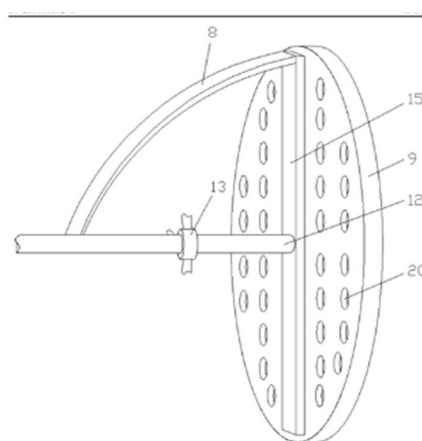
У патенті [3] представлено кожухотрубний теплообмінник

(рисунок 3.2), який призначено для здійснення теплообміну між теплоносіями, одним з яких є рідина в трубному просторі. Від звичайного теплообмінника він відрізняється конструкцією (рисунок 3.3), призначеною для очищення кришки та трубної решітки від осаду за рахунок обертання лопаток які зв'язані валом з вентиляторними лопатями, що приводяться в рух потоком рідини.



1 – обичайка 2,7 – еліптичне днища 3,4,5,6 – штуцери
8 – дугоподібна лопатка 9 – трубна решітка 10 – ручка
11, 13 – кріплення 12 – вал 14 – лопать 15 – вертикальна лопатка
скребка 16 – опора 17 – перегородка 18 – труба

Рисунок 3.2 – Кожухотрубний теплообмінник



8–дугоподібна лопатка 9 – трубна решітка 12 – вал 13 – кріплення
для лопатей 15 – вертикальна лопатка 20 – отвір

Рисунок 3.3 – Скребок

Переваги:

1) очищення від осадів, що збільшує термін експлуатації.

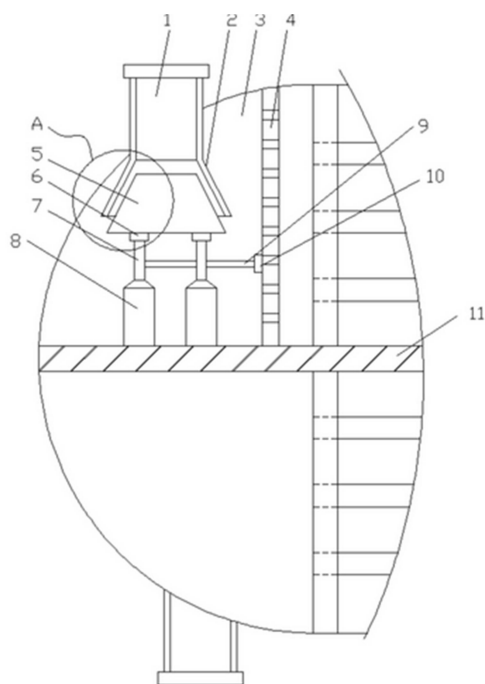
Недоліки

1) відносно складна конструкція, що потребує додаткового обслуговування;

2) осад змивається потоком рідини, що може його забруднювати, і створює складнощі при використанні в випарниках;

3) встановлюється тільки у трубному просторі.

У патенті [4] зображений механізм вирівнювання потоку (рисунок 3.4), що складається з опори, кришки та ущільнювального сидла, а також додаткової решітки, яка направляє потоки рідини в труби і слугує опорою для механізму регулювання висоти сидла.



1 – штуцер 2 – кришка 3 – еліптичне днище 4 – направляюча
решітка 5 – ущільнювальне сидло 6 – опорна стійка 7 – опора 8 – пружина

9 – регулюючий вал 10 – регулююча пластина

Рисунок 3.4 – Механізм регулювання потоку

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН91.065134.001 ПЗ

Арк.

23

Переваги

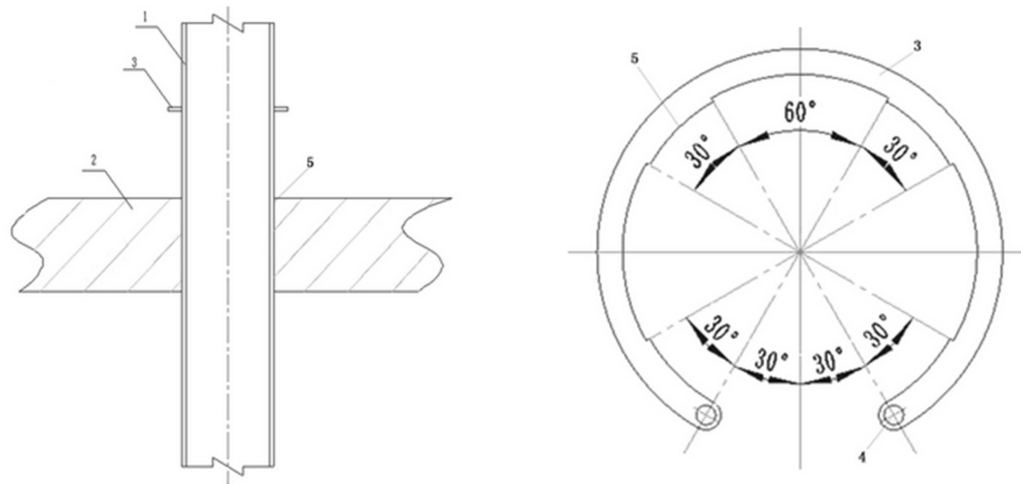
1) можливість регулювання потоку рідини, що зменшує ерозію і покращує ефективність теплообміну;

2) система не потребує заміни деталей при зміні продуктивності.

Недоліки

1) металоємка і складна у виробництві та обслуговуванні конструкція.

У патенті [5] запропоновано розбивач бульбашок (Рисунок 3.5) для теплообмінника, який перешкоджає утворенню постійної плівки на стінках труб.



1 – перегородка 2 – труба 3 – кільце 4 – отвір для кріплення

5 – утовщення

Рисунок 3.5 – Розбивач бульбашок

Пристрій складається з еластичного стопорного кільця, розташованого на зовнішній поверхні кожної труби зі сторони виходу пари кожної перегородки на відстані 30-50мм від отвору для виходу пари.

Переваги:

1) простота і низька матеріалоємність у виробництві;

2) збільшення ефективності теплообміну.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН91.065134.001 ПЗ

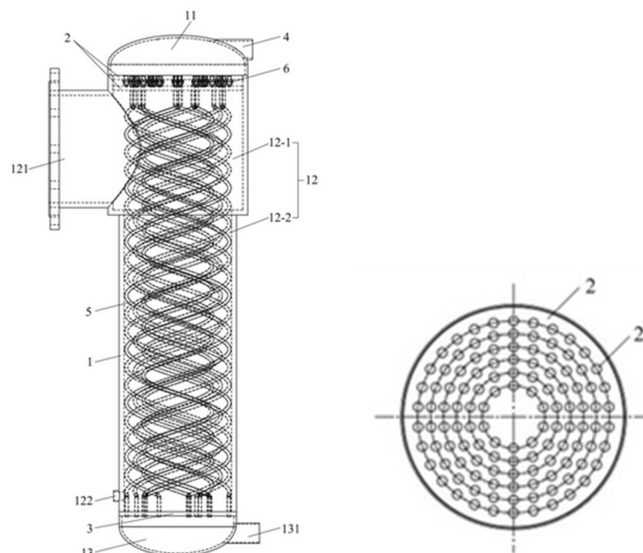
Арк.

24

Недоліки:

1) Необхідність додаткового технічного обслуговування апарату.

У патенті [6] запропоновано кожухотрубний теплообмінник зі спіральними трубами (рисунок 3.6) який складається з трубчастої оболонки з двома закритими кінцями, трубчаста оболонка послідовно розділена на порожнину для тимчасового зберігання холодного середовища, порожнину теплообміну та витяжну порожнину в осьовій частині. Напрямок через першу роздільну пластину (пластину вирівнювання тиску) і другу розділову плиту, і безліч спіральних теплообмінних труб рівномірно розподілені в порожнині теплообміну. Один кінець теплообмінної труби проходить крізь другу перегородку, а потім сполучається з випускною порожниною, інший кінець теплообмінної труби сполучається з порожниною тимчасового зберігання холодного середовища через сопло обертового потоку, впускний отвір газоподібного теплоносія і випуск рідини утворюються в стінці труби теплообмінної порожнини, а діаметр сторони, забезпеченої входом газоподібного теплоносія, теплообмінної труби є більшим, ніж сторона, забезпечена випуском рідини, теплообмінної труби.



1 – обичайка 2,3 – трубна решітка 4 – штуцер 5 – труба 6 –
кріплення 11,13 – днища еліптичні, 21 – отвір

Рисунок 3.6 – Теплообмінник

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН91.065134.001 ПЗ

Арк.

25

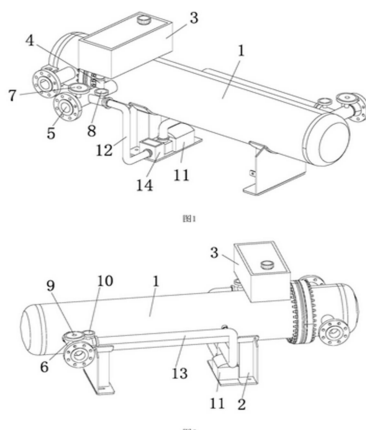
Переваги

- 1) збільшений коефіцієнт теплообміну;
- 2) збільшений термін використання апарату.

Недоліки:

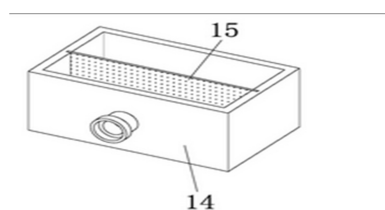
- 1) висока металоємність і складність у виробництві;
- 2) складність в обслуговуванні.

У патенті [7] запропонований кожухотрубний теплообмінник(рисунок 3.7), що складається з корпусу теплообмінника, опори теплообмінника, коробки агента, вхідного з'єднувача агента, двох триходових патрубків для входу і виходу рідини, чотирьох клапанів, циркуляційного насосу, двох шлангів та фільтра (рис 3.8). Впускний та випускний патрубки традиційного теплообмінника замінено триходовими патрубками впуску і випуску рідини.



1 – обичайка 2 – опора 3 – коробка фільтру 4,12,13 – труби
5 – штуцер 6,7,8,9,10 – клапани 11 – насос 14 – фільтр

Рисунок 3.7 – Кожухотрубний теплообмінник



14 – корпус фільтру 15 – сітка фільтру

Рисунок 3.8 – Фільтр

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН91.065134.001 ПЗ

Циркуляційна очищувальна конструкція розташована між патрубком для впуску рідини та патрубком для випуску рідини, а при очищенні внутрішньої частини корпусу теплообмінника можна ефективно запобігти від'єднанню триходового сопла для впуску рідини та триходового сопла для випуску рідини; коли працює циркуляційний насос циркуляційної очисної конструкції, рідина в корпусі теплообмінника може текти по колу, очищення внутрішньої частини корпусу теплообмінника полегшується, а пристрій має просту конструкцію та зручний в експлуатації.

Переваги:

- 1) полегшення очищення теплообмінника;
- 2) збільшення терміну використання.

Недоліки

- 1) висока металоємність конструкції;
- 2) збільшення габаритів апарату.

Висновки: проаналізовано і порівняно вибрану конструкції з кращими вітчизняними і світовими аналогами в результаті чого встановлено, що апарат не містить принципових рішень запропонованих в розглянутих патентах та є найбільш ефективним рішенням для кожухотрубного випарника з паровим простором типу П, оскільки запропонована модернізація має низьку ціну, легко встановлюється та обслуговується і є достатньо універсальною.

4 Охорона праці

Важливим для потреб суспільства і довгострокової продуктивності виробництва є забезпечення безпеки і комфорту працівників, що є основною задачею охорони праці.

Під час монтажу і введення нового обладнання в експлуатацію на виробництві потрібно розробити ряд правил безпеки та норм експлуатації для обслуговуючого персоналу, в ході цього посилається можна на Закон України «Про охорону праці», від 14.10.1992р.

Тема диплому: Модернізація установки виробництва бутадієну з розробкою випарника.

Дане виробництво відноситься до класу робіт з підвищеною небезпекою, оскільки в технологічній схемі беруть участь носії високих температур.

При роботі оператора на робочому місці вибираємо параметри площею $S=300\text{м}^2$ та об'ємом $V=1500\text{м}^3$, управління технологічним процесом повинен здійснювати оператор лінії.

Із небезпечних та шкідливих факторів на виробництві з виробництва бутадієну можна зазначити наступні:

- Повітря робочої зони;
- Електробезпека;
- Пожежна та вибухонебезпека.

4.1 Повітря робочої зони

Виходячи з санітарних норм температура повітря робочої зони в теплий період має становити 17-19 °С, а в холодний 21-24 °С; відносна вологість $\leq 50\%$; для уникнення протягу персоналу, швидкість потоку повітря має бути $\leq 0,2$ м/с. Категорія робіт середньої важкості Пб з рівнем енерговитрат 233-290 Вт (201-250 ккал/год) згідно з ДСН 3.3.6.042-99

					ЛН91.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

«Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» [9].

В холодну пору року приміщення підігрівають батареями з водяним теплоносієм в теплу пору року охолоджують вентиляцією.

Порівняння норм з фактичними значеннями характеристик повітря наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Порівняння фактичних значень повітря робочої зони з санітарними нормами.

	Межі фактичних значень	Межі санітарних норм
Температура повітря робочої зони в теплий період	Температура в теплий період підтримується на рівні 18°C за допомогою системи вентиляції.	17-19 °C
Температура робочої зони в холодний період	Температура в холодний період підтримується ~22-23°C за допомогою батарей.	21-24 °C
Відносна вологість	~43-47%	≤ 50%
Швидкість потоку повітря	0,1 м/с	≤ 0,2 м/с

При аварії можливий витік етанолу та його парів. Також пари етанолу можуть витікати в результаті зносу ізолюючих частин випарника, при використанні люків та інших приладів для зниження тиску в паровому просторі а також при тепловому розширенні газів та рідини. Пари етанолу, що є результатом роботи випарника, мають максимальну допустиму концентрацію в повітрі робочої зони в 1000 г/см³ і є небезпечними при перевищенні цього порогу. Також пари етанолу є легкозаймистою речовиною. Відповідно встановлено витяжні вентиляції в небезпечних місцях, які вловлюють шкідливі випари біля місць їх виділення і запобігають цим перемішування парів з повітрям в робочій зоні. Вентилятор встановлений у вибухобезпечному виконанні. Продуктивність відводу визначається з залежності граничної концентрації речовини в повітрі.

					ЛН91.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Згідно з ВСН21-77 [10] швидкість збирання повітря 1,5 м/с, виходячи з умови наявності сумішей з густиною меншою, ніж у повітря.

Продуктивність аварійної системи вентиляції більша, ніж 8-ми кратний повітрообмін аварійної і основної систем вентиляції.

4.2 Електробезпека

У зв'язку з тим, що установка має випарний апарат, а підлога виготовлена з залізобетону приміщення відносимо до особливо небезпечних, згідно з правилами устрою електроустановок. Живлення обладнання відбувається з трьохфазної мережі $U=220/380$ В та частотою $f=50$ Гц.

Основні причини нещасних випадків, пов'язаних з ураженням електричним струмом:

- контакт або наближення на небезпечну відстань частини тіла з струмоведучими частинами, що перебувають під напругою;
- контакт з металевими елементами конструкції електроустановки які потрапили до електричного кола у зв'язку з пошкодженням ізоляції струмоведучих частин;

- контакт з землею, якщо на неї замкнуло дрот в результаті розриву

Електробезпека підтримується за рахунок наступних правил і конструкцій:

- елементи, які знаходяться під напругою необхідно ізолювати від доступу, кабелі вкладені в труби, які проходять під підлогою;
- використовуючи трансформатори, поділити електричну мережу на кожній з апаратів ліній, рубильники та перемикачі розташовують у шафу контролю;
- для уникнення ураження статичною електрикою по периметру приміщення створюємо сітку з металевих пластин 25×4 мм, до яких приєднують мідним дротом $S = 10 \text{ мм}^2$ металеві частини апаратів які перебувають у приміщенні;

					ЛН91.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

- ізолювати обладнання ізоляцією, що не дає проходження струму, опір не менше $R \geq 0,5 \text{ МОм}$;
- в установках з напругою до $U = 1100\text{В}$ провести занулення. Забезпечуємо надійні металеві зв'язки корпусів електродвигунів, електричних щитів і постів керування та електропроводки із контуром заземлюємо;
- під час неполадок використовувати автоматичне відключення обладнання;
- обов'язкове використання індивідуального захисту працівниками (гумове взуття і рукавиці).

Для отримання низької напруги можна використовувати акумулятори, батарейки тощо.

Наступні пункти є обов'язковими для виконання для підтримання безпеки:

- персоналу, який не має права допуску до визначених робіт заборонено; доторкатися до електропроводів, проводити ремонт електроустаткування, замінити електролампи, запобіжники й інші деталі електроустаткування;
- вхід до розподільних щитових, відкривання електрозбірок та до місць з табличками «Вхід заборонений», «Небезпечно для життя» і подібних дозволяється лише працівникам, що ознайомлені з правилами безпеки та мають допуск до цих місць;
- ремонт мають виконувати висококваліфіковані робітники тільки при відключеній мережі і вивішених попереджувальних і заборонних табличках і знаках, установленій суцільній огорожі. Світильники та інше необхідне обладнання встановлюють з напругою не більше 42В і у вибухобезпечному виконанні;
- необхідне ознайомлення персоналу з правилами техніки безпеки.

На незаземлених вузлах проводити роботи заборонено. Проведення

					ЛН91.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

систематичних перевірок заземлення устаткування проводиться відповідальним за електрогосподарство лінії електриком.

4.3 Пожежна та вибухонебезпека

На проектованому виробництві, основною речовиною є етанол та його пари. Температура самозаймання етанолу більше 350°C, відповідно для займання потрібне існуюче джерело вогню, коротке замикання чи інше джерело іскр чи вогню.

Оскільки етанол та його пари знаходяться в замкнутому просторі і пари етанолу у суміші з повітрям можуть утворювати легкозаймисті та вибухонебезпечні суміші при температурах не вище 55 °C, виробництво є вибухонебезпечним (Категорія А за НАПБ Б.03.002-2007). [11]

Виходячи з ДБН В.1.1-7:2016 "Пожежна безпека об'єктів будівництва" [12] приймаємо II ступінь вогнестійкості приміщень, яка підходить для категорії А пожежної небезпеки. Допустима кількість поверхів будівель – 6, допустимий об'єм поверху між протипожежними стінами будівель для одноповерхових – не обмежується, двох поверхових – 2500 м³, трьох поверхових і більше – 3500 м³.

Основні можливі причини займання етанолу:

- коротке замикання чи інші неполадки з електротехнікою;
- поломка обладнання по якому рухається етанол;
- безпосередньо відкрите джерело вогню.

Зменшити можливість виникнення пожежі на виробництві можна за рахунок виконання наступних правил:

- виключення наявності відкритих джерел вогню;
- використання обладнання згідно технічних норм;
- встановлення засобів пожежогасіння, в першу чергу автоматичних;
- встановлення протипожежної сигналізації;
- проведення інструктажу для персоналу;

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН91.065134.001 ПЗ

Арк.

32

- встановлення додаткової витяжної вентиляції у місцях можливих витоків парів етанолу.

При займанні електричного обладнання і неможливості його знеструмлення використовувати порошкові вогнегасники ОП–9, 16 штук. Невеликі пожежі можна гасити вуглекислими вогнегасниками ОУ–5, 22 штуки. Також встановлені автоматичні установки пінного пожежогасіння.

В цеху встановлено п'ять евакуаційних виходів, оскільки згідно зі СНиП 2.09.02-85 «Производственные здания промышленных предприятий» [13], відстань від кожної точки підлоги до евакуаційного виходу не повинна перевищувати 25 м.

План евакуації зображено на рисунку 4.1.

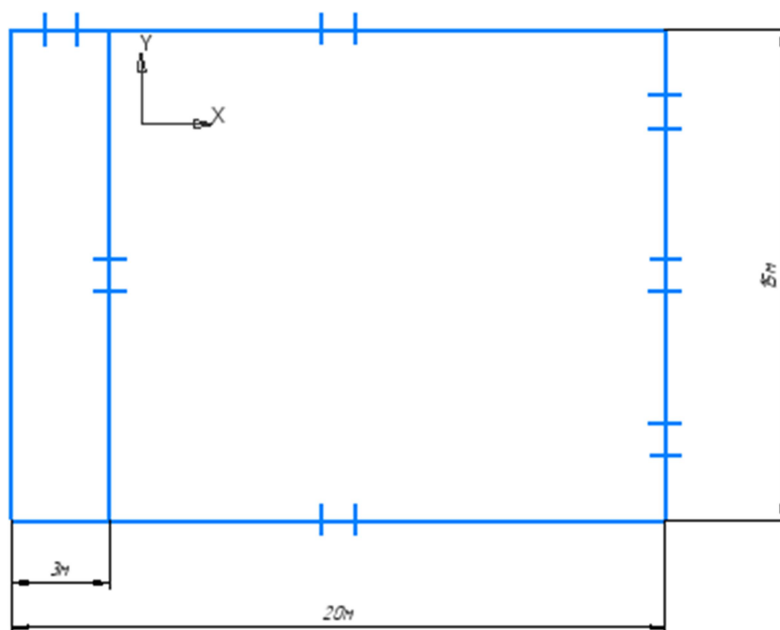


Рисунок 4.1 – План евакуації

В приміщенні необхідно встановити пожежні гідранти на відстані 30 м один від одного, довжина рукава 15 м.

5 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції

5.1 Визначення основних геометричних розмірів апарата

Мета розрахунку: визначити основні геометричні розміри випарника. Теплообмінник до параметричного розрахунку наведений на рисунку 5.1.

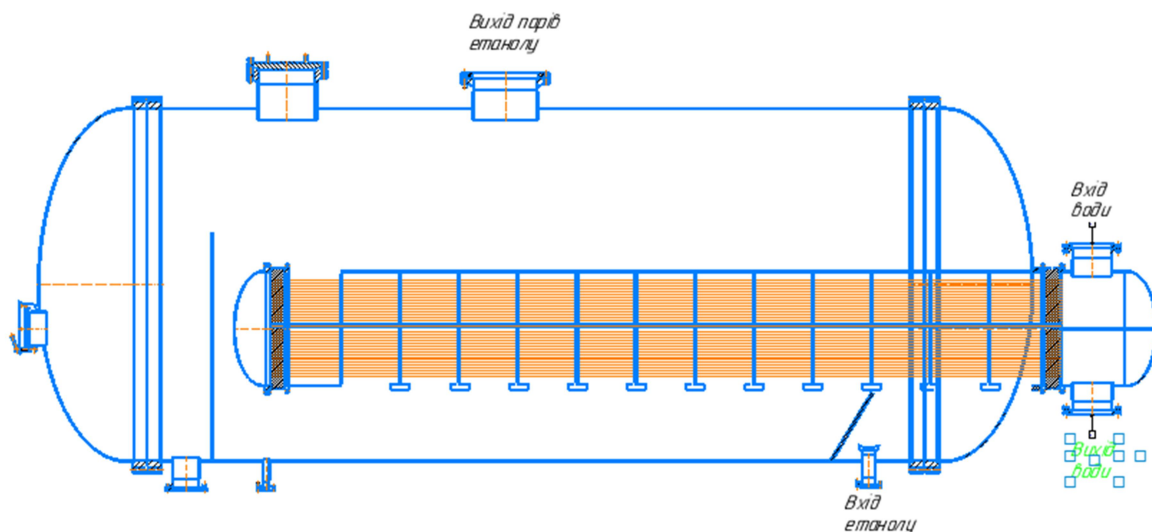


Рисунок 5.1 – Кожухотрубний випарник

Вихідні дані:

Продуктивність по етанолу G_2 , кг/с	5
Початкова температура етанолу $t_{2п}$, К	351,15
Кінцева температура етанолу $t_{2к}$, К	351,15
Початкова температура води $t_{1п}$, К	373,15
Кінцева температура води $t_{1к}$, К	358,15
Розрахунок здійснюємо за методикою, викладеною в [1].	

Середня різниця температур теплоносіїв:

$$\Delta t_{\text{сер}} = \frac{(t_{1\text{п}} - t_{2\text{п}}) - (t_{1\text{к}} - t_{2\text{к}})}{\ln\left(\frac{t_{1\text{п}} - t_{2\text{п}}}{t_{1\text{к}} - t_{2\text{к}}}\right)} = \frac{(373,15 - 351,15) - (358,15 - 351,15)}{\ln\left(\frac{373,15 - 351,15}{358,15 - 351,15}\right)} = 13,019 \text{ К}$$

Середня температура води:

$$t_1 = \frac{t_{1\text{п}} + t_{1\text{к}}}{2} = \frac{373,15 + 358,15}{2} = 365,65 \text{ К}$$

Об'ємні витрати етанолу:

$$V_2 = \frac{G_2}{\rho_2} = \frac{5}{735} = 6,803 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

де $\rho_2 = 735 \text{ кг/м}^3$ - густина етанолу при 351,684 К (78°C) [15].

Тепловий потік, необхідний для нагрівання етанолу:

$$Q = G_2 * r_2 = 5 * 841,26 = 4026,3 \text{ кВт}$$

де $r_2 = 841,26 \text{ кДж/(кг * К)}$ - питома теплота пароутворення етанолу при 351,15 К (78°C) [15].

Витрати гарячої води

$$G_1 = \frac{Q}{c_1 * (t_{1\text{п}} - t_{1\text{к}})} = \frac{4026,3}{4,217 * (373,15 - 358,15)} = 66,497 \frac{\text{кг}}{\text{с}}$$

де $c_1 = 4,217 \text{ кДж/(кг * К)}$ - питома теплоємність води при 365,65 К (92,5°C) [15].

Визначається орієнтовне значення поверхні теплообміну:

$$F_{\text{ор}} = \frac{Q}{K_{\text{ор}} * \Delta t_{\text{сер}}} = \frac{4026,3 * 10^3}{950 * 13,019} = 338,19 \text{ м}^2$$

де $K_{\text{ор}} = 950 \text{ Вт/(м * К)}$ - орієнтовне значення коефіцієнта теплопередачі для даного випадку.

Для попереднього розрахунку обираємо випарник з даними характеристиками

поверхня теплообміну: $F = 340 \text{ м}^2$

внутрішній діаметр кожуха: $D = 2,8 \text{ м}$

					ЛН91.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

довжина труб: $L = 6$ м

Сортамент труб: $\varnothing 25 \times 2$ мм

кількість трубних пучків: 2

кількість труб в пучку: 362

площа прохідного перетину одного ходу по трубах: $s_{\text{тр}} = 61 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$

Тоді швидкість води в трубах:

$$\omega_1 = \frac{G_1}{z \cdot \rho_1 \cdot s_{\text{тр}}} = \frac{66.5}{2 \cdot 963,2 \cdot 61 \cdot 10^{-2}} = 0,057 \text{ м/с}$$

де $\rho_1 = 963,2 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ – густина води при $92,5^\circ\text{C}$ [15];

$z = 2$ – число проходів в одному пучку.

Критерій Рейнольдса:

$$Re_1 = \frac{\omega_1 \cdot d_{\text{вн}} \cdot \rho_1}{\mu_1} = \frac{0,283 \cdot 0,021 \cdot 963,2}{3,14 \cdot 10^{-4}} = 3642$$

де $\mu_1 = 3,14 \cdot 10^{-4} \text{ Па} \cdot \text{с}$ – динамічна в'язкість води при $365,65 \text{ К}$ ($92,5^\circ\text{C}$) [15].

Отриманий режим руху є ламінарним, що для умов кипіння в міжтрубному просторі органічної рідини (етанолу) є допустимим.

Число Грасгофа:

$$\begin{aligned} Gr_1 &= \frac{l^3 \cdot g \cdot \rho_1^2 \cdot \Delta\theta \cdot \beta}{\mu_1^2} = \frac{6^3 \cdot 9,81 \cdot 963,2^2 \cdot 2,5 \cdot 2,736 \cdot 10^{-3}}{3,14 \cdot 10^{-4}{}^2} \\ &= 1.361 \cdot 10^{14} \end{aligned}$$

де $\beta = 2,736 \cdot 10^{-3} \text{ 1/К}$ коефіцієнт об'ємного розширення теплоносія.

Число Нуссельта для ламінарного руху:

$$\begin{aligned} Nu_1 &= 0,74 \cdot (Re_1 \cdot Pr_1)^{0,2} \cdot (Gr_1 \cdot Pr_1)^{0,1} \\ &= 0,74 \cdot (3641,84 \cdot 1,9)^{0,2} \cdot (1.361 \cdot 10^{14} \cdot 1,9)^{0,1} = 119,816 \end{aligned}$$

де $Pr_1 = 1,9$ для води при температурі $92,5^\circ\text{C}$ [15].

Коефіцієнт тепловіддачі для води:

$$\alpha_1 = \frac{Nu_1 \cdot \lambda_1}{d_2} = \frac{119,816 \cdot 0,68}{0,021} = 3879,6 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

де $\lambda_1 = 0,68 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ – коефіцієнт теплопровідності води при $92,5^\circ\text{C}$.

Коефіцієнт тепловіддачі зі сторони етанолу:

Коефіцієнт тепловіддачі від стінки до киплячої рідини:

$$\alpha_2 = 2,72 * \varphi * p_{\text{абс}}^{0,4} * q^{0,7}$$

де $\varphi = 0.45$ – коефіцієнт що враховує фізичні властивості речовин для етанолу;

$p_{\text{абс}} = 1,02 \text{ кгс/см}^3$ – абсолютний тиск.

При сталому процесі теплообміну

$$q_{\text{ст}} = q_{\text{кип}}$$

де

$$q_{\text{кип}} = \alpha_2 * (t_{\text{ст2}} - t_2)$$

$$q_{\text{ст}} = \frac{t_{\text{ст2}} - t_{\text{ст1}}}{\sum r_{\text{ст}}}$$

де

$$\sum r_{\text{ст}} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{\delta}{\lambda} = \frac{1}{2800} + \frac{1}{5800} + \frac{0,002}{17,5} = 6,44 * 10^{-4}$$

де $\frac{1}{r_1} = \frac{1}{2800}$ і $\frac{1}{r_2} = \frac{1}{5800}$ –термічні опори стінок і забруднень.

$\lambda = 17,5 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$ –коефіцієнт теплопровідності металу 12Х18Н10Т

Подальші розрахунки виконуємо методом послідовних наближень.

Коефіцієнт теплопередачі розраховуємо за формулою:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}}$$

Розрахунок зводимо в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1 – Результати розрахунку

Величини	Результат розрахунку		
	1	2	3
$q(\text{приймається}), \text{Вт/м}^2$	8400	13500	18750
$\alpha_2 = 1,234 * q^{0,7}, \text{Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$	3453,16	4813,44	6057,9

Продовження таблиці 5.1

$K, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$	939,5	1001,4	1109,34
$\Delta T_{\text{ср}} = \frac{K}{q}, \text{К}$	10.006	14.976	20

Оскільки існуюче $\Delta T_{\text{ср}} = 13,019$ то будемо графік залежності $\Delta T_{\text{ср}}$ від q (Рисунок 5.2).

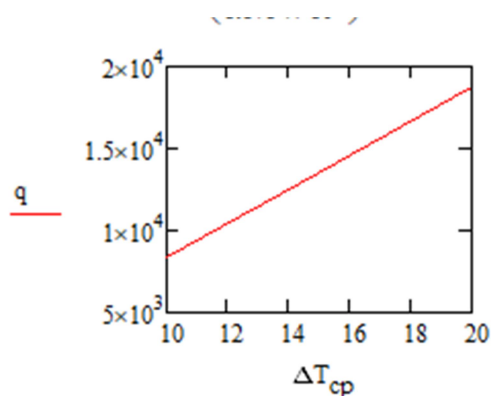


Рисунок 5.2 – Графік залежності $\Delta T_{\text{ср}} - q$

Відповідно до графіку знаходимо $q = 12539,6 \text{ Вт}/\text{м}^2$.

Тоді коефіцієнт теплопередачі:

$$K = \frac{q}{\Delta T_{\text{ср}}} = \frac{12539,6}{13,019} = 957,303 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Необхідна розрахункова поверхня:

$$F_{\text{н}} = \frac{Q}{K * \Delta t_{\text{ср}}} = \frac{4026,3 * 10^3}{957,303 * 13,019} = 335,44 \text{ м}^2$$

Запас поверхні:

$$\Delta = \frac{F - F_{\text{н}}}{F} * 100\% = \frac{340 - 335,44}{340} * 100\% = 1,341 \%$$

Запас поверхні знаходиться в допустимих межах.

Висновок: вибираємо випарник з характеристиками:

поверхня теплообміну: $F = 340 \text{ м}^2$

внутрішній діаметр кожуха: $D = 2,8 \text{ м}$

Діаметр пучка труб: $D_1 = 0,9$ м

довжина труб: $L = 6$ м

Сортамент труб: $\varnothing 25 \times 2$ мм

кількість трубних пучків: 2

кількість труб в пучку: 362

площа прохідного перетину одного ходу по трубах: $s_{\text{тр}} = 61 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2$

Для подібного випарника за ГОСТ 14248-79 обирається стандартна опора 900-1416-1 ОСТ 26-2091-93 у кількості 2 шт.

5.2 Визначення характеристик штуцерів

Мета розрахунку: визначення діаметрів штуцерів для вводу і виводу етанолу та води.

Розрахунок ведеться за методикою, наведеною в [17].

Схема штуцера зображена на рисунку 5.3.

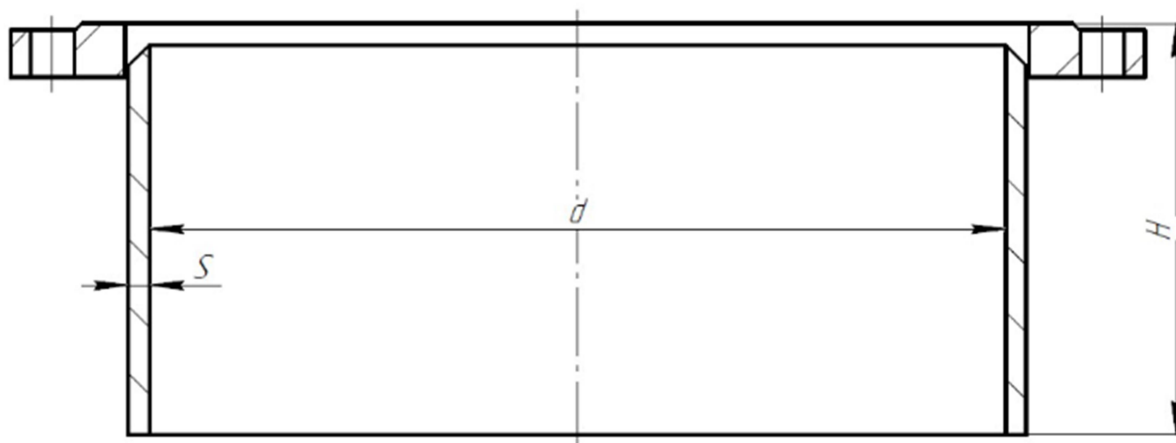


Рисунок 5.3 – Схема штуцера

Діаметр штуцера для входу води:

$$d_{\text{ш1п}} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_1}{\pi \cdot \rho_1 \cdot \omega_{1\text{п}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 66,497}{3,14 \cdot 965 \cdot 1}} = 0,297 \text{ м}$$

де $\rho_1 = 965 \text{ кг/м}^3$ – густина води при 100°C ;

$\omega_{1п} = 1 \text{ м/с}$ – рекомендована швидкість для рідини [1].

Діаметр штуцера для виходу води:

$$d_{ш1к} = \sqrt{\frac{4 * G_1}{\pi * \rho_1 * \omega_{1к}}} = \sqrt{\frac{4 * 66,497}{3,14 * 957 * 1}} = 0,298 \text{ м},$$

де $\rho_1 = 957 \text{ кг/м}^3$ – густина води при 85°C ;

$\omega_{1к} = 1 \text{ м/с}$ – рекомендована швидкість для рідини.

Для води беремо штуцери 0,3м.

Діаметр штуцера для входу етанолу:

$$d_{ш2п} = \sqrt{\frac{4 * G_2}{\pi * \rho_1 * \omega_{2п}}} = \sqrt{\frac{4 * 5}{3,14 * 735 * 1}} = 0,093 \text{ м}$$

Діаметр штуцера для входу етанолу:

$$d_{ш2r} = \sqrt{\frac{4 * G_2}{\pi * \rho_1 * \omega_{2к}}} = \sqrt{\frac{4 * 5}{3,14 * 1,035 * 30}} = 0,453 \text{ м}$$

де $\omega_{2к} = 30 \text{ м/с}$ – рекомендована швидкість для газу.

Для етанолу обираємо штуцери діаметром 0,1м для входу і 0,5 для виходу етанолу.

Висновок: згідно з розрахунками приймаємо стандартизовані штуцери за АТК 24.218.06-90.

Відповідно штуцери для входу і виходу води мають такі характеристики:

Умовний діаметр D_y , м	0,3
зовнішній діаметр патрубку d_T , м	328
товщина стінки патрубку S_T , м	0,01
висота штуцер H_T , м	0,19

Штуцер для входу етанолу має такі характеристики

Умовний діаметр D_y , м	0,1
зовнішній діаметр патрубку d_T , м	0,11
товщина стінки патрубку S_T , м	0,006

висота штуцер H_T , м	0,155
Штуцер для виходу пари етанолу має такі характеристики	
Умовний діаметр D_y , м	0,5
зовнішній діаметр патрубку d_T , м	0,534
товщина стінки патрубку S_T , м	0,012
висота штуцер H_T , м	0,213

5.3 Розрахунок товщини трубної решітки

Мета розрахунку: за даними геометричними розмірами трубного пучка і трубок жорстко з'єднаних з трубною решіткою перевірити їх на міцність та стійкість, а також розрахувати товщину трубної плити. Схема трубної решітки вказана на рисунку 5.4.

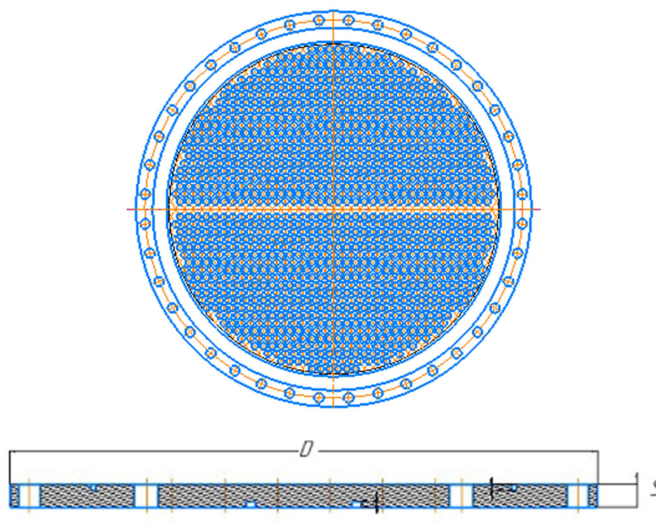


Рисунок 5.4 – Схема трубної решітки

Вихідні дані:

Діаметр труби d_3 , м:	0,025
Кількість труб n , шт.:	342
Крок трубок t , м:	0,032
Діаметр апарата D , м:	0,9
довжина труб L , м:	6

допустиме напруження матеріалу $[\sigma]$, МПа:

152

Розрахунок здійснюємо за методикою, викладеною в [14].

Номінальна розрахункова висота фланцевої частини трубної решітки:

$$H_1 = 0,28 * D * \sqrt{\frac{p}{\sigma}} = 0,28 * 0,9 * \sqrt{\frac{0,16}{152}} = 0,01 \text{ м}$$

де $p = 0,1$ МПа – тиск в трубах.

Коефіцієнт ослаблення решітки отворами:

$$\varphi = \frac{D - \sum d}{D} = \frac{0,9 - 30 * 0,025}{0,9} = 0,25$$

Номінальна розрахункова висота трубної плити трубної решітки:

$$H_2 = 0,47 * D * \sqrt{\frac{p}{\sigma * \varphi}} = 0,47 * 0,9 * \sqrt{\frac{0,16}{152 * 0,25}} = 0,027 \text{ м}$$

Висновок: приймаємо трубну решітку з такими конструктивними розмірами:

висота фланцевої частини H_1 , м 0,015

висота трубної плити H_2 , м. 0,03

5.4 Гідравлічний розрахунок

Мета розрахунку: визначення повного гідравлічного опору; потужності, необхідної для перекачування розчину і відповідно вибір насоса при відомому коефіцієнту корисної дії.

Розрахунок здійснюємо за методикою [18], Опір міжтрубного опору не розраховуємо, оскільки, внаслідок низьких швидкостей, опір є незначним порівняно з трубним.

Схема до розрахунку показана на рисунку 5.5.

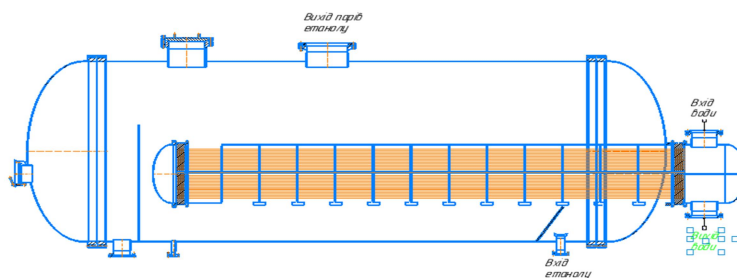


Рисунок 5.5 – Схема гідрравлічного розрахунку

Вихідні дані:

критерій Рейнольдса для води Re_1 , 18209,9

критерій Прандтля для етанолу Pr , 1,9

об'ємні секундні витрати V , м³/с 0,00683

зовнішній діаметр трубки $d_{\text{зн}}$, м 0,02

довжина труб L , м: 6

Відносна шорсткість труб:

$$\varepsilon = \frac{e}{d_{\text{вн}}} = \frac{0,2}{21} = 0,0095$$

При значенні $Re \ 2300 >$ коефіцієнт тертя:

$$\lambda_1 = 0,25 * \left(\lg \left(\frac{\varepsilon}{3,7} \right) + \left(\frac{6,81}{Re_1} \right)^{0,9} \right)^{-2} = 0,25 * \left(\lg \left(\frac{0,0095}{3,7} \right) + \left(\frac{6,81}{18209} \right)^{0,9} \right)^{-2} = 0,16$$

Гідрравлічний опір трубного простору:

$$\Delta P_{\text{тр}} = \left(\lambda_1 * \frac{L * z}{d_{\text{вн}}} + 2 * z * \varepsilon_3 + (z - 1) * \varepsilon_1 \right) * \frac{\rho_{\text{тр}} * \omega_{\text{тр}}^2}{2} + \varepsilon_2 * \frac{\rho_{\text{штвх}} * \omega_{\text{штвх}}^2}{2} + \varepsilon_2 * \frac{\rho_{\text{штвих}} * \omega_{\text{штвих}}^2}{2} = \left(0,16 * \frac{9 * 6}{d_{\text{вн}}} + 2 * 2 * 1 + (2 - 1) * 2,5 \right) * \frac{959,75 * 0,184^2}{2} + 1,5 * \frac{959,75 * 1^2}{2} + 1,5 * \frac{959,75 * 1^2}{2} = 17230,41 \text{ Па,}$$

де $z = 2$ – кількість ходів по трубам;

$\varepsilon_1 = 2,5$ – місцеві витрати при повороті між ходами;

$\varepsilon_2 = 1,5$ – місцеві витрати при вході та виході води;

$\varepsilon_1 = 1$ – місцеві витрати при вході та виходу води з труб.

Витрати потужності:

$$N = \frac{\Delta P_{\text{тр}} * G_1}{\rho_1} = \frac{6639,77 * 66,5}{960} = 1193,1 \text{ Вт}$$

Висновок: визначено гідравлічний опір трубного простору кожухотрубного випарника для одного пучка труб тр $\Delta P_{\text{тр}} = 17230,41 \text{ Па}$.
Витрати потужності $N = 1193,1 \text{ Вт}$.

5.5 Розрахунок товщини стінки обичайки

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

Схема стінки обичайки представлена на рисунку 5.6.

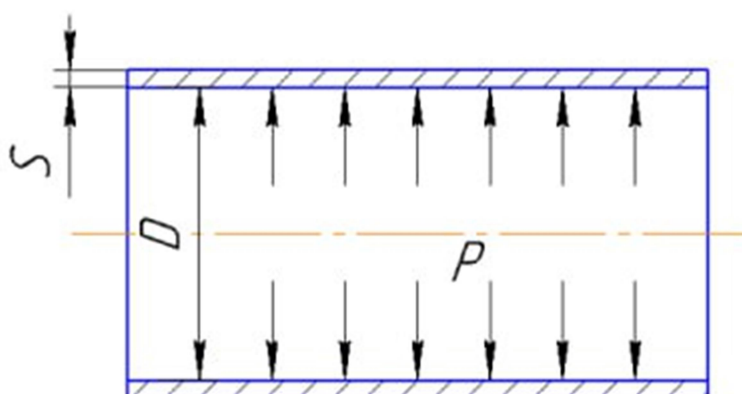


Рисунок .5.6 – Схема стінки обичайки

Вихідні дані для розрахунку:

розрахункова температура t_p , К:	351
розрахунковий тиск p , МПа:	0,1
допустиме напруження матеріалу $[\sigma]$, МПа:	152
Діаметр обичайки D , м:	2,8
додаток на компенсацію корозії C_1 , м:	0,001

Розрахунок здійснюю за методикою, викладеною в [14].

Розрахункова товщина стінки внутрішньої обичайки:

$$S_R = \frac{p * D}{2 * \sigma * \varphi - p} = \frac{0,1 * 2,8}{2 * 152 * 0,9 - 0,1} = 0,001 \text{ м}$$

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

Виконавча товщина стінки внутрішньої обичайки:

$$S = S_R + C_1 = 0,001 + 0,001 = 0,002 \text{ м}$$

З конструктивних міркувань вибираємо стандартний лист 5мм.

Допустимий тиск:

$$[P] = \frac{2 * (S - C) * \sigma * \varphi}{D + (S - C)} = \frac{2 * (0,005 - 0,001) * 152 * 0,9}{2,8 + (0,005 - 0,001)} = 0,4 \text{ МПа}$$

Висновок: Значення робочого тиску $P = 0,1$ МПа не перевищує значення допустимого тиску $[P] = 0,4$ МПа. Отже умова міцності виконується, визначена товщина стінки корпусу $S = 0,005$ м забезпечує міцність апарата в умовах робочих навантажень.

5.6 Розрахунок фланцевих з'єднань

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

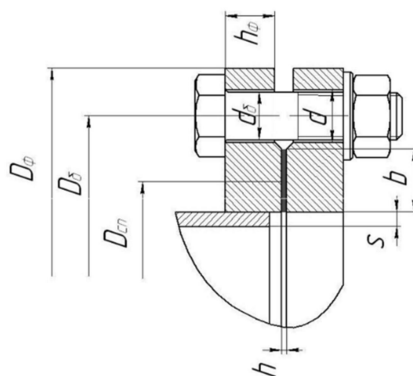


Рисунок 5.7 – Схема фланцевого з'єднання

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН91.065134.001 ПЗ

Арк.

45

Вихідні дані:

температура середовища в апарату t , °C	100
розрахунковий тиск p , МПа.	0,16
внутрішній діаметр фланця D_v , м :	0,9
кількість болтів z_6 , шт	72
Середній діаметр прокладки $D_{сп}$, м:	0,99
зовнішній діаметр фланця D_3 , м	1,03
різьба болтів:	M22
товщина стінки апарату S , м	0,005
ширина прокладки b	0,012
товщина прокладки $S_{пр}$, м	0,003
матеріал болтів	Сталь 35
матеріал фланців:	12X18H10T
матеріал прокладки:	Пароніт
коефіцієнт m	2,5
мінімальне питоме навантаження q , МПа:	20
максимальне питоме навантаження q , МПа:	120

Розрахунок ведеться за методикою наведеною в [17], який 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.

Для заданих умов підходить плоский приварний фланець з плоскою ущільнювальною поверхнею за ГОСТ 12820-80.

Визначення розрахункової температури болтів фланцевого з'єднання:

$$t_6 = 0,95 * t = 0,95 * 100 = 95$$

Визначення розрахункової температури фланців:

$$t_{\phi} = t = 100 = 100$$

Визначення допустимих напружень матеріалу фланців та болтів при температурі монтажу та розрахунковій температурі:

допустиме напруження матеріалу обох фланців:

$$\text{при } 20^{\circ}\text{C}(293\text{ K}) [\sigma_{\phi}]^{20} = 520 \text{ МПа}$$

$$\text{при } 100^{\circ}\text{C}(373\text{ K}) [\sigma_{\phi}]^t = 420 \text{ МПа}$$

допустиме напруження матеріалу болтів:

$$\text{при } 20^{\circ}\text{C}(293\text{ K}) [\sigma_6]^{20} = 540 \text{ МПа}$$

$$\text{при } 95^{\circ}\text{C}(368\text{ K}) [\sigma_6]^t = 480 \text{ МПа}$$

Визначення модуля пружності матеріалу фланців та болтів при розрахункових температурах:

модуль пружності матеріалу болтів:

$$\text{при } 95^{\circ}\text{C}(368\text{ K}) E_6 = 1,95 * 10^5 \text{ МПа}$$

модуль пружності матеріалу фланців:

$$\text{при } 100^{\circ}\text{C}(373\text{ K}) E_{\phi} = 2 * 10^5 \text{ МПа}$$

Визначення коефіцієнтів відносного лінійного розширення матеріалу фланців та болтів при розрахункових температурах:

коефіцієнт відносного лінійного розширення болтів:

$$\text{при } 95^{\circ}\text{C}(368\text{ K}) \alpha_6^t = 1,22 * 10^{-5} \text{ K}^{-1}$$

коефіцієнт відносного лінійного розширення фланців:

$$\text{при } 100^{\circ}\text{C}(373\text{ K}) \alpha_{\phi}^t = 1,7 * 10^{-5} \text{ K}^{-1}$$

Попередній розрахунок геометричних параметрів фланців:

За ГОСТ 12820-80 вибираємо болти М22.

Приймаємо прокладку круглого перерізу з пароніту для тиску меншого за 2,5 МПа і температури не більше за 500°C (773 K).

Ефективна ширина прокладки:

$$b_e = b = 0,012\text{м}$$

Розрахункове навантаження від внутрішнього навантаження:

$$Q_d = 0,789 * D_{\text{сп}}^2 * \rho = 0,789 * 1,03^2 * 0,16 = 0.15$$

Розрахункове навантаження від різниці температур:

$$\begin{aligned}
 Q_t &= \gamma * n * 0,95 * d_6^2 * E_6 * (\alpha_{\phi}^t - 0,95 * \alpha_6^t) \\
 &= 0,01 * 72 * 0,95 * 0,022^2 * 1,95 * 10^5 * (1,7 * 10^{-5} - 0,95 \\
 &\quad * 1,22 * 10^{-5}) = 4,156 * 10^{-4}
 \end{aligned}$$

де $\gamma = 0,01$ – безрозмірний коефіцієнт фланцевого з'єднання для даних умов згідно з [10].

Реакція прокладок в робочих умовах:

$$R_{\Pi} = 2 * \pi * D_{\text{сп}} * b * t * p = 2 * 3,14 * 1,03 * 0,012 * 2,5 * 0,16 = 0,033 \text{ МН}$$

Монтажні болтові навантаження фланцевого з'єднання:

$$P_{61} = \pi * D_{\text{сп}} * b * q = 3,14 * 1,03 * 0,012 * 20 = 0,822 \text{ МН}$$

$$P_{62} = \alpha_{\phi}^t * Q_d + R_{\Pi} = 1,7 * 10^{-5} * 0,15 + 0,033 = 0,822 \text{ МН}$$

$$P_{63} = Q_d + R_{\Pi} + Q_t = 0,15 + 0,033 + 4,156 * 10^{-4} = 0,972 \text{ МН}$$

Обираємо максимальне зі значень $P_6 = 0,972 \text{ МН}$.

Умови міцності болту:

$$\begin{aligned}
 \frac{1,3 * P_6}{n * 0,95 * d_6^2} &\leq \sigma_6 \\
 \frac{1,3 * 0,972}{108 * 0,95 * 0,03^2} &\leq 480 \\
 32,072 &\leq 480
 \end{aligned}$$

Умова виконується.

Умова міцності прокладок:

$$\begin{aligned}
 \frac{P_6}{\pi * D_{\text{сп}} * b} &\leq q_{\text{макс}} \\
 \frac{0,972}{3,14 * 1,03 * 0,012} &\leq 120 \\
 23,654 &\leq 120
 \end{aligned}$$

Умови міцності виконуються.

Висновок: діючі напруження в фланцевому з'єднанні не перевищують допустимі напруження матеріалу фланців.

5.7 Розрахунок еліптичного днища

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

Схема до розрахунку днища приведена на рисунку 5.8.

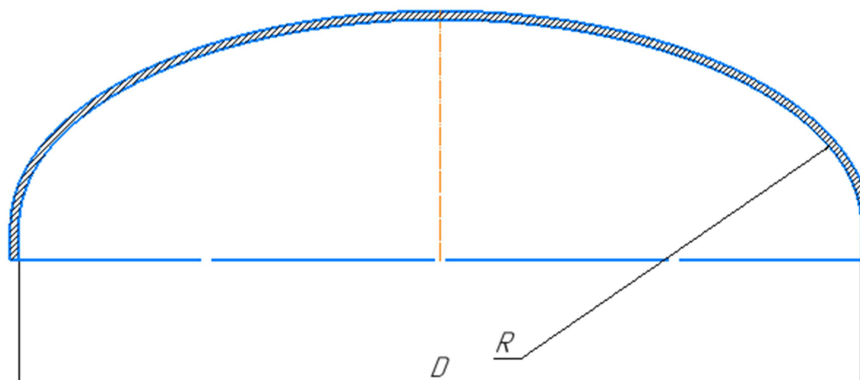


Рисунок 5.8 – Схема до розрахунку днища

Вихідні дані для розрахунку:

розрахунковий тиск p , МПа.	0,1
допустиме напруження матеріалу $[\sigma]$, МПа :	152
Еквівалентний діаметр апарату D , м	2,8
додаток на компенсацію корозії C_1 , м:	0,001

Розрахунок здійснюємо за методикою, викладеною в [14].

Розрахункова товщина за внутрішнього надлишкового тиску:

$$S_R = \frac{D * P}{2 * \varphi * \sigma - P} = \frac{2,8 * 0,1}{2 * 0,9 * 152 - 0,1} = 0,001 \text{ м}$$

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

Так як мінімальна розрахункова товщина із конструктивних вимог не може бути менша ніж товщина обичайки приймаємо $S_R = 0,005$ м.

Виконавча товщина із урахування додатків:

$$S = S_R + C_1 + C_2 + C_3 = 0,005 + 0,001 + 0 + 0 = 0,006 \text{ м}$$

Еквівалентна висота днища:

$$H = 0,25 * D = 0,7 \text{ м}$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН91.065134.001 ПЗ

Арк.

49

Еквівалентний радіус днища:

$$R = \frac{D^2}{4 * H} = \frac{2,8^2}{4 * 0,7} = 2,8 \text{ м}$$

Перевірка на допустимий тиск:

$$P = \frac{2 * (S - C) * \sigma * \varphi}{R + (S - C)} = \frac{2 * (0,006 - 0,001) * 152 * 0,9}{2,8 + (0,006 - 0,001)} = 0,48 \text{ МПа}$$

$$0,1 \text{ МПа} \leq 0,48 \text{ МПа}$$

Висновок: значення робочого тиску $P = 0,1 \text{ МПа}$ не перевищує значення допустимого тиску. Отже умова міцності виконується, визначена товщина стінки еліптичного днища $S = 0,006 \text{ м}$ забезпечує міцність апарата в умовах робочих навантажень.

6 Рекомендації щодо монтажу та експлуатації апарата

Кожухотрубний випарник за паровим простором типу П є одним з видів кожухотрубних теплообмінників. Технологія монтажу апаратів такої конструкції залежить від місця і способу їх установки. Вони можуть бути встановлені на відкритому майданчику, на постаменті чи в середині будівлі, а також горизонтально чи вертикально.

Апарат за можливості транспортується до місця монтажу у повністю зібраному вигляді, в іншому випадку збирається на місці.

Даний апарат є горизонтальним і розміщеним в будівлі цеху. Фундамент виконується у вигляді залізобетонних стовпів з анкерними болтами під опори. При монтажі встановлюють одну рухому і одну нерухому опори. При закрученні гайок на болтах рухомих опор при монтажу, залишають зазор 1-2мм для переміщення апарату в горизонтальній площині. Для фіксації рухомої опори при наявності зазору використовують контргайки. При встановленні рухомої опори перевіряється точність прилягання ковзанок до опори та їх положення щодо осі апарату. Після встановлення апарата отримані відхилення головних осей не повинні перевищувати ± 20 мм. Габаритний розмір встановленого апарату 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 апарату. Вимірювання відхилень проводять за допомогою теодоліта, рівнеміра та виска.

З врахуванням габаритів та великої ваги апарату, для монтажу застосовується метод підйому. Для підймання та переміщення апарату використовують один чи два крани в залежності від вантажопідйомності.

Монтаж і з'єднання з трубопроводами відбувається після монтажу теплообмінного обладнання і закріплення випарника на фундаменті.

При відсутності акту заводського іспиту від виробника, довгому знаходженні апарату на складі або збірці апарату на місці монтажу, апарат

					ЛН91.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

підлягає ревізії.

Оскільки етанол є слаботоксичною речовиною а його пари є пожежно та вибухонебезпечними при випробуванні та експлуатації особливу увагу треба звертати на кришки, прилади, арматуру, прокладки, болти, заглушки та інші деталі, які впливають на герметичність апарата.

Для виявлення дефектів при ревізії обпресовують трубний пучок контрольним тиском після чого спускають обпресовану воду на днище корпусу, для перевірки на герметичність і виявлення дефектів у трубному пучку. Також знімають кришку розподільчої камери для перевірки спраження плоских перегородок з кришкою та трубою решіткою.

Процес експлуатації необхідно проводити відповідно до ГОСТ 25866-83. На цій стадії реалізується, підтримується і відновлюється якість апарата. Експлуатація включає в себе використання за призначенням, транспортування, зберігання та обслуговування апарата.

При експлуатації та ремонті візуальному огляду підлягають тільки кришки, кінці та внутрішні канали труб та штуцери з люками.

При експлуатації апарату будуть виникати різні дефекти, в першу чергу забруднення відкладами і корозія. Ці проблеми вирішуються поточними та капітальними ремонтами.

До основних проблем відносяться:

1) забруднення трубного та між трубного просторів внаслідок неналежної фільтрації, використання невідповідного теплоносія(наприклад, надто мінералізованої води) чи через технологічні причини;

2) корозія та ерозія труб через тривалість використання теплообмінника і безпосередній корозії, або при неправильному підборі матеріалів відповідно до середовища,

3) корозія та ерозія корпусу та камер через ті ж самі причини що і для труб.

Забруднення вирішується хімічним або механічним (в залежності від ступеня забрудненості і технологічних можливостей) очищенням трубок при

					ЛН91.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

поточному ремонті.

Наскрізна корозія та ерозія трубок вирішується установкою нової трубки або створенням заглушки. При ремонті треба мати на увазі, що встановлення заглушок на більше ніж 10% трубок сильно збільшує опір та тиск у трубному просторі, а також те, що трубки функціонують у близьких умовах, тому бажано замінити трубний пучок при наступному капітальному ремонті.[20]

Наскрізна корозія та ерозія камер вирішується або підварюванням та установленням заплатки або заміною відповідних частин випарника.

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

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 [21].

Коефіцієнт стандартизації :

$$K_c = \frac{n_c}{n_{\text{заг}}} = \frac{558}{622} = 0,897,$$

де $n_c = 558$ - кількість стандартних деталей;

$n_{\text{заг}} = 662$ - загальна кількість деталей.

Коефіцієнт уніфікації визначаємо із залежності :

$$K_y = \frac{n_c + n_y}{n_{\text{заг}}} = \frac{558 + 40}{622} = 0,961,$$

де $n_y = 40$ кількість уніфікованих деталей.

Висновок: розраховано коефіцієнти стандартизації та уніфікації, які становлять: $K_c = 0,897$, $K_y = 0,961$.

8 Техніко-економічне обґрунтування модернізації

8.1 Техніко-економічне обґрунтування доцільності вдосконалення

Випарники широко застосовуються у багатьох галузях промисловості. Даний апарат застосовується для випарювання етанолу.

На основі стандартизованого випарника було запропоноване вдосконалення у вигляді сепаратору рідини, який запобігає ерозії обладнання від потоків етанолу, що проходить через арматуру, оскільки ерозія може серйозно погіршити роботу або навіть зруйнувати різні частини апарату, такі як труби, перегородки та навіть корпус. Також, при використанні в трубному просторі, сепаратор підвищує продуктивність рівномірно розподіляючи потоки рідини по між трубах. Для цього з внутрішньої сторони обичайки в трубному чи міжтрубному просторі (в залежності від того, де необхідно встановлення) до вхідного отвору приварюється конструкція, що складається з вхідного розподільника і пластини вирівнювання потоку.

Запропонована модернізація є актуальною оскільки:

- 1) модернізація обладнання може сприяти збільшенню та підвищенню конкурентоспроможності української продукції хімічного машинобудування.
- 2) модернізація є універсальною для багатьох типів теплообмінників та випарників, що використовують потоки рідини.

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

маса апарата m_a , кг	21800;
маса модернізації m_m , кг	50;
основний матеріал з якого виготовлений апарат	12X18H10T.

Метою даного розрахунку є техніко-економічне обґрунтування модернізації. Розрахунки проведені за [21].

Візьмемо згідно з цінами на 12Х18Н10Т і додатковими коефіцієнтами приблизну базову вартість апарату:

$$\Phi_{\text{перв}}^{\text{мод}} = m_a * C_m * K_1 * K_2 * K_3 = 21800 * 80 * 1,5 * 1,2 * 1,2 = 3767100 \text{ грн}$$

Відповідно приблизна вартість виробництва деталі, грн:

$$\Phi_{\text{перв}}^{\text{дет}} = m_m * C_m * K_1 * K_2 * K_3 = 50 * 80 * 1,5 * 1,2 * 1,2 = 8640 \text{ грн}$$

де $C_m = 80$ грн/кг - ціна за кілограм матеріалу [2];

$K_1 = 1,5$ - коефіцієнт який враховує витрати на виготовлення основних деталей та вузлів;

$K_2 = 1,2$ - коефіцієнт який враховує витрати на технологічні операції при виготовленні апарата;

$K_3 = 1,2$ - коефіцієнт який враховує додаткові витрати при виготовленні апарата.

При удосконаленні кожухотрубного випарника з паровим простором типу П обрано базисний зразок не модифікованого апарату для порівняння тих техніко-економічних показників, що змінюються від модернізації.

Основні техніко-економічні показники базового та удосконаленого абсорбера наведені в таблиці 8.1.

Таблиця 8.1 – Порівняння основних характеристик конструкцій

Назва показників	Одиниця вимірювання	Конструкція	
		Базовий	Удосконалений
1	2	3	4
продуктивність апарату	кг/с	4,95	5
Вартість апарату (первісна)	тис.грн	3767	3780
Тривалість ремонтного циклу	рік	2,5	3
Маса апарату	кг	21800	21850

Для обґрунтування техніко-економічної доцільності модифікації необхідно знайти коефіцієнта ефективності витрат. Залежно від коефіцієнта,

можна судити о доцільності удосконалення.

Формула для знаходження коефіцієнту ефективності витрат:

$$n_{pi} = 1 - \frac{M_i + S_{e_i}}{K_{Hi} * \alpha * \beta + S_{a_i}}$$

де M_i грн - сумарні витрати на вдосконалення;

S_{e_i} грн - перевищення витрат на вдосконалення під час експлуатації;

K_{Hi} - початкова вартість нового обладнання;

α - коефіцієнт співвідношення між обладнанням;

β - коефіцієнт співвідношення між обладнанням під час ремонтного циклу;

S_{a_i} грн. - втрати від недоамортизації.

Сумарні витрати на вдосконалення, грн.:

$$M_i = \Phi_{\text{перв}}^{\text{мод}} * K_i = 3767 * 10^3 * 0,06 = 226020$$

Де $\Phi_{\text{перв}}^{\text{мод}} = 3767 * 10^3$ грн - первісна (відновлена) вартість устаткування, яке підлягає модернізації;

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

Перевищення витрат на вдосконалення під час експлуатації, грн:

$$S_e = \Phi_{\text{перв}}^{\text{мод}} * q_{b1} - \Phi_{\text{перв}}^{\text{дет}} * q_{b2} = 3767 * 10^3 * 0,12 - 3780 * 10^3 * 0,1 \\ = 74040$$

де $q_{b1} = 0,12$ - коефіцієнт експлуатаційних витрат обладнання що модифікують;

$q_{b2} = 0,1$ - коефіцієнт експлуатаційних витрат нового обладнання.

Коефіцієнт співвідношення між обладнанням:

$$\alpha = \frac{П_{\text{мод}}}{П_{\text{нов}}} = \frac{5}{4,95} = 1,01$$

де $П_{\text{нов}} = 5$ кг/год - продуктивність обладнання яку модифікується;

					ЛН91.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

$\Pi_{\text{мод}} = 4,95$ кг/год - продуктивність нового обладнання.

Коефіцієнт співвідношення між обладнанням під час ремонтного циклу:

$$\beta = \frac{T_{\text{мод}}}{T_{\text{нов}}} = \frac{3}{2.5} = 1.2$$

де $T_{\text{мод}} = 3$ роки - тривалість циклу ремонту обладнання що модифікується;

$T_{\text{нов}} = 2,5$ роки - тривалість циклу ремонту нового обладнання.

Коефіцієнт ефективності витрат:

$$n_{p_i} = 1 - \frac{M_i + S_{e_i}}{K_{H_i} * \alpha * \beta + S_{a_i}} = 1 - \frac{226020 + 74040}{3767 * 10^3 * 1,02 * 1.2 + 0} = 0,935$$

Висновок: розраховане значення коефіцієнту $n_{p_i} = 0.935 > 0$, то ж удосконалення є техніко-економічно вигідним.

Висновки

В дипломному проекті освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр» на тему «Модернізація установки виробництва бутадієну з розробкою випарника», проведено модернізацію кожухотрубного випарника з паровим простором типу П призначеного для випарювання етанолу при температурі 351К та продуктивністю 5 кг/с.

Для виконання поставленого завдання проведено огляд існуючих конструкцій на основі якого зроблено обґрунтований вибір конструкції апарата. Проаналізовано і порівняно вибрану конструкції з кращими світовими аналогами в результаті чого встановлено, що апарат не містить принципових рішень запропонованих в розглянутих патентах.

Здійснені розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції. Виконаний параметричний розрахунок, і розрахунки на міцність основних вузлів та деталей апарата (визначення товщини стінки внутрішньої обичайки, днища, розрахунок товщини трубної решітки, розрахунок фланцевого з'єднання). Розрахунки на міцність виконані згідно діючих державних та галузевих стандартів.

Графічна частина проекту виконана у середовищі КОМПАС 3D V18.1 та включає в складальне креслення теплообмінника – А1, креслення трубного пучка – А1, креслення корпусу - А1, технологічну схему виробництва – А1 До складальних креслень складені специфікації

Результати проведених розрахунків зведені в розрахунково-пояснювальну записку, що включає дані відповідності розробленої конструкції вимогам техніки безпеки. Наведені рекомендації з виготовлення, монтажу й експлуатації розробленого апарата.

За період виконання проекту опубліковано дві тези на XXIII та на XXIV Всеукраїнських науково – практичних конференціях студентів, аспірантів і молодих вчених «Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів».

Conclusions

In the diploma project of the educational and qualification level "Bachelor" on the topic "Modernization of the butadiene production installation with the development of the evaporator", the modernization of the shell-and-tube evaporator with a vapor space of type P intended for the evaporation of ethanol at a temperature of 351K and a productivity of 5 kg/s was carried out.

In order to fulfill the task, an overview of the existing structures was conducted, on the basis of which a reasoned choice of the device design was made. The selected design was analyzed and compared with the best world analogues, as a result of which it was established that the device does not contain the principle solutions proposed in the considered patents.

Calculations have been made that confirm the workability and reliability of the structure. Parametric calculation and strength calculations of the main nodes and parts of the apparatus were performed (determination of the thickness of the wall of the inner casing, the bottom, calculation of the thickness of the pipe grid, calculation of the flange connection). Strength calculations are made in accordance with current state and industry standards.

The graphic part of the project is made in the KOMPAS 3D V18.1 environment and includes the assembly drawing of the heat exchanger - A1, the drawing of the tube bundle - A1, the drawing of the body - A1, the technological scheme of production - A1. The specifications are attached to the assembly drawings

The results of the calculations are summarized in a calculation and explanatory note, which includes data on compliance of the developed design with the requirements of safety technology. Recommendations for the manufacture, installation and operation of the developed device are given.

During the implementation of the project, two theses were published at the XXIII and XXIV All-Ukrainian scientific and practical conferences of students, postgraduates and young scientists "Equipment of chemical production and building materials enterprises".

					/И91.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

Перелік посилань

1. 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

2.<https://dalgakiran.ua/uk/products/kozhuhotrubni-vyparnyky-seriyi-ech/>

3.Патент CN217303672U, IPC 28D7/16; F28F9/013; F28F9/10; F28F9/22; F28F9/24; F28G3/10; Anti-corrosion shell and tube heat exchanger/ SHI ZHENGPING; WU YIN; LIU YINGGE, Applicants FUNKE HEAT EXCHANGER SYSTEMS CHANGZHOU CO LTD– CN202220976629U·2022-04-25 Publication CN217303672U·2022-08-26

4.Патент CN217131933U, IPC F28D7/16; F28F9/013; F28F9/06; F28F9/22; Flow equalizing device for shell and tube heat exchanger/ LIU YINGGE; MA SUWEN; MA JILIN, Applicants FUNKE HEAT EXCHANGER SYSTEMS CHANGZHOU CO LTD – CN202221033826U·2022-04-29 Publication CN217131933U·2022-08-05

5.Патент CN217442317U, IPC F28D7/00; F28F13/02; F28F9/24;; Shell-and-tube heat exchanger/ HAO RONG; HUO LILONG; ZHAO BING; CHEN HAIFENG, Applicants SHANXI FENGXI CHEMICAL EQUIPMENT CO LTD – CN202220578401U·2022-03-17 Publication CN217442317U·2022-09-16

6. Патент CN217604434U, IPC F25B39/02; F28D7/08; Pressure-equalizing spiral shell-and-tube evaporator/ ZHANG WEI; LIU RUIPING, Applicants XIAN DONGFANG ENERGY ENG CO LTD – CN202221752769U·2022-07-07 Publication CN217604434U·2022-10-18

7.Патент CN217110573U, IPC F28D7/00; F28G15/00; F28G9/00; Shell-and-tube heat exchanger/FENG LEI; JIA WENWEN; FENG LIANG, Applicants JINAN HUABO HEAT EXCHANGE EQUIPMENT CO LTD. – CN202220739404U·2022-03-31, Publication CN217110573U·2022-08-02

8. Методичні вказівки до виконання розділу «Охорона праці» в дипломних роботах освітньо-кваліфікаційного рівня "бакалавр" для студентів

ІХФ для усіх спеціальностей, усіх форм навчання / Уклад.: Г.В. Демчук, А.І. Ковтун- К.: НТУУ «КПІ», 2014- 16 с.

9. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.

10. ВСН 21-77 "Инструкция по проектированию отопления и вентиляции нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий"

11. НАПБ Б.03.002-2007. Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою (32980)

12 ДБН В 1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва

13. СНиП 2.09.02-85. Производственные здания промышленных предприятий

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

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

16. Справочное пособие к курсовому проектированию по процессам и аппаратам химической технологии. «Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова» Химико-фармацевтический факультет ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ЖИДКИХ ВЕЩЕСТВ И РАСТВОРОВ / 2016

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

18. Машины и аппараты химических производств. Примеры и задачи /Под общ. ред. В. Н. Соколова. – Л. : Машиностроение, 1982. – 384 с.

19. Кузнецов А.А. Расчеты процессов и аппаратов нефтеперерабатывающей промышленности . – Л. «Химия», 1974 . – 344 с

20. Фармазов С.А. Ремонт и монтаж оборудования химических и нефтеперерабатывающих заводов: Учебник для техникумов 3-е изд., перераб.

и доп. М.: Химия 1988 – 304с.

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

22.Юкельсон И.И. Технология основного органического синтеза – М. «Химия», 1968 – 868 с.

.

					ЛН91.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

Додаток А
Документація до патентного дослідження

					ЛН91.065134.001 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РЕГЛАМЕНТ ПОШУКУ № ЛН91.065131РП

Найменування теми Кожухотрубний випарник

шифр теми ЛН91.065131.001

Етап Проектування апарата та його основних частин

Номер, дата завдання на проведення патентних досліджень

ЛН91.065131.001

17.04.2023

Обґрунтування регламенту пошуку

Предмет пошуку: - Кожухотрубний теплообмінник (Об'єктом пошуку є винаходи та корисні моделі).

Визначення держав пошуку. Встановлюємо такі держави пошуку: Україна, США, Німеччина, Франція, Японія, Канада, Швейцарія, КНР, Фінляндія.

Ретроспективність. Термін дії патенту на винахід в Україні – 20 років, на корисну модель - 6 років, тому регламент пошуку встановлюємо такий: 2022-2023

Класифікаційні індекси. Міжнародна патентна класифікація: МПК F28F 9/00, F28D7/00 F28G15/00 F28F1 3/00 F28G9/0 F25B39/02

Уніфікована десяткова класифікація УДК 66.045

Джерела інформації. 1) Патентна інформація: описи до винаходів, офіційні бюлетені Укрпатенту, 2) Науково-технічна інформація: монографії з тепломасообмінних процесів, підручники й навчальні посібники з курсу процесів та апаратів хімічних технологій 3) інтернет ресурси: <http://ep.espacenet.com/>, <http://www.uipv.org>, <http://uapatents.com>, www.freepatent.ru/, <http://www1.fips.ru/>.

Початок пошуку 26.04.2023

Закінчення пошуку 28.04.2023

РЕГЛАМЕНТ ПОШУКУ № ЛН91.065131РП

Завдання на проведення патентних досліджень ЛН91.065131.000Етап Проектування апарата та його основних частинНомер, дата регламентного пошуку ЛН91.065131.001 17.04.2023Початок пошуку 26.04.2023 Закінчення пошуку 28.04.2023

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 проектового апарата й тенденції розвитку цього напрямку в техніці.	Україна, США, Німеччина, Франція, Японія, Канада, Швейцарія, КНР, Фінляндія.	МПК F28F 9/00, F28D7/00 F28G15/00 F28F1 3/00 F28G9/0 F25B39/02 УДК 66.045 .	2022 – 2023.	Національні і зарубіжні офіційні бюлетені. Описи винаходів і корисних моделей.

Таблиця А.2 – Джерела інформації, використані під час проведення

пошуку

Предмет пошуку (ОГД, його складові частини)	Держава пошуку	Класифікаційні індекси	Інформаційна база, яка використана під час пошуку	Бібліографічні дані першого та останнього за хронологією джерела інформації	
				патентна інформація	інша науково-технічна інформація
1	2	3	4	5	6
Теплообмінник	Україна, США, Німеччина, Франція, Японія, Канада, Швейцарія, КНР, Фінляндія.	<u>МПК</u> F28F 9/00, F28D7/ 00 F28G15 /00 F28F1 3/00 F28G9/ 0 F25B39 /02	Фонд НТУУ “КПІ” Державний патентний фонд бази даних об’єктів промислової власності, до яких надається безкоштовний доступ в Інтернеті http://www.patents.google.com/ https://worldwide.espacenet.com http://uapatents.com/	Описи винаходів патентів України №№ 1-60000. Описи корисних моделей патентів України №№ 1-2000. Офіційний бюлетень "Промислова власність" Офіційні бюлетені "Открытия. Изобретения",	Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 1971.– 785 с. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 1983.– 272 с.

Таблиця А.3 – Винаходи, що відібрані для аналізу

Назва апарата	Документи на об'єкти промислової власності	
	Бібліографічні дані	Відомості щодо їхньої дії
1	2	3
Кожухотрубний теплообмінник	Патент CN217303672U, IPC F28D7/16; F28F9/013; F28F9/10; F28F9/22; F28F9/24; F28G3/10; Anti-corrosion shell and tube heat exchanger/ SHI ZHENGPING; WU YIN; LIU YINGGE, FUNKE HEAT EXCHANGER SYSTEMS CHANGZHOU CO LTD–Applicants ·2022-04-25 Publication CN217303672U·2022-08-26	Діє
Кожухотрубний теплообмінник	Патент CN217131933U, IPC F28D7/16; F28F9/013; F28F9/06; F28F9/22; Flow equalizing device for shell and tube heat exchanger/ LIU YINGGE; MA SUWEN; MA JILIN, Applicants FUNKE HEAT EXCHANGER SYSTEMS CHANGZHOU CO LTD–CN202221033826U·2022-04-29 Publication CN217131933U·2022-08-05	Діє
Трубний теплообмінник	Патент CN217442317U, IPC F28D7/00; F28F13/02; F28F9/24; Shell-and-tube heat exchanger/ HAO RONG; HUO LILONG; ZHAO BING; CHEN HAIFENG, Applicants SHANXI FENGXI CHEMICAL EQUIPMENT CO LTD – CN202220578401U·2022-03-17 Publication CN217442317U·2022-09-16	Діє
Теплообмінник	Патент CN217604434U, IPC F25B39/02; F28D7/08; Pressure-equalizing spiral shell-and-tube evaporator/ ZHANG WEI; LIU RUIPING, Applicants XIAN DONGFANG ENERGY ENG CO LTD – CN202221752769U·2022-07-07 Publication CN217604434U·2022-10-18	Діє
Кожухотрубний теплообмінник	Патент CN217110573U, IPC F28D7/00; F28G15/00; F28G9/00; Shell-and-tube heat exchanger/FENG LEI; JIA WENWEN; FENG LIANG, Applicants JINAN HUABO HEAT EXCHANGE EQUIPMENT CO LTD. – CN202220739404U·2022-03-31, Publication CN217110573U·2022-08-02	Діє

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

/И91.065134.001 ПЗ

Арк.

68

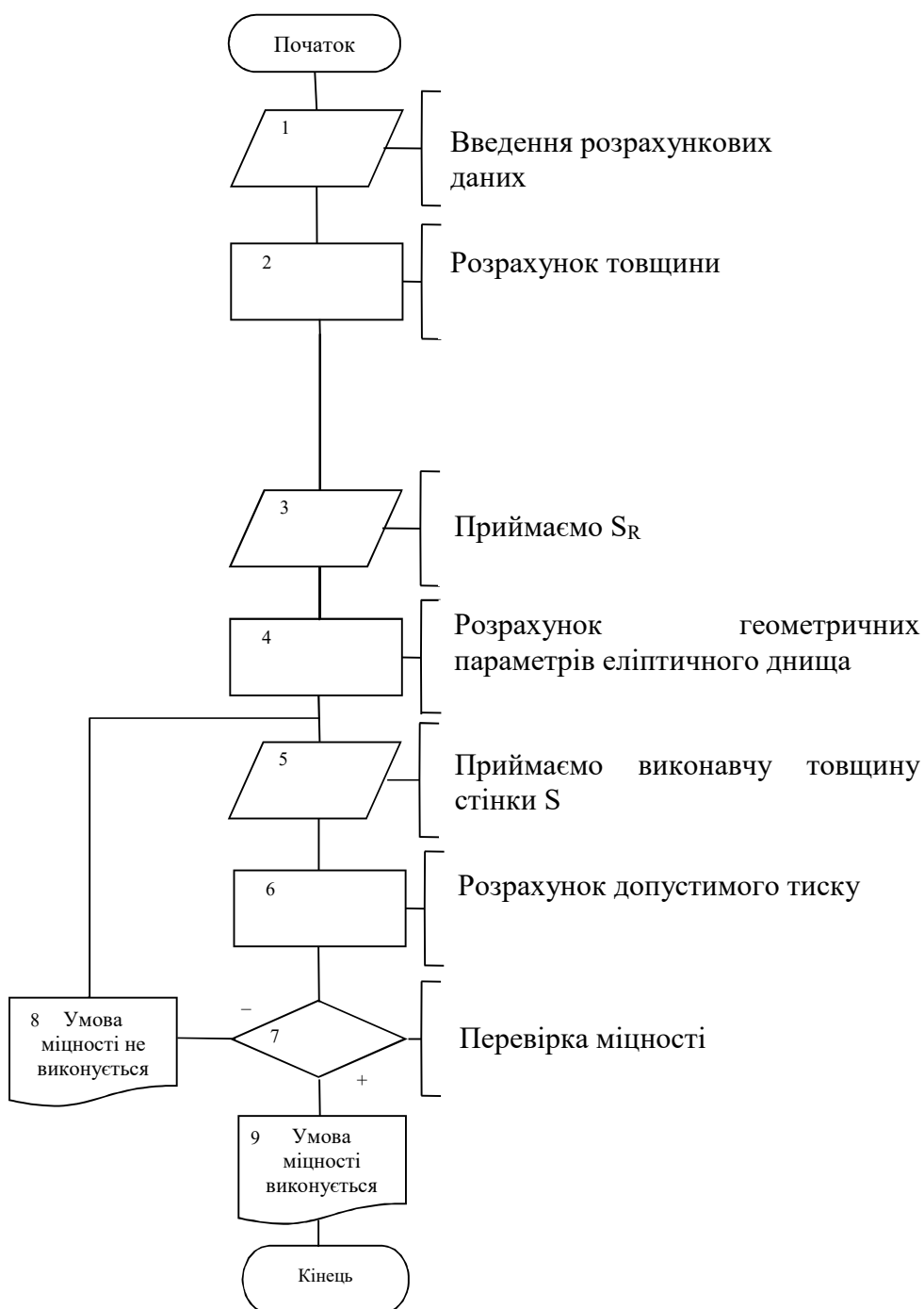
Додаток Б

**Програмний розрахунок товщини еліптичного днища під дією
внутрішнього тиску**

					ЛН91.065134.001 ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На рисунку Б.1 зображено блок – схему до розрахунку товщини стінки циліндричної обичайки навантаженої зовнішнім тиском

Програма розрахунку товщини стінки



Розрахунок днища парового простору 12X18Н10Т

$$D := 2.8 \quad \varphi := 0.9 \quad \sigma = 152 \quad p := 0.1$$

$$S_R := \frac{p \cdot D}{2 \cdot \sigma \cdot \varphi - 0.5p} = 1.024 \times 10^{-3}$$

$$S_R := 0.005$$

$$C_1 := 0.001 \quad C_2 := 0 \quad C_3 := 0$$

$$C := C_1 + C_2 + C_3 = 1 \times 10^{-3}$$

$$S := S_R + C_1 + C_2 + C_3 = 6 \times 10^{-3}$$

$$H := 0.25 \cdot D = 0.7$$

$$R := \frac{D^2}{4 \cdot H} = 2.8$$

$$P_{\text{dop}} := \frac{2 \cdot (S - C) \cdot \sigma \cdot \varphi}{R + 0.5 \cdot (S - C)} = 0.488$$

$$0.1 < 0.488 = 1$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН91.065134.001 ПЗ

Арк.

71

Ідентифікатори роз'яснені в таблиці Б.1

Таблиця Б.1 – Перелік ідентифікаторів

Найменування величини	Позначення	Ідентифікатор	Розмірність
1	2	3	4
Діаметр апарата	D	D	м
Зовнішній тиск	P	P	МПа
Допустиме напруження	$[\sigma]$	σ	МПа
Коефіцієнт зварного шва	φ	φ	
Розрахункова товщина стінки	S_R	S_R	м
Сумарна прибавка на компенсацію корозії, допуску	C	C	м
Виконавча товщина стінки	S	S	м
Висота еліптичної частини днища	H	H	м
Радіус еліптичної частини днища	R	R	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	0,00102	м
Виконавча товщина стінки	S	0,006	м
Висота еліптичної частини днища	H	0,7	м
Радіус еліптичної частини днища	R	2,8	м
Допустимий зовнішній тиск	$ P $	0,48	МПа

Додаток В

Патенти, які використовувались в патентному дослідженні

					<i>ЛН91.065134.001 ПЗ</i>	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(19) 国家知识产权局



(12) 实用新型专利



(10) 授权公告号 CN 217303672 U

(45) 授权公告日 2022.08.26

(21) 申请号 202220976629.X

F28F 9/10 (2006.01)

(22) 申请日 2022.04.25

(73) 专利权人 风凯换热器制造(常州)有限公司

地址 213164 江苏省常州市武进区武进国家高新技术产业开发区龙瑞路9号

(72) 发明人 石正平 吴寅 刘莺歌

(74) 专利代理机构 北京锦信诚泰知识产权代理有限公司 11813

专利代理师 王芳

(51) Int. Cl.

F28D 7/16 (2006.01)

F28F 9/24 (2006.01)

F28F 9/22 (2006.01)

F28G 3/10 (2006.01)

F28F 9/013 (2006.01)

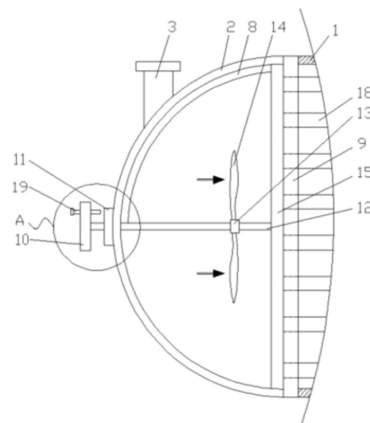
权利要求书1页 说明书3页 附图4页

(54) 实用新型名称

一种防腐型壳管式换热器

(57) 摘要

本实用新型公开了一种防腐型壳管式换热器,包括壳体及连接于壳体一端的封头,所述封头内固定有固定盘,所述固定盘连接有旋转机构,所述旋转机构包括竖刮板、扇叶、弧形刮板,所述扇叶用于驱动竖刮板、弧形刮板同步旋转,所述竖刮板用于固定盘的刮擦,所述弧形刮板用于封头内壁的刮擦。本实用新型当液体从进口一进入到封头内时,流动的液体可驱动扇叶的旋转,进而带动连接轴旋转,实现对竖刮板、弧形刮板同步转动,可对固定盘、封头内壁附着的杂质进行刮擦,防止封头内液体滞留产生的附着物腐蚀壳管式换热器,杂质随着液体流入到传热管内,并从连接罩的出口一排出,延长壳管式换热器的使用寿命。



CN 217303672 U

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН91.065134.001 ПЗ

Арк.

75

1. 一种防腐型壳管式换热器, 其特征在于: 包括壳体 (1) 及连接于壳体 (1) 一端的封头 (2), 所述封头 (2) 内固定有固定盘 (9), 所述固定盘 (9) 连接有旋转机构, 所述旋转机构包括竖刮板 (15)、扇叶 (14)、弧形刮板 (8), 所述扇叶 (14) 用于驱动竖刮板 (15)、弧形刮板 (8) 同步旋转, 所述竖刮板 (15) 用于固定盘 (9) 的刮擦, 所述弧形刮板 (8) 用于封头 (2) 内壁的刮擦。

2. 根据权利要求1所述的一种防腐型壳管式换热器, 其特征在于, 所述旋转机构还包括连接轴 (12), 所述扇叶 (14) 固定于连接轴 (12) 的旋转头 (13), 所述连接轴 (12) 的一端贯穿于竖刮板 (15), 且连接轴 (12) 的一端与固定盘 (9) 活动连接, 所述竖刮板 (15) 固定于连接轴 (12), 所述连接轴 (12) 的另一端贯穿于封头 (2) 的端部, 且连接轴 (12) 与封头 (2) 密封滑动连接。

3. 根据权利要求2所述的一种防腐型壳管式换热器, 其特征在于, 所述弧形刮板 (8) 的一端固定于竖刮板 (15) 的一端, 且弧形刮板 (8) 的另一端与连接轴 (12) 固定相连。

4. 根据权利要求1所述的一种防腐型壳管式换热器, 其特征在于, 所述弧形刮板 (8) 贴合于封头 (2) 的内壁, 所述竖刮板 (15) 贴合于固定盘 (9) 的一侧。

5. 根据权利要求2所述的一种防腐型壳管式换热器, 其特征在于, 所述连接轴 (12) 连接有用于连接轴 (12) 定位的定位机构。

6. 根据权利要求5所述的一种防腐型壳管式换热器, 其特征在于, 所述定位机构包括旋转柄 (10)、螺杆 (19)、密封座 (11), 所述密封座 (11) 密封连接于封头 (2) 的端部, 所述螺杆 (19) 连接于旋转柄 (10), 所述旋转柄 (10) 固定于连接轴 (12) 的另一端, 所述密封座 (11) 开设有与螺杆 (19) 端部相匹配的定位槽 (21), 当转运壳管式换热器时, 所述螺杆 (19) 连接于定位槽 (21)。

7. 根据权利要求1所述的一种防腐型壳管式换热器, 其特征在于, 所述壳体 (1) 内均匀连接有传热管 (18), 所述传热管 (18) 连接有用于传热管 (18) 支撑的导流板 (17), 且传热管 (18) 的一端固定于设置于固定盘 (9) 的固定孔 (20), 所述壳体 (1) 的顶部一侧设置有进口二 (4), 且壳体 (1) 的底部设置有出口二 (5)。

8. 根据权利要求7所述的一种防腐型壳管式换热器, 其特征在于, 所述封头 (2) 设置有进口一 (3), 所述壳体 (1) 的另一端连接有连接罩 (7), 所述连接罩 (7) 连接有出口一 (6), 所述传热管 (18) 的另一端导通于连接罩 (7)。

9. 根据权利要求7所述的一种防腐型壳管式换热器, 其特征在于, 所述导流板 (17) 固定于壳体 (1) 的内壁。

10. 根据权利要求1所述的一种防腐型壳管式换热器, 其特征在于, 所述壳体 (1) 连接有用于壳体 (1) 支撑的支架 (16)。

(19) 国家知识产权局



(12) 实用新型专利



(10) 授权公告号 CN 217131933 U

(45) 授权公告日 2022.08.05

(21) 申请号 202221033826.4

(22) 申请日 2022.04.29

(73) 专利权人 风凯换热器制造(常州)有限公司

地址 213164 江苏省常州市武进区武进国家高新技术产业开发区龙瑞路9号

(72) 发明人 刘莺歌 马素文 马吉林

(74) 专利代理机构 北京锦信诚泰知识产权代理有限公司 11813

专利代理师 王芳

(51) Int. Cl.

F28D 7/16 (2006.01)

F28F 9/22 (2006.01)

F28F 9/013 (2006.01)

F28F 9/06 (2006.01)

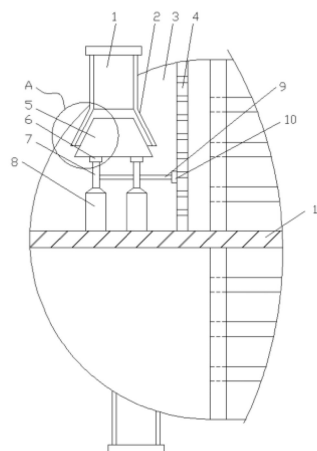
权利要求书1页 说明书3页 附图4页

(54) 实用新型名称

一种壳管式换热器用均流装置

(57) 摘要

本实用新型公开了一种壳管式换热器用均流装置,包括均流罩及连接于均流罩的密封座,所述密封座用于封堵均流罩,且密封座连接有用于密封座支撑的支撑机构,所述支撑机构包括支撑柱、弹簧,所述支撑柱固定于密封座的底部,所述弹簧用于驱动密封座向靠近均流罩的内侧方向移动,所述支撑柱连接有用于密封座导向的导向机构。本实用新型当液体通过进口进入到封头内时,弹簧可以吸收液体对密封座造成的冲击力,并且使液体较为均匀从密封座与均流罩之间流下,避免液体直接与传热管接触,同时通过均流板的配合使用,显著提高液体均匀度,进一步降低了液体对传热管造成的冲击,提高了均流装置的实用性。



CN 217131933 U

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН91.065134.001 ПЗ

Арк.

77

1. 一种壳管式换热器用均流装置, 其特征在于: 包括均流罩 (2) 及连接于均流罩 (2) 的密封座 (5), 所述密封座 (5) 用于封堵均流罩 (2), 且密封座 (5) 连接有助于密封座 (5) 支撑的支撑机构, 所述支撑机构包括支撑柱 (7)、弹簧 (16), 所述支撑柱 (7) 固定于密封座 (5) 的底部, 所述弹簧 (16) 用于驱动密封座 (5) 向靠近均流罩 (2) 的内侧方向移动, 所述支撑柱 (7) 连接有助于密封座 (5) 导向的导向机构。

2. 根据权利要求1所述的一种壳管式换热器用均流装置, 其特征在于, 所述均流罩 (2) 的顶部连接有助于液体进入的进口 (1), 所述进口 (1) 贯穿于封头 (3) 的顶部, 且进口 (1) 与封头 (3) 密封固定相连。

3. 根据权利要求1所述的一种壳管式换热器用均流装置, 其特征在于, 所述支撑机构还包括支撑筒 (8), 所述支撑柱 (7) 与设置于支撑筒 (8) 内的固定腔 (17) 滑动连接, 所述弹簧 (16) 位于固定腔 (17) 内, 且弹簧 (16) 的两端分别与支撑柱 (7)、固定腔 (17) 的底部均固定相连。

4. 根据权利要求3所述的一种壳管式换热器用均流装置, 其特征在于, 所述支撑柱 (7) 与连接于密封座 (5) 底部的支撑座 (6) 固定相连。

5. 根据权利要求1所述的一种壳管式换热器用均流装置, 其特征在于, 所述密封座 (5) 设置有密封面 (14), 所述密封面 (14) 与设置于封头 (3) 内侧的连接面 (15) 相匹配。

6. 根据权利要求1所述的一种壳管式换热器用均流装置, 其特征在于, 所述导向机构包括横杆 (9)、滑块 (10)、均流板 (4), 所述横杆 (9) 的两端分别与支撑柱 (7)、滑块 (10) 均固定相连, 所述滑块 (10) 连接于均流板 (4)。

7. 根据权利要求6所述的一种壳管式换热器用均流装置, 其特征在于, 所述滑块 (10) 与设置于均流板 (4) 一侧的滑槽 (12) 滑动连接。

8. 根据权利要求6所述的一种壳管式换热器用均流装置, 其特征在于, 所述均流板 (4) 均匀开设有均流孔 (13), 且均流板 (4) 与封头 (3) 密封固定相连, 均流板 (4) 支撑于隔板 (11), 支撑筒 (8) 固定于隔板 (11) 的顶部。

(19) 国家知识产权局



(12) 实用新型专利



(10) 授权公告号 CN 217442317 U

(45) 授权公告日 2022.09.16

(21) 申请号 202220578401.5

(22) 申请日 2022.03.17

(73) 专利权人 山西丰喜化工设备有限公司

地址 044500 山西省运城市永济市中山西
街8号

(72) 发明人 郝荣 霍李龙 赵冰 陈海锋

(74) 专利代理机构 太原科卫专利事务所(普通
合伙) 14100

专利代理师 王二红

(51) Int. Cl.

F28D 7/00 (2006.01)

F28F 9/24 (2006.01)

F28F 13/02 (2006.01)

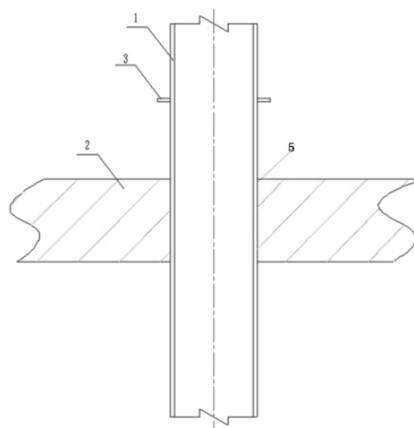
权利要求书1页 说明书2页 附图2页

(54) 实用新型名称

一种管壳式换热器

(57) 摘要

本实用新型涉及压力容器中的换热器,具体为一种管壳式换热器,其为了解决现有的一种管壳式换热器容易在换热管外壁形成一层汽膜,从而导致换热器的换热效果降低的问题,故提供了一种改进的管壳式换热器,具体技术方案为包括多个换热管、多个折流板,在每个换热管的每个折流板的出蒸汽的一侧均设有套于换热管外壁上的弹性挡圈,弹性挡圈距离对应的折流板的出蒸汽的一侧为30mm-50mm。本实用新型结构简单,操作方便,成本低,能有效破除气泡,且使用后能大大提高管壳式换热器的换热效果,节能降耗,降本增效。



CN 217442317 U

1. 一种管壳式换热器,包括多个换热管(1)、多个折流板(2),其特征在于,在每个换热管(1)的每个折流板(2)的出蒸汽的一侧均设有套于换热管(1)外壁上的弹性挡圈(3)。
2. 根据权利要求1所述的一种管壳式换热器,其特征在于,弹性挡圈(3)与对应的折流板(2)的出蒸汽的一侧面之间的距离为30mm-50mm。
3. 根据权利要求2所述的一种管壳式换热器,其特征在于,弹性挡圈(3)为C型。
4. 根据权利要求3所述的一种管壳式换热器,其特征在于,弹性挡圈(3)的开口处的两端均设有安装孔(4)。
5. 根据权利要求4所述的一种管壳式换热器,其特征在于,弹性挡圈(3)的内圈上一体设有多个向弹性挡圈(3)的圆心方向凸起的径向齿(5)。
6. 根据权利要求5所述的一种管壳式换热器,其特征在于,径向齿(5)的齿顶与换热管(1)的内壁贴紧。
7. 根据权利要求6所述的一种管壳式换热器,其特征在于,径向齿(5)的齿两端分别与弹性挡圈(3)的圆心连线后构成的圆心角为 30° 。
8. 根据权利要求7所述的一种管壳式换热器,其特征在于,相邻径向齿(5)的相邻的齿两端分别与弹性挡圈(3)的圆心连线后构成的圆心角为 60° 。
9. 根据权利要求8所述的一种管壳式换热器,其特征在于,两个安装孔(4)的圆心分别与弹性挡圈(3)的圆心连线后构成的圆心角为 60° 。
10. 根据权利要求1至9任意一项所述的一种管壳式换热器,其特征在于,弹性挡圈(3)采用65Mn材料制成。

(19) 国家知识产权局



(12) 实用新型专利



(10) 授权公告号 CN 217604434 U

(45) 授权公告日 2022. 10. 18

(21) 申请号 202221752769.5

(22) 申请日 2022.07.07

(73) 专利权人 西安东方能源工程有限公司

地址 710076 陕西省西安市高新区鱼化街
办天谷八路156号西安软件新城研发
基地二期项目A1楼112

(72) 发明人 张炜 刘瑞萍

(74) 专利代理机构 西安新动力知识产权代理事
务所(普通合伙) 61245

专利代理师 杨小亮

(51) Int. Cl.

F25B 39/02 (2006.01)

F28D 7/08 (2006.01)

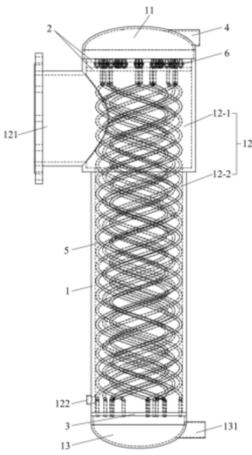
权利要求书2页 说明书5页 附图4页

(54) 实用新型名称

一种均压螺旋管壳式蒸发器

(57) 摘要

本实用新型公开了一种均压螺旋管壳式蒸发器,包括两端呈封闭状的管状壳体,所述管状壳体分别通过第一隔板(均压板)和第二隔板将其沿轴向依次分割成冷介质暂存腔室、换热腔室以及排气腔室,换热腔室内均匀布设有多个螺旋换热管,换热管的一端穿过第二隔板后与排气腔室连通,另一端通过旋流喷头与冷介质暂存腔室连通,换热腔室的管壁上分别设有气态热介质入口和排液口,且设有气态热介质入口一侧的直径大于排液口一侧直径。本实用新型通过均压板与旋流喷头的共同作用使液态冷却介质能够以扇状雾态等量均匀进入螺旋换热管内,加之螺旋换热管合理的布局,能够实现冷却介质与气态热介质充分的换热,显著提高了传热系数和换热效率。



CN 217604434 U

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН91.065134.001 ПЗ

Арк.

81

1. 一种均压螺旋管壳式蒸发器, 其特征在于, 包括两端呈封闭状的管状壳体 (1), 所述管状壳体 (1) 的腔室分别通过第一隔板 (2) 和第二隔板 (3) 将其沿轴向分割成冷介质暂存腔室 (11)、换热腔室 (12) 以及排气腔室 (13), 且所述换热腔室 (12) 位于冷介质暂存腔室 (11) 和排气腔室 (13) 之间;

其中, 所述冷介质暂存腔室 (11) 与制冷剂进液管 (4) 连通, 用于暂存液态冷介质;

所述换热腔室 (12) 内沿管状壳体 (1) 轴向均匀布设有多个螺旋换热管 (5), 每根所述螺旋换热管 (5) 的一端穿过第二隔板 (3) 后与排气腔室 (13) 连通, 所述螺旋换热管 (5) 的另一端安装有旋流喷头 (6), 所述旋流喷头 (6) 通过第一隔板 (2) 与冷介质暂存腔室 (11) 连通, 所述换热腔室 (12) 的管壁上分别开设有气态热介质入口 (121) 和排液口 (122), 所述气态热介质入口 (121) 靠近冷介质暂存腔室 (11) 一侧开设、且与载气管道连接, 所述排液口 (122) 靠近排气腔室 (13) 一侧开设, 用于排出经换热腔室 (12) 将气态热介质液化后的液体;

所述排气腔室 (13) 上开设有排气口 (131), 用于排出经换热腔室 (12) 将液态冷介质汽化后的气体。

2. 根据权利要求1所述的一种均压螺旋管壳式蒸发器, 其特征在于, 所述换热腔室 (12) 由同轴的第一腔室 (12-1) 和第二腔室 (12-2) 组成, 且所述第一腔室 (12-1) 的直径大于第二腔室 (12-2), 所述气态热介质入口 (121) 设置在所述第一腔室 (12-1) 的管壁上, 用于使刚进入换热腔室 (12) 的气态热介质充分均匀地与螺旋换热管 (5) 接触。

3. 根据权利要求1或2所述的一种均压螺旋管壳式蒸发器, 其特征在于, 多根所述螺旋换热管 (5) 在换热腔室 (12) 内呈多层并按照螺旋线形状交错缠绕布设, 且任意相邻两层螺旋换热管 (5) 之间的间距相同、螺旋缠绕方向相反。

4. 根据权利要求3所述的一种均压螺旋管壳式蒸发器, 其特征在于, 每一层所述螺旋换热管 (5) 均以管状壳体 (1) 的轴心线为中心呈环形阵列布设, 同时每一层所述螺旋换热管 (5) 的根数由内层至外层按顺序递增, 且位于同一层螺旋换热管 (5) 的螺距、螺旋半径、螺旋方向均相同。

5. 根据权利要求1所述的一种均压螺旋管壳式蒸发器, 其特征在于, 所述旋流喷头 (6) 包括喷嘴 (61) 和套设在所述喷嘴 (61) 外部的喷壳 (62), 所述喷壳 (62) 入口端处可拆卸连接有过滤网罩 (63), 出端口处开设有喷流孔 (621), 所述喷嘴 (61) 位于喷流孔 (621) 的一侧环形均布有三个螺旋导流槽 (611)。

6. 根据权利要求1所述的一种均压螺旋管壳式蒸发器, 其特征在于, 所述第一隔板 (2) 由两个间距设置的均压板组成, 且两个均压板上均开设有与螺旋换热管 (5) 数量和位置一一匹配的螺纹孔 (21), 所述旋流喷头 (6) 设于两个均压板之间, 且所述旋流喷头 (6) 的入口端与冷介质暂存腔室 (11) 通过螺纹孔 (21) 连通, 出口端与螺旋换热管 (5) 的入端口连接。

7. 根据权利要求6所述的一种均压螺旋管壳式蒸发器, 其特征在于, 所述旋流喷头 (6) 与第一隔板 (2) 的连接处、旋流喷头 (6) 与螺旋换热管 (5) 的连接处以及螺旋换热管 (5) 与第二隔板 (3) 的连接处均采用密封连接方式, 以防止气体或者液体泄露。

8. 根据权利要求1~7任一项所述的一种均压螺旋管壳式蒸发器, 其特征在于, 所述蒸发器安装时采用垂直或者水平的布设方式, 当垂直布设时, 所述冷介质暂存腔室 (11) 位于管状壳体 (1) 的顶端。

9. 根据权利要求8所述的一种均压螺旋管壳式蒸发器, 其特征在于, 所述制冷剂进液管

(4) 与节流装置连接,用于对流入冷介质暂存腔室(11)的液态冷介质降压。

					/И91.065134.001 ПЗ	Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(19) 国家知识产权局



(12) 实用新型专利



(10) 授权公告号 CN 217110573 U

(45) 授权公告日 2022. 08. 02

(21) 申请号 202220739404.2

(22) 申请日 2022.03.31

(73) 专利权人 济南华博换热设备有限公司

地址 250000 山东省济南市长清区张夏工业园(张夏镇驻地)

(72) 发明人 冯磊 贾文文 冯亮

(74) 专利代理机构 北京华仁联合知识产权代理有限公司 11588

专利代理师 国红

(51) Int.Cl.

F28D 7/00 (2006.01)

F28G 9/00 (2006.01)

F28G 15/00 (2006.01)

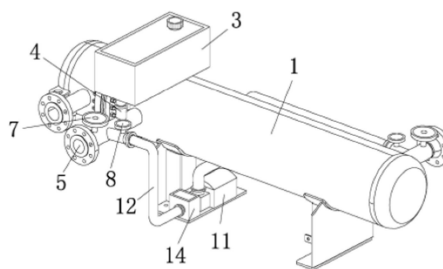
权利要求书1页 说明书3页 附图3页

(54) 实用新型名称

一种管壳式换热器

(57) 摘要

本实用新型涉及管壳式换热器技术领域,具体为一种管壳式换热器,包括换热器本体、换热器支架、药剂箱、进药接头、三通进液嘴、三通出液嘴、第一阀门、第二阀门、第三阀门、第四阀门、循环泵、第一软管、第二软管、滤箱和滤网;本实用新型将三通进液嘴和三通出液嘴代替传统的热交换器的进液接头和出液接头,三通进液嘴和三通出液嘴之间设置有循环清洁结构,在对热交换器本体内部清洁时,三通进液嘴和三通出液嘴可有效的避免拆卸的情况,循环清洁结构的循环泵工作时,可使得热交换器本体内的液体循环的流动,有利于对热交换器本体内部进行清洁,装置结构简单,操作方便。



CN 217110573 U

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН91.065134.001 ПЗ

Арк.

84

1. 一种管壳式换热器, 包括热换器本体 (1), 其特征在于: 所述热换器本体 (1) 的一端处设置用于向热换器本体 (1) 内注入热源液体的三通进液嘴 (5), 所述热换器本体 (1) 远离三通进液嘴 (5) 的一端设置用于热换器本体 (1) 内液体流出的三通出液嘴 (6), 所述三通进液嘴 (5) 和三通出液嘴 (6) 之间设置用于热换器本体 (1) 内液体循环流动具有药剂箱 (3) 的循环清洁结构。

2. 根据权利要求1所述的管壳式换热器, 其特征在于: 所述循环清洁结构包括药剂箱 (3)、循环泵 (11)、第一软管 (12) 和第二软管 (13), 所述热换器本体 (1) 的顶部固定连接有药剂箱 (3), 所述药剂箱 (3) 的底板上固定贯穿安装有连接嘴, 所述三通进液嘴 (5) 与热换器本体 (1) 相连的接头上设置用于药剂箱 (3) 内清洗剂流入到三通进液嘴 (5) 内的进药接头 (4), 所述连接嘴与进药接头 (4) 的顶端固定套接, 所述循环泵 (11) 的输入端通过第一软管 (12) 与三通进液嘴 (5) 的一个接头连通连接, 所述循环泵 (11) 的输出端通过第二软管 (13) 与三通出液嘴 (6) 的一个接头连通连接。

3. 根据权利要求1所述的管壳式换热器, 其特征在于: 所述三通进液嘴 (5) 与第一软管 (12) 连接的一个接头上设置有第一阀门 (7), 所述三通进液嘴 (5) 远离热换器本体 (1) 的一个接头上设置有第一阀门 (7), 所述三通出液嘴 (6) 连接第二软管 (13) 的一个接头上设置有第四阀门 (10), 所述三通出液嘴 (6) 远离热换器本体 (1) 的一个接头上设置有第三阀门 (9)。

4. 根据权利要求1所述的管壳式换热器, 其特征在于: 所述热换器本体 (1) 两端处的底部固定连接有热换器支架 (2), 其中一个所述热换器支架 (2) 上安装有循环泵 (11), 所述循环泵 (11) 的输入端设置用于水垢阻挡的滤箱 (14), 所述滤箱 (14) 内设置有滤网 (15), 滤箱 (14) 相互平行的两块侧板上设置有接头, 两个接头分别对应的与循环泵 (11) 的输入端和第一软管 (12) 的一端连接。

5. 根据权利要求1所述的管壳式换热器, 其特征在于: 所述药剂箱 (3) 底板的连接嘴上设置用于药剂箱 (3) 内清洗剂流出控制的阀门。

6. 根据权利要求1所述的管壳式换热器, 其特征在于: 所述药剂箱 (3) 的顶板上设置用于向药剂箱 (3) 内加注清洗剂的加液口, 加液口上螺纹安装有帽盖, 帽盖上开设有镂空的气孔。

Додаток Г
Публікації автора

					<i>ЛН91.065134.001 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		86

1. Vladimirov Z.D. The modernization of the plant for the butadiene production from ethanol / Vladimirov Z.D., Sachok R.V., Hulienko S.V. // Збірник тез доповідей XXXI всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Обладнання хімічних виробництві підприємств будівельних матеріалів" 5-7 грудня 2022 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2022. – с. 12-15

2. Vladimirov Z.D. The modernization of the plant for the butadiene production from ethanol / Vladimirov Z.D., Sachok R.V., Hulienko S.V. // Збірник тез доповідей XXXII всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Обладнання хімічних виробництві підприємств будівельних матеріалів" 5-7 травня 2023 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2023. – с.

UDC 661.715.3¶

THE MODERNIZATION OF THE PLANT FOR THE BUTADIENE PRODUCTION FROM ETHANOL ¶

Student: ~~Vladimirov Z.D.~~, senior lecturer, Ph.D. ~~Sachok R.V.~~, associate professor, Ph.D. ~~Hulijenko S.V.~~ ¶

National Technical University of Ukraine ¶

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute» ¶

Abstract: The production of butadiene 1,3, its importance and its production by separation from ethanol are considered, a technological scheme is given. ¶

Key words: butadiene, ethanol, separation ¶

¶

МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА БУТАДІЕНУ З ЕТАНОЛУ ¶

студент ~~Владимиров З.Д.~~, старший викладач, ~~к.т.н.~~ ~~Сачок Р.В.~~, доц., ~~к.т.н.~~ ~~Гулієнко С.В.~~ ¶

Національний технічний університет України ¶

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» ¶

Анотація: Розглянуто виробництво бутадієну 1,3, його важливість та отримання шляхом виділення з етанолу, наведено технологічну схему. ¶

Ключові слова: бутадієн, ~~етанол~~, виділення ¶

¶

All modern civilization exists and is supported, first of all, thanks to the production of millions of different products, without which the infrastructure that supports our life cannot work and, if these capabilities are lost, humanity will not be able to live on. Many of these production processes are interconnected and impossible without each other. One of these production processes is the process of producing 1,3-butadiene from ethanol. ¶

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН91.065134.001 ПЗ

Арк.

88

The production of 1,3-butadiene is important and relevant because this substance is necessary for production of butadiene rubbers and ABS (Acrylonitrile butadiene styrene) by polymerization.

Butadiene rubbers are general purpose rubbers. The main field of application is the production of tread and covering (frame, sidewall) tire rubbers. These rubbers are also used in the production of shoe soles, cable insulation, impact-resistant polystyrene, etc. ABS is used for the production of hulls of household appliances and industrial batteries, parts of cars, medical equipment, etc.

Of all the possible processes for the production of butadiene, this scheme was chosen because, while taking into account the fact that the production of butadiene from butane (the most frequently used method in the modern world) at the moment is more economical at large capacities, ethanol is a biofuel the production of which is currently significantly increasing [1], as well as this process requires lower capital costs and becomes profitable at a low price of ethanol [2, 4] therefore this direction is promising.

Diagram of butadiene production from ethanol is presented in fig. 1.

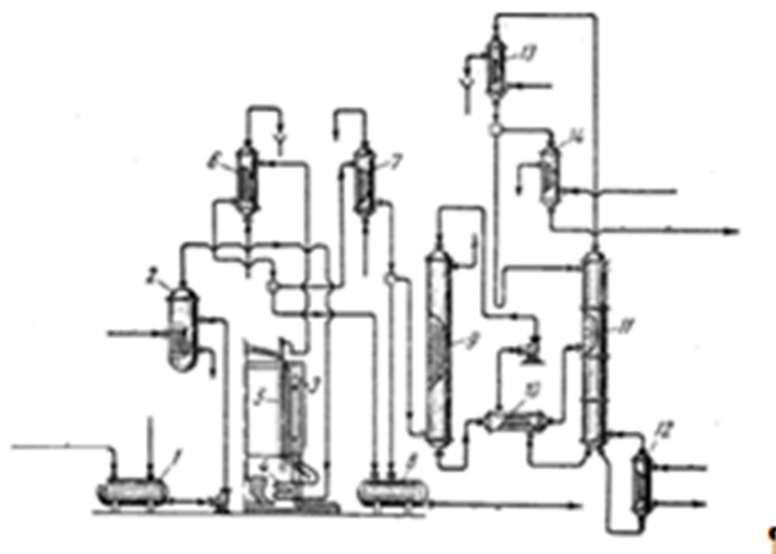


Figure 1. The technological scheme

Ethanol coming from storage in a mix with ethanol returned after regeneration from the other stages of the process enters tubular evaporators, from which ethanol vapors are sent to heaters installed in the retort furnace. There

MODERNIZATION OF THE HEAT EXCHANGER IN THE BUTADIENE PRODUCTION INSTALLATION

Student: Vladimirov Z.D., senior lecturer, Ph.D. Sachok R.V., associate professor, Ph.D. Huliienko S.V.

National Technical University of Ukraine

«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

Abstract: Consideration of the production of butadiene 1,3, its importance and the role of the heat exchanger in obtaining it by separation from ethanol, a proposal for modernization is given.

Key words: butadiene, ethanol, shell-and-tube heat exchanger

†

МОДЕРНІЗАЦІЯ ТЕЛООБМІННИКА УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА БУТАДІЕНУ

студент Владимиров З.Д., старший викладач, к.т.н. Сачок Р.В.

доц., к.т.н. Гулієнко С.В.

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Анотація: Розглянуто виробництво бутадієну 1,3, його важливість та роль теплообмінника в отриманні шляхом виділення з етанолу, наведено пропозицію щодо модернізації.

Ключові слова: бутадієн, етанол, кожухотрубний теплообмінник

All modern civilization exists and is supported, first of all, thanks to the production of millions of different products, without which the infrastructure that supports our life cannot work and, if these capabilities are lost, humanity will not be able to live on. Many of these production processes are interconnected and impossible without each other. One of these production processes is the process of producing 1,3-butadiene from ethanol.

The production of 1,3-butadiene is important and relevant because this substance is necessary for production of butadiene rubbers and ABS (Acrylonitrile-butadiene-styrene) by polymerization.¶

Methods of butadiene production include: 1) Extraction from C_4 hydrocarbons by mixing them with steam and briefly heating to very high temperatures hydrocarbons give up hydrogen to produce a complex mixture of unsaturated hydrocarbons, including butadiene. [1]¶

2) From dehydrogenation of n-butane which This entails treating butane over alumina and chromia at high temperatures.¶

3) by catalytic dehydrogenation of normal butenes¶

4) From ethanol by simultaneous dehydrogenation and dehydration of ethyl alcohol in the presence of aluminum and zinc oxides.¶

Shell-and-tube heat exchanger plays very important role in the production of butadiene from ethanol since this structure performs an important role, evaporating ethyl alcohol for use in contact decomposition and removal of impurities. [2]¶

However there are some factors that limit productivity and usefulness of heat exchanger, one of such factors being equipment erosion from streams of ethanol that goes through fittings as it can severely worsen the performance of or even destroy various parts, such as pipes, partition plates and even casing.¶

There are a lot of ways to remedy this problem which include various designs one of them being liquid separation device, such as this¶

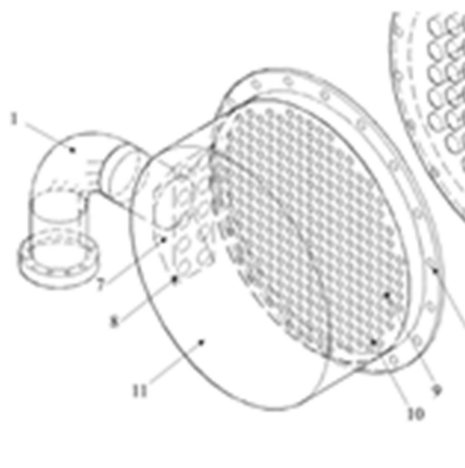


Fig.1 - Design of protective device¶