

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

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

Рівень вищої освіти - перший (бакалаврський)

Напрямок підготовки: 13 – Машинобудування

Спеціальність: 133 – Галузеве машинобудування

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____Ярослав КОРНІЄНКО

“__” _____-20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект студенту

Соломоновій Вікторії Едуардівні

1. Тема проекту: Модернізація випарника установки виробництва метанолу.

Керівник проекту Степанюк А.Р. кандидат технічних наук, доцент

Затверджена наказом по університету від “16.” 0420 р. №_

2. Термін подання студентом проекту: 1 червня 2021р.

3. Вихідні дані до проекту: продуктивність за метанолом 1кг/с; температури димових газів: на вході в апарат – 600 С, на виході – 400 С; робочий тиск в міжтрубному просторі -0.12 МПа .

4. Зміст пояснювальної записки:

а) основна частина: розглянути існуючі конструкції випарників, обґрунтувати вибір конструкції апарата; проаналізувати обрану конструкцію в порівнянні з кращими вітчизняними та

світовими аналогами; здійснити розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції апарата: параметричний, конструктивний та гідравлічний, розрахунки на міцність і надійність елементів конструкції апарата; виконати складальне креслення випарника та його основних складальних одиниць і деталей; розробити рекомендації щодо монтажу та експлуатації парогенератора; здійснити оцінку рівня стандартизації та уніфікації розробки;

б) економічна частина: обґрунтувати модернізацію установки та оцінити її ефективність;

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

г) рекомендації щодо монтажу та експлуатації: надати рекомендації щодо монтажу та експлуатації парогенератора;

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових

креслеників, плакатів, презентацій тощо): принципова схема установки – А1, кресленик складальний: парогенератор – А1, корпус – А1, трубчатка – А2.

6. Консультанти розділів проекту:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Андрій Ковтун канд. техн. наук, доцент		
Очікувані техніко-економічні показники застосування установки	Сергій Гулієнко канд. техн. наук, доцент		

6. Дата видачі завдання:

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	2	3	4
1	Узгодження теми, вихідних даних, визначення джерел інформації. Обґрунтування актуальності проекту.	16.04.21	
2	Патентне дослідження. Формування змісту модернізації (на основі зміни технологічної схеми, конструкції апарату, його елементів, речовин).	18.04.21	
3	Опис установки. Схема установки. Вибір і опис конструкції парогенератора. Технічна характеристика установки апарату. Добір матеріалів.		
4	Параметричний розрахунок: визначення основних розмірів апарату. Розрахунок гідравлічного опору апарату	22.04.21	
5	Розробка складальних креслень апарату і його складальних одиниць. Добір конструктивних параметрів конструктивних елементів випарника	24.04.21	
6	Розрахунки на міцність. Розробка алгоритмів та програм розрахунку.	26.04.21	
7	Уточнення графічної частини проекту та специфікацій	15.05.21	
8	Обґрунтування економічної доцільності модернізації	20.05.21	
9	Розробка вимог до апарату щодо питань охорони праці	25.05.21	

1	2	3	4
10	Оформлення пояснювальної записки. Перевірка відповідності проекту діючим нормам за змістом і оформленням. Підготовка до захисту. Складення плану викладення доповіді, окремих питань.	30.06.21	
11	Попередній захист проекту	01.06.21	
12	Корегування проекту за результатами попереднього захисту. Отримання рецензії, відзиву. Підготовка до захисту	11.06.21	

Студент

_____ Вікторія Соломонова
(підпис)

Керівник дипломного проекту

_____ Андрій Степанюк
(підпис)

РЕФЕРАТ

УДК 661.721

Модернізація парогенератора установки виробництва метанолу:
Дипломний проект освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр»/ КПІ ім. Ігоря
Сікорського; Керівник А. Р. Степанюк – К., 2021. –122 с.: Викон. –В.Е.
Соломонова – Бібліогр.: с.

Пояснювальна записка складається із вступу, 8 розділів, висновків,
переліку посилань із 26 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 127 с.
основного тексту, 16 рисунків, 9 таблиць і 4 додатків.

Метою проекту є модернізація парогенератора для отримання метанолу у
процесі його виробництва, щодозволяє підвищити ефективність роботи
парогенератора за допомогою удосконалення конструкції шляхом заміни
стандартних труб, на труби з оребренням.

Поставлена задача досягається аналітичним визначення основних розмірів
апарата, виконанням параметричного, конструктивного, гідравлічного
розрахунків та розрахунків на міцність основних вузлів та деталей конструкції,
розробкою рекомендації до монтажу та експлуатації парогенератора,
здійсненням оцінки рівня стандартизації та уніфікації розробки, економічним
обґрунтуванням модернізації апарата та оцінювання його ефективності,
проведенням аналізу відповідності апарату до вимог охорони праці. Виконано
аналіз результатів та зроблено висновки. Наведено список використаної
літератури.

Графічна частина дипломного проекту включає три креслення формату
А1, що містить: технологічну схему виробництва метанолу, складальне
креслення парогенератора, креслення корпусу, креслення трубчатки.

ПАРОГЕНЕРАТОР, ТРУБИ З ОРЕБРЕННЯМ, МЕТАНОЛ.

РЕФЕРАТ

УДК 661.721

Модернизация парогенератора установки производства метанола:
Дипломный проект образовательно-квалификационного уровня «бакалавр» /
КПИ им. Игоря Сикорского; Руководитель А. Р. Степанюк - М., 2021. - 122 с.:
Выполн. –В.Е. Соломонова - Библиогр.: с.

Пояснительная записка состоит из введения, 8 глав, заключения, списка ссылок с 26 наименований. Общий объем работы составляет 122 с. основного текста, 16 рисунков, 9 таблиц и 4 приложений.

Целью проекта является модернизация парогенератора для метанола в процессе его производства, что позволяет повысить эффективность работы парогенератора с помощью усовершенствования конструкции путем замены стандартных труб, на трубы с оребрением.

Поставленная задача достигается аналитическим определением основных размеров аппарата, выполнением параметрического, гидравлического расчетов и расчетов на прочность основных узлов и деталей конструкции, разработкой рекомендации к монтажу и эксплуатации теплообменника, осуществлением оценки уровня стандартизации и унификации разработки, экономическим обоснованием модернизации аппарата и оценкой его эффективности, проведением анализа соответствия аппарата с требованиями охраны труда. Выполнен анализ результатов и сделаны выводы. Приведен список использованной литературы.

Графическая часть дипломного проекта включает три чертежи формата А1 , содержащую: технологическую схему производства метанола, сборочный чертеж теплообменника, чертеж корпуса, , чертеж трубчатки.

ПАРОГЕНЕРАТОР, ТРУБЫ С ОРЕБРЕНИЕМ, МЕТАНОЛ.

ABSTRACT

UDC 661.721

The Bachelor Diploma project on the theme: “Modernization of the heat exchanger of the methanol production plant”. /National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”; Supervisor: AR Stepaniuk - K., 2021. – 122 p.: Performer. –V. Solomonova- Bibliography: p.

The explanatory note consists of an introduction, 8 chapters, a conclusion, a list of references of 26 titles. The total amount of work is 122 pages. A main text: 16 figures, 9 tables and 4 addendums.

The objective of the study is the modernization of the shell and steam generator for cooling methanol during it`s production, which allows to improve the efficiency of the heat exchanger by improving the design, by replacing standard pipes with pipes with finning.

This object is achieved by the analytical determination of the main dimensions of the unit, the parametric analysis, the constructive calculations, the hydraulic calculations and calculations of the strength of the basic units and parts of the design, the development of recommendations for mounting installation and operation of the plate heat exchanger, the implementation assessment of the level of standardization and harmonization of development, the modernization of the system and justification of the assessment of its effectiveness; the analysis of correspondence of the requirements of the labor protections was conducted; the basic safety apparatus operation was outlined. The analysis of the results and conclusions was done. A list of references is given

The graphical part of the Diploma project consists of three drawings A1 and two drawings A2 format, comprising: the technological scheme of methanol production, assembling drawing of a steam generator, drawing of a case, , drawing of tubule.

STEAM GENERATOR, PIPES WITH FINNING, METHANOL.

Зміст

Вступ.....	13
1 Призначення та область використання апарата	15
1.1 Опис технологічної схеми	15
1.2 Вибір типу апарата та його місце в технологічній схемі	16
2 Технічна характеристика	18
3 Опис та обґрунтування вибраної конструкції парогенератора	19
3.1 Опис конструкції, основних складальних одиниць та деталей апарата	19
3.2 Вибір матеріалів	20
3.3 Порівняння основних показників розробленої конструкції з аналогами	22
3.4 Патентний огляд конструкцій	28
4 Охорона праці	29
5 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкцій... ..	35
5.1 Параметричний розрахунок	35
5.2 Визначення розмірів штуцерів.....	44
5.3 Гідравлічний розрахунок.....	46
5.4 Розрахунок товщини стінки циліндричної обичайки.....	48
5.5 Розрахунок еліптичного днища	50
5.6 Розрахунок фланцевого з'єднання.....	51
5.7 Розрахунок опор парогенератора.....	62
5.9 Розрахунок теплової ізоляції.....	73
5.10 Розрахунок укріплення отворів.....	76

					ЛН71.065116.001 ПЗ			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Разроб.		Соломонова В.Е.			Модернізація випарника установки виробництва метанолу	Літ.	Лист	Листів
Перев.		Степанюк А.Р.					10	
						КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ, МАХНВ		
Н.Контр.								
Затв.								

6 Рекомендації щодо монтажу та експлуатації апарату.....	78
7 Рівень стандартизації та уніфікації.....	80
8 Техніко-економічне обґрунтування модернізації.....	79
Висновки.....	89
Выводы.....	90
Conclusion.....	91
Перелік посилань.....	92
Додаток А Документація до патентного дослідження.....	96
Додаток Б Комп'ютерний розрахунок елементів теплообмінника.....	102
Додаток В Патенти, які використані в патентному дослідженні.....	105
Додаток Г Публікації автора.....	112

Перелік скорочень, умовних позначень та термінів

Умовні позначення:

F – площа теплообміну, м^2 ;

H, h – висота, м;

C – прибавка до розрахункової товщини, м;

D, d – діаметри, м;

m – маса, кг;

G – витрата, кг/с ;

Q – витрати теплоти, кг/с ;

t – температура, К;

α_1 – коефіцієнт тепловіддачі з боку метанолу, $\text{Вт/м}^2 \cdot \text{град}$;

α_2 – коефіцієнт тепловіддачі зі сторони димових газів, $\text{Вт/м}^2 \cdot \text{град}$;

K – коефіцієнт теплопередачі, $\text{Вт/м}^2 \cdot \text{град}$;

Критерії:

Nu – критерій Нуссельта;

Re – критерій Рейнольдса;

Pr – критерій Прандтля.

					ЛН71.065116.001 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

На сьогоднішній день в Україні та світі метанол застосовується у багатьох галузях. Загальносвітові потужності виробництва метанолу сягають близько 95 тон/рік. У хімічній промисловості метанол застосовується у якості напівпродукту для багатьох промислових синтезів. В найбільшій кількості метанол використовується для отримання формальдегіду. У нафтопереробній промисловості метанол слугує селективним розчинником для очистки бензинів від меркаптанів, азеотропним агентом під час виділення толуолу ректифікацією. Враховуючи те, що метанол має високе октанове число – він може використовуватись як паливо для двигуна. Також, використовується для переестерифікації рослинних олій у біодизель.

Метанол містить різноманітні азеотропні суміші, через це край важливим є його очистка, для отримання чистого продукту. Чистий метанол отримується за допомогою багаторазової ректифікації.

Отже, модернізація установки виробництва метанолу є актуальним питанням яке потребує вирішення.

Метою роботи є проектування та модернізація парогенератора, який використовується для отримання парів метанолу.

У роботі необхідно описати конструкцію випарника 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 щодо охорони праці. Провести параметричний розрахунок випарника та розрахунки на міцність основних деталей та вузлів конструкції. Надати рекомендації щодо монтажу та експлуатації та визначити рівень стандартизації та уніфікації парогенератора. Виконати техніко – економічне обґрунтування модернізації апарату. Виконати креслення технологічної схеми, складального креслення парогенератора, розподільчої

					ЛН71.065116.001 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

камери, корпусу, кришки.

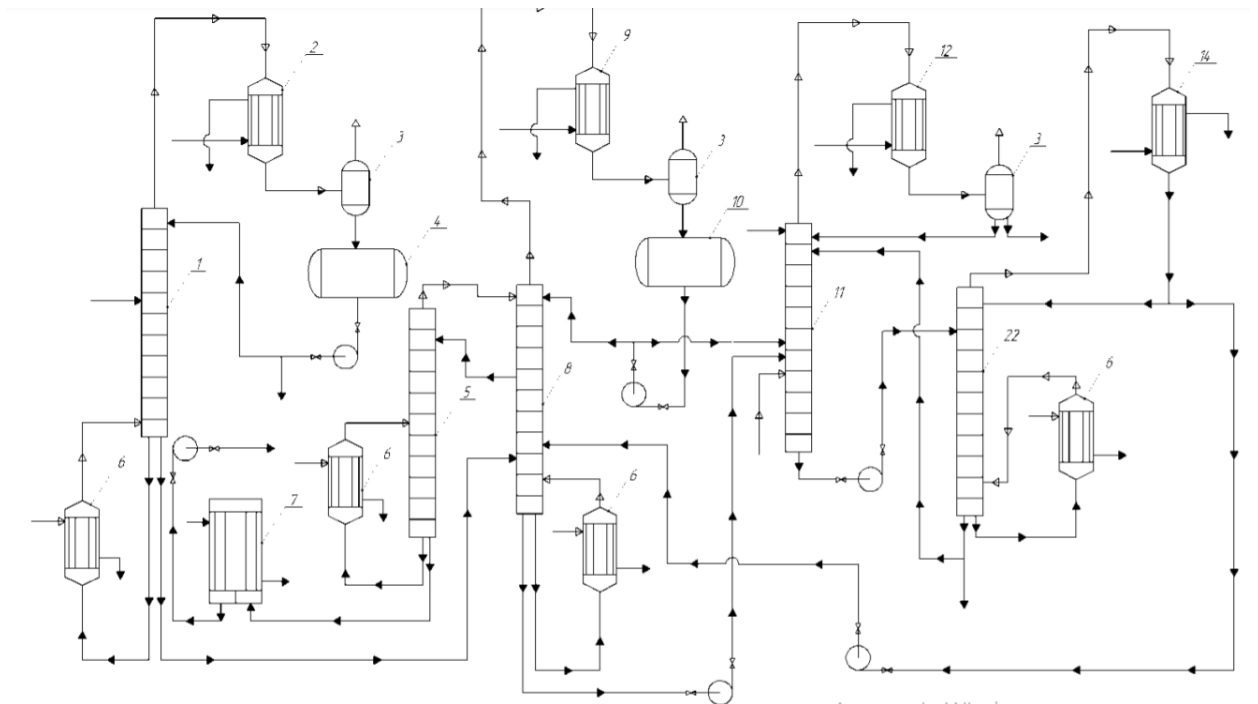
Дані для проектування були отримані 16.04.2021 р.

					ЛН71.065116.001 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 Призначення і область використання апарата

1.1 Опис технологічної схеми

Технологічна схема виробництва метанолу зображена на рисунку 1.1.



1, 5, 8, 13 – ректифікаційні колони ; 2, 9, 12, 14 – конденсатори;
3 – сепаратори; 4, 10–збірники; 5 – випарний апарат; 6 – кип'ятильник;
7– теплообмінник; 11 – колона екстрактивної перегонки;

Рисунок 1.1 – Схема отримання метанолу.

Процес відгонки диметилового етеру зі спирту-сирцю відбувається у ректифікаційній колоні 1. Пари етеру потрапляють у конденсатор 2. Відокремлений від газів конденсат, що не конденсуються у сепараторі 3 наповнює збірник 4, звідси частина етеру подається на зрошення колоні 1, а інша прямує у спеціальний сховок. Кубовий залишок із колоні 1 транспортується в колону 8, із якої виділяють три фракції. З середніх тарілок від'єднується метиловий спирт

					ЛН71.065116.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

з деяким вмістом домішок які є низькокиплячими, відокремлених у колоні 5; із кубової частини колони 5 виходить метанол, щоб бути охолодженим у теплообмінному апараті 7, потім транспортується у спеціальне сховище. З верхніх тарілок ректифікаційної колони 8 відправляють пари низькокиплячих сполук зі значною частиною парів метанолу. Пари надходять у конденсатор 9; після розділення від газів у сепараторі, конденсат потрапляє в збірник 10. Частина даного конденсату використовується як флегма для зрошення колони 8, а залишок відводиться в колону 11. Рідина із колони 8 також транспортується у колону 11. Для обігріву колони екстрактивної перегонки 11 використовується застосовується перегріта пара, а для її зрошування використовується вода. При розбавленні рідини азеотропні суміші нейтралізуються чим покращується відгонка домішок з спирту. Домішки у пароподібному вигляді конденсуються в апараті 12; певна частина конденсату направляється на зрошення колони 11, а залишок видаляється. Сполуки, які не були конденсовані після відділення від рідини у сепараторі 3 викидаються в атмосферу. Із нижньої частини колони 11 розведений метанол поступає в ректифікаційну колону 13. Концентрований метанол із конденсатора 14 відправлений у колону 8 для виділення метанолу. Частка кубового розчину із колони 13 потрапляє на зрошення колони екстрактивної перегонки 11 і те що залишається виводять з виробництва.

1.2 Вибір типу апарата та його місце в технологічній схемі

Парогенератор був створений для передачі теплоти з утворенням необхідної пари. Димові гази виступають у ролі гарячого агенту. Створений метанол, надходить в міжтрубний простір, а димові гази поступає у трубний простір. Для процесу створення метанолу необхідний апарат, який би відповідав вимогам технічних умов. Враховуючи те, що різниця температур між теплоносіями перевищує 50 К, додаткові засоби для зняття термічних напружень зміни форми корпусу і труб не є необхідними. Враховуючи, що у випарнику не передбачені особливі умови виробничого процесу, окрім значних температурних навантажень,

					ЛН71.065116.001 ПЗ	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обираємо парогенератор з паровим простором. Випарники цього типу більш розповсюдженні та зручні у роботі.

Область застосування: хімічна.

					ЛН71.065116.001 ПЗ	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 Технічна характеристика

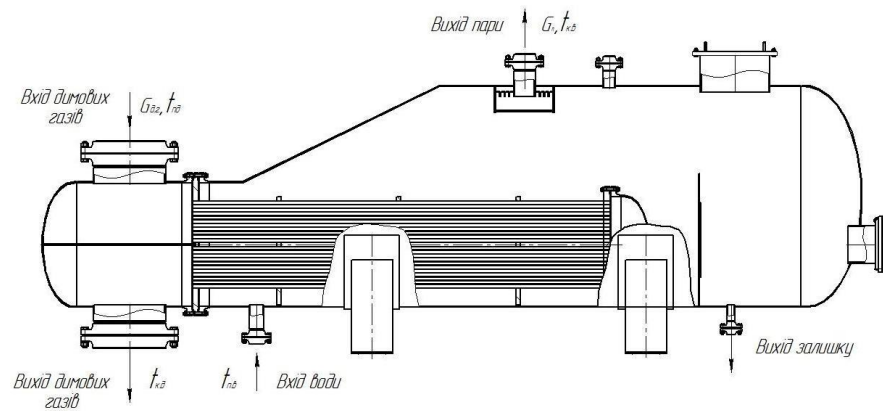
Тиск у трубному просторі, МПа	0,12;
тиск у міжтрубному просторі, МПа	0,1;
початкова температура метанолу, К	338;
кінцева температура метанолу, К	338;
початкова температура димових газів, К	873;
кінцева температура димових газів, К	673;
загальна поверхня теплообміну, м ²	310;
загальна кількість труб, шт	1720;
діаметр апарата, м	2;
зовнішній діаметр труб, м	0,21;
внутрішній діаметр труб, м	0,25;
довжина труб апарата, м	2;
товщина стінки апарата, м	0,1;
довжина апарата, м	6;
ширина апарата, м	2,05;
висота апарата, м	2,3;
маса апарата, кг	7560.

					ЛН71.065116.001 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 Опис та обґрунтування вибраної конструкції парогенератора

3.1 Опис конструкції, основних складальних одиниць та деталей апарата

Схема показана на рисунку 3.1.



1-корпус; 2-кришка; 3-рухома трубчатка; 4-труби;
5-нерухома трубна решітка; 6-розподільна камера;
7-кришка розподільної камери; 8-опори

Рисунок 3.1 – Схема конструкції парогенератора

Парогенератор для представляє собою однокорпусний теплообмінний апарат горизонтального типу та складається з наступних складових частин, зображених на рисунку 3.1.

Корпус визначає основні габарити парогенератора, в ньому установлені вхідний та вихідний входи, теплообмінна поверхня у вигляді пучка теплообмінних труб. Корпус має вид зварений циліндричний посудини витягнутої форми, по торцям якого зодної сторони є розміщений люк - лаз доступу в об'єм вторинного контуру. На корпусі також розміщені патрубки підводу та відводу теплоносія первинного контуру, патрубки відводу пари, патрубків подачі димових газів, а також інші патрубки та люки технологічного призначення

3.2 Вибір матеріалів елементів конструкцій апаратів

Сталі 12X18H10T використовується для виготовлення корпус парогенератора, еліптичного днища, розподільчої камери, штуцера, фланців, перегородки, та опори згідно з [6].

Сталь 12X18H10T , працює в проміжку температур від мінус -30 °C до 500 °C та тиску до 10 МПа [8] та відповідає вимогам [7]

Труби апарата були виготовлені із сталі 12X18H10T згідно [9] та [10]. Працює в проміжку температур від мінус – 30 °C до 550 °C та тиску до 10 МПа.

Сталь 35Х була використана для створення болті відповідно до ГОСТ 7798-70, ISO4014. Згідно вимог ГОСТ 5915-70 вибираємо гайки.

Згідно ГОСТ 6402-70 виготовляємо шайби.

Паронітові прокладки конструюється згідно ГОСТ 15180-86 та ГОСТ 28759.6-90. Дана типова прокладка може бути використана при тиску, який не буде перевищувати 2,5 МПа.

3.3 Порівняння основних показників розроблених конструкцій апаратів з аналогами

Мета: порівняльна характеристика конструкцій створених парогенераторів з вибраним апаратом.

Основними вимогами при конструюванні та виборі парогенератора є: забезпечення найбільш високого коефіцієнта тепловіддачі; найменша витрата матеріалів та компактність виконаного апарата, більша надійність конструкції у поєднанні з доступністю поверхні теплообміну для очищення від забруднень; уніфікація вузлів і деталей; тощо

Для підвищення коефіцієнта тепловіддачі встановлюємо труби з

					ЛН71.065116.001 ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

оребрением. Одной труба решётка спрощёт конструкцию самого аппарата. Значимым недостатком является сложность очищения трубчатки.

У таблице 3.1 подана коротка порівняльна характеристика даних парогенераторів.

Таблиця 3.1 – Порівняльна характеристика парогенераторів

Основні технологічні показники	Із оребреними трубками	Із гладкими трубками	З нагріванням у печі	
Загальна продуктивність , бали (1 – 4)	2	2	2	
Коефіцієнт тепловіддачі бали (1 – 4)	4	2	2	
Складність виготовлення, бали (1 – 4)	3	4	4	
Складність експлуатації, бали (1 – 4)	2	4	4	
Габарити, бали (1 – 4)	3	4	4	
Σ	15	16	16	

Висновок: Створена нами порівняльна характеристика теплообмінного апарата, що проектується показала, що обрана конструкція парогенератора, відповідає технічним умовам та є найбільш раціональною в експлуатації.

3.4 Патентний огляд конструкцій

Об'єктом порівняння та перевірки патентів розрахованої конструкції парогенератора проведемо пошук по базі даних патентів. Результати пошуку наведені в додатку А. Предметом пошуку в базі даних є парогенератор. Для більш детального аналізу було обрано патенти [1-3].

Вивчення вибраних конструкцій дозволяє приводить до висновку, що значна кількість патентів орієнтована на створення різноманітних конструкцій парогенераторів.

У проектованому апараті не використовуються новаторства інших інженерів, які є захищені діючими патентами, апарат не є представлений у базі даних патентів.

Парогенератор, що зображений на рисунку 3.2, може застосовуватися в хімічній галузі промисловості.

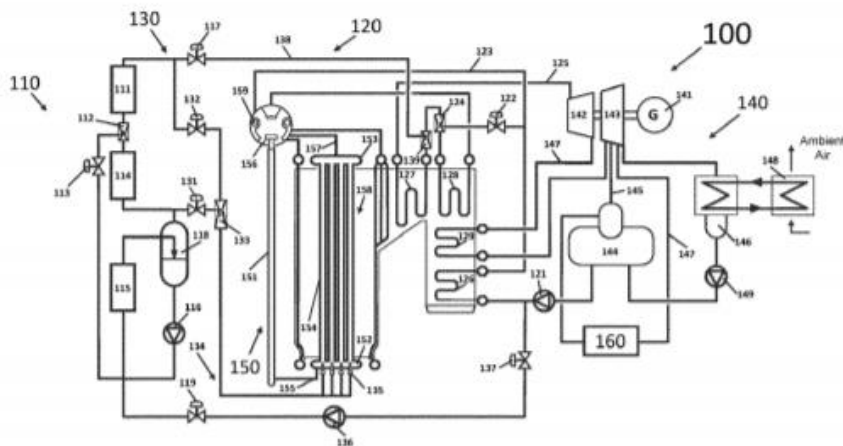
Переваги апарата:

- 1) покращена тепловіддача;
- 2) висока ефективність роботи порівняно з аналогами.

Недоліки апарата:

- 1) складність технічного обслуговування парогенератора та його монтаж;
- 2) Висока вартість окремих деталей.

					ЛН71.065116.001 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



110-Секція генерації пари високого тиску; 120-паливний котел; 132- паровентиляційний клапан; 134- контур нагнітання пари; 135-пароінжектор ; 5-нерухома трубна решітка; 6-розподільна камера; 154-труба котла; 158-пучок труб

Рисунок 3.2 – Схема парогенератора

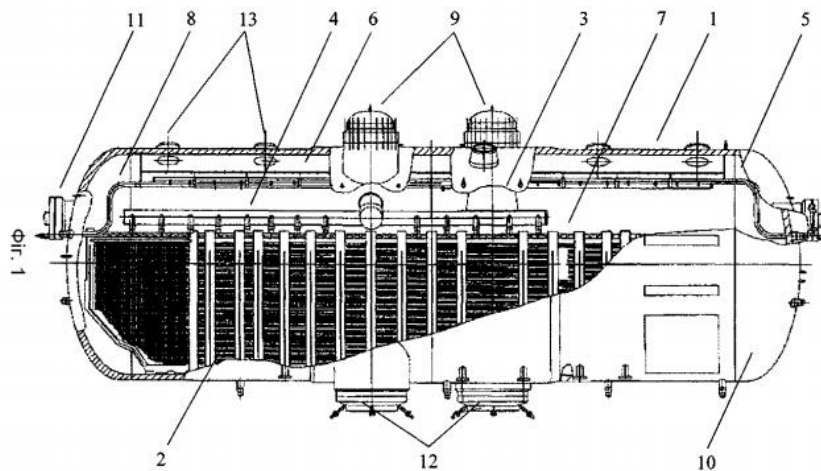
Парогенератор з горизонтальним пучком теплообмінних труб що зображений на рисунку 3.3, може бути використаний в хімічній та енергетичній промисловостях.

Переваги апарата:

- 1) Підвищена довговічність;
- 2) Апарат високої потужності.

Недоліки апарата:

- 1) Висока металомісткість;
- 2) Складність транспортування та монтажу.



UA 121124 C2

1 – корпус; 2 – трубний пучок; 3 – вхідний та вихідний колектори; 4 – пристрій підводу та розподілу живильної води; 5 – підводу та розподілу живильної води в аварійних режимах; 6 – стельовий дірчастий лист; 7 – понурений дірчастий лист; 8 – пристрій подачі хімічних реагентів; 9 – люки вторинного контуру; 10 – еліптичні днища; 11 – люки - лази; 12 – патрубки підводу та відводу теплоносія.

Рисунок 3.3 – Схема парогенератора

Парогенератор, що зображений на рисунку 3.4, може бути використаний для відводу тепла з водяного енергетичного реактора тощо.

Переваги апарата:

- 1) Ефективність відводу тепла вище ніж в інших моделей;
- 2) Порівняно вища стійкість труб;

Недоліки апарата:

- 1) Висока складність конструкції;
- 2) Висока складність експлуатації;
- 3) Висока мателоемність;



1-корпус; 2-кришка; 3-рухома трубчатка; 4-труби;
5-нерухома трубна решітка; 6-розподільна камера;
7-кришка розподільної камери; 8-опори

Рисунок 3.4 – Схема парогенератора

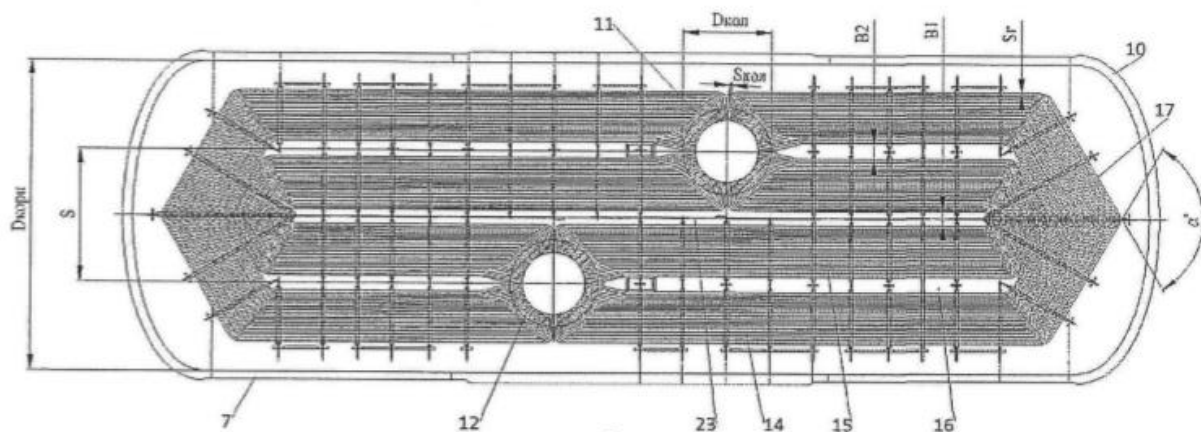
Горизонтальний парогенератор , що зображений на рисунку 3.5, може застосовуватися в електроенергетиці, тощо.

Переваги апарата:

- 1) Робота в радіоактивними теплоносіями;
- 2) Помірна швидкість навантаження

Недоліки апарата:

- 1) Висока складність конструкції ;
- 2) Висока складність експлуатації ;
- 3) Висока мателосємність;



7-корпус; 10-еліптичні днища; 11,12-патрубки підводу та відводу теплоносія.; 14,15-пучок теплообмінних труб; 16 - міжтрубні коридори
17- зовнішня труба; 23-зовнішня труба;
24-гідроамортизатори.

Рисунок 3.4 – Схема горизонтального парогенератора

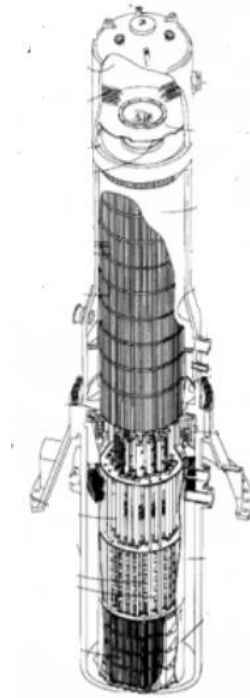
Композитний парогенератор [3], що зображений на рисунку 3.5 може бути використаний в хімічній, нафтохімічній та газовій промисловостях .

Переваги апарата:

- 1) Робота в їдкими речовинами;
- 2) Помірна швидкість навантаження

Недоліки апарата:

- 1) Висока складність конструкції ;
- 2) Висока складність експлуатації ;
- 3) Висока мателоемність;
- 4) Складність монтажу



1 – корпус; 2 – трубний пучок; 3 – вхідний та вихідний колектори; 4 – пристрій підводу та розподілу живильної води; 5 – підводу та розподілу живильної води в аварійних режимах; 6 – стельовий дірчастий лист; 7 – понурений дірчастий лист; 8 – пристрій подачі хімічних реагентів; 9 – люки вторинного контуру; 10 – еліптичні днища; 11 – люки - лази; 12 – патрубки підводу та відводу теплоносія.

Рисунок 3.4 – Схема вертикального парогенератора

Висновок: в наслідок проведення патентного пошуку зафіксовано, що обрані для порівняння корисні моделі відносяться як апаратів цілому, так і його складових частин; проведені дослідження дає можливість зробити узагальнення, що в галузі створення теплообмінних апаратів основні наукові думки направлені на пошук конструктивних рішень в напрямках підвищення ефективності роботи апаратів та зниження їх собівартості, шляхом встановлення продуманих деталей. Патентний оглядом встановлено, що розрахований парогенератор з оребреними трубами є готовим до експлуатації.

4 Охорона праці

Охорона праці включає в себе розгляд таких питань, як безпека праці та запобігання травматизму, аварійних ситуацій та захворювань пов'язаних з професійною діяльністю, питання з правової охорони праці. Розрахунки та рекомендації обрані з [11]

Відповідно до теми дипломного проекту «Модернізація парогенератора установки виробництва метанолу» на стадії виробництва при роботі лінії розробляються заходи щодо забезпечення безпечних умов праці.

Установка встановлюється в цеху, обслуговується оператором, який працює у кабіні оператора. $S=20 \text{ м}^2$; $V=60 \text{ м}^3$.

Метанол пожежо- та вибухонебезпечна речовина. Для вводу метанолу використовується метанольна установка.

Небезпечними виробничими факторами є:

- повітря робочої зони ;
- вибухо- та пожежна небезпека;
- виробничий шум;
- електронебезпечка
- промислове освітлення;

4.1 Повітря робочої зони:

Оператор виконує свою роботу у стаціонарній установці. Таку роботу відносять до легкої категорії робіт. Витрати енергії при таких умовах праці складають більше 90 - 120 ккал/год. У зв'язку з цим передбачено можливість відпочинку персоналу в закритому приміщенні.

					ЛН71.065116.001 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Параметри мікроклімату приміщення, а саме температури повітря, параметри відносної вологості, швидкості переміщення повітря в робочій зоні (таблиця 4.1).

Таблиця 4.1 – параметри повітря

Сезон року	Категорія робіт – Іа		
	Оптимальна температура, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря(не більше ніж), м/с
Холодний	16-18	40-60	0,1
Теплий	18-20	40-60	0,4

Параметри повітря робочої зони відповідають 3.3.6.042-99 “Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень”. Забезпечення параметрів здійснюється в зимовий час за допомогою водяного опалення з температурою теплоносія 70-90 °С, а в теплий час року вентиляцією.

Шкідливою речовиною у виробництві є метанол та його пари. За ГДК шкідливих речовин у повітрі вміст метанолу не повинен перевищувати 5 мг / м³. При досягненні даної концентрації – автоматично вмикається система примусової вентиляції. Після цих заходів, фактична концентрація не перевищує 2 мг / м³.

Використовуються такі індивідуальні засоби захисту: Респіратор Клен ГП КД, відповідно ГОСТ 12.1.005-88/98 “Система стандартів безпеки праці”.

4.2 Пожежна безпека:

Температура самоспалахування метанолу 450°С.

Категорія приміщень В, відповідно до ДСТУ Б В.1.1-36:2016 клас зони 2. Вогнестійкість будинку за В.1.1-7:2016 “Пожежна безпека об'єктів будівництва” має відповідати степені вогнестійкості ІІ. Серед причин, що можуть викликати спалахування, найбільше ймовірними є :

Серед причин, що можуть викликати спалахування , найбільше ймовірними є :

- використання вогню в неналежному місці;
- загоряння ізоляції електропроводки;
- несправність електроустаткування.

Запобігання загоряння забезпечується такими мірами:

- паління тільки у відведених для цього місцях;
- дотримання технологічних норм і правил експлуатації;
- своєчасне проведення інструктажу з техніки безпеки серед обслуговуючого персоналу;
- організація агітації по протипожежній безпеці;
- наявність засобів пожежегасіння в безпосередній близькості від установки(пісок, ковдри, вогнегасники).

Для гасіння невеликих ділянок загоряння при відключеному електроустаткуванні застосовують вуглекисневі вогнегасники ОУ-5 (3 шт.) згідно ГОСТ 8050-85 “Окис вуглецю газоподібний та рідкий”. Для гасіння включених електромереж приймаємо порошкові вогнегасники ОП-10 (3 шт.) згідно ГОСТ 30612-99 “ Пожежна техніка. Вогнегасники пересувні. Загальні технічні вимоги ”.

У приміщенні з установкою, на відстані 30 метрів один від одного встановлені пожежні гідранти з рукавами довжиною до 10 метрів. Відстань до пожежного виходу не більш 40 метрів.

Кількість виходів - не менш двох. Ширина прорізу двері евакуиходу - 2 метри. Двері евакуиходу відкриваються назовні.

Захист навколишнього середовища забезпечується наявністю витяжного устаткування. Продукти надходять на підприємство в герметичних контейнерах.

4.3 Виробничий шум:

Джерелами шуму на установці є:

- насоси;

					ЛН71.065116.001 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- електродвигуни.

Фактичний рівень шуму у цеху $L = 95 \text{ дБА}$.

Заходи, для зниження рівня шуму:

- персонал використовує навушники ПШН-Б;
- установка захисних кожухів і екрану.

Після вживання відповідних заходів рівень шуму не перевищує допустимих величин, установлених за 3.3.6.042-99 “Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень” (80 дБА) і дорівнює 70 дБА.

4.4 Електробезпека:

Для живлення установки використовується трифазна напруга 220/380 В з частотою 50 Гц. Нейтраль ізольована.

Причини ураження струмом обслуговуючого персоналу можуть бути такими:

- помилкове включення установки;
- старіння ізоляції і втрата нею ізоляційних властивостей;
- випадки дотику людей до відкритих струмопровідних частин електроустаткування;
- старіння ізоляції і втрата нею ізоляційних властивостей;
- дотик до частин установки, що можуть опинитися під напругою у випадку короткого замикання.
- пробій на корпус.

Обов'язково нанести червоні незмивні знаки "Земля" біля затискачів заземлення .

Ізоляція, а саме її електрична міцність - перевіряється на випробувальну напругу 200 В частотою 50 Гц протягом 1 хвилини.

Опір ізоляції має бути не менше 0,5 МОм.

					ЛН71.065116.001 ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Електрична апаратура, яка встановлена всередині приміщень, має ступінь захисту IP–54 .

Ізоляція провідників вимірюється за допомогою мегаомметра 11044 ТУ 25–04–798–18.

Напруга вимірюється за допомогою вольтметра 351512 ТУ 25–04–1970–80.

Ступінь захисту електричної апаратури всередині приміщень контролюється .

Захисне заземлення в аварійному режимі $R_{\text{зз}} = 3,8 \text{ Ом}$.

З метою запобігання травм приймаються такі заходи безпеки:

- рубильники вмикання установки знаходяться у спеціальній шафі;
- вузли установки, що можуть виявитися під напругою, мають зажими для приєднання заземлення.;
- сигнальні лампи індикації вмикання електроустаткування виведені на панель керування;
- дроти проведені в металевих рукавах ;
- передбачається спеціальне захисне вимикання електродвигунів у випадку враження людини струмом.

4.5 Освітлення:

Для забезпечення виробничої діяльності на підприємствах необхідно правильно спроектувати та виконати освітлення. Від умов освітлення, у значній мірі, залежить стан нервової системи людини, зору та безпека на виробництві.

Використання природного освітлення приміщень вимагається санітарними нормами, тому що воно стимулює і нормалізує роботу різних систем організму та покращує його захисні функції, що покращить працездатність працівників

В денний час виробниче приміщення освітлюється природним світлом. Робота з обслуговування обладнання відноситься до загального спостереження за

					ЛН71.065116.001 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

технологічним процесом. У такому випадку робоче місце оператора повинно мати освітлення робочої зони $E_{\text{нор}}=150$ лк.

Обладнання працює в 3 зміни, виробництво безперервне.

Розрахунок освітлення виконується для темного часу доби, тому застосовуємо тільки загальну освітленість люмінесцентними лампами, потужністю 8 Вт, з світловим потоком $F = 800$ лм и освітленістю $E_{\phi} = 100$ лк.

Тоді фактична освітленість буде $E_{\phi}=200$ лк та кількість світильників $N= 8$, що і відповідає вимогам. Кількість світильників $N= 8$, освітлення компанії Електролюкс.

					ЛН71.065116.001 ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкцій

5.1 Параметричний розрахунок парогенератора

Мета розрахунку: є визначення теплового навантаження випарника, розрахунок поверхні його теплообміну та вибір типового парогенератора.

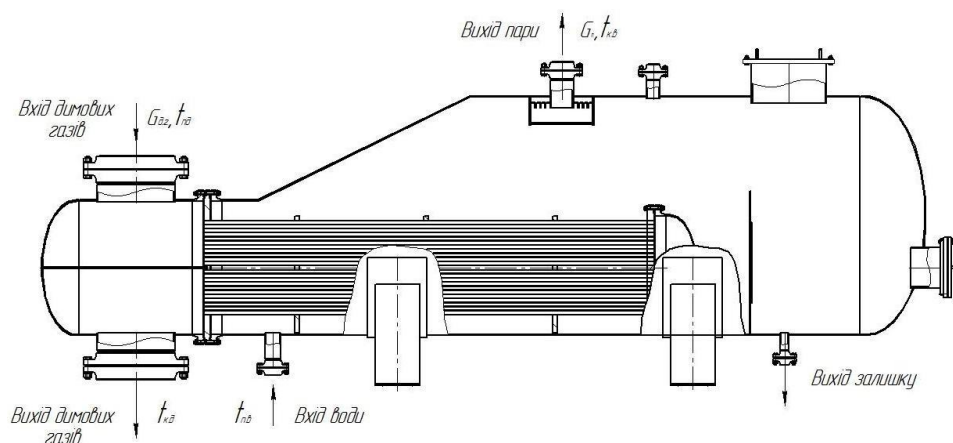


Рисунок 5.1– Розрахункова схема руху потоків у парогенератору.

Вихідні дані:

Витрата метанолу G_1 , кг/с	1;
початкова температура метанолу $t_{пг}$, К	338;
кінцева температура метанолу $t_{вк}$, К	338;
початкова температура димових газів $t_{вп}$, К	873;
кінцева температура димових газів $t_{вк}$, К	673.

Розрахунок ведеться по [12].

Теплове навантаження парогенератора.

Розглянемо процес фазового переходу метанолу з рідкого до газоподібного стану. Процес відбувається при температурі димових газів від $t_{\text{пд}} = 873 \text{ К}$ до температури $t_{\text{кд}} = 673 \text{ К}$.

Визначаємо кількість теплоти необхідної для переходу метанолу з рідкого до пароподібного стану:

$$Q = G_n * r = 1 * 1101 * 1000 = 1101000 \text{ Вт}$$

G -витрати водяної пари, $G = 1 \text{ кг/с}$;

r - теплота пароутворення, $r = 1101 \text{ кДж/кг}$.

Витрати димових газів визначимо з наступної рівності:

$$G = \frac{Q}{c_{\text{р д.г.}} * (t_{\text{пд}} - t_{\text{кд}})} = \frac{1101000}{1151 * (873 - 673)} = 4.79$$

Температурний напір по поверхні нагріву парогенератора:

Більша та менша середні температури:

$$\Delta t_6 = t_{\text{гп}} - t_{\text{еп}} = 873 - 338 = 535 \text{ К.}$$

$$\Delta t_m = t_{\text{гк}} - t_{\text{ек}} = 673 - 338 = 335 \text{ К.}$$

Середня логарифмічна температура:

$$\Delta t_{\text{ср}} = \frac{\Delta t_6 - \Delta t_m}{\ln(\frac{\Delta t_6}{\Delta t_m})} = \frac{535 - 335}{\ln(\frac{535}{335})} = 427 \text{ К.}$$

Густина димових газів:

$$\rho_{\text{д.г.}} = 0.841 \text{ кг/м}^3.$$

					ЛН71.065116.001 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Динамічна в'язкість димових газів:

$$\mu_{д.г}=31,7 \cdot 10^{-6} \text{ Па}\cdot\text{с}.$$

Приймаємо $Re=12000$:

Внутрішній діаметр трубок, $d=0,021 \text{ м}$:

Швидкість димових газів в трубному просторі:

$$\omega = \frac{Re \cdot \mu_{д.г}}{d \cdot \rho_{д.г}} = \frac{12000 \cdot 31,7 \cdot 10^{-6}}{0,021 \cdot 0,841} = 21,54 \text{ м/с}.$$

Кількість труб:

$$n = \frac{4 \cdot G_{д.г}}{\pi \cdot \rho_{д.г} \cdot d^2 \cdot \omega} = \frac{4 \cdot 4,79}{\pi \cdot 0,841 \cdot 0,021^2 \cdot 21,54} = 764.$$

За необхідною кількістю труб за ГОСТ 14248-79 вибираємо стандартний парогенератор з паровим простором у якого кількість трубочок в трубному пучку 860, кількість трубних пучків-2, Труби – 25×2 мм.

Перераховуємо для кількості труб=860.

Швидкість димових газів в трубному просторі:

$$\omega = \frac{4 \cdot G_{д.г}}{\pi \cdot \rho_{д.г} \cdot d^2 \cdot n} = \frac{4 \cdot 4,79}{\pi \cdot 0,841 \cdot 0,021^2 \cdot 860} = 19,1 \text{ м/с}$$

Критерій Рейнольдса:

$$Re = \frac{\omega \cdot d \cdot \rho_{д.г}}{\mu_{д.г}} = \frac{21,54 \cdot 0,021 \cdot 0,841}{31,7 \cdot 10^{-6}} = 10641$$

Коефіцієнт ε_1 , який показує відношення критерія Рейнольдса до (l/d) , $\varepsilon_1=1$.

Критерій Нуссельта для димових газів:

$$Nu = 0,021 \cdot \varepsilon_1 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,43} = 0,021 \cdot 1 \cdot 10641^{0,8} \cdot 0,68^{0,43} = 29$$

Коефіцієнт теплопровідності димових газів:

$$\lambda_{д.г}=0,057 \text{ Вт/м}\cdot\text{К}.$$

Коефіцієнт тепловіддачі α_1 зі сторони димових газів:

$$\alpha_1 = \frac{Nu \cdot \lambda_{д.г}}{d} = \frac{29 \cdot 0,057}{0,021} = 79 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}.$$

Густина метанолу:

$$\rho_e=749.8 \text{ кг/м}^3$$

Густина пару метанолу:

$$\rho_{п.е}=1,65 \text{ кг/м}^3$$

Коефіцієнт теплопровідності метанолу:

$$\lambda_e=189 \cdot 10^{-3} \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$$

Коефіцієнт динамічної в'язкості метанолу:

$$\mu_e=345.1 \cdot 10^{-6} \text{ Па}\cdot\text{с}$$

Поверхневий натяг метанолу:

$$\sigma_e=18,97 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}$$

Температура кипіння метанолу:

$$t_{\text{кип}}=64.7 \text{ }^\circ\text{C}$$

Визначаємо коефіцієнт тепловіддачі від труб до метанолу. Коефіцієнт тепловіддачі на поверхні труб для бульбашкового кипіння:

$$\alpha_2 = A \cdot q^{0,7} \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$$

Де A - коефіцієнт.

Знаходимо величину коефіцієнта A

					ЛН71.065116.001 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$A = 0,075 \cdot \left[1 + 10 \cdot \left(\frac{p_e}{p_{п.е}} - 1 \right)^{-0,7} \right] \cdot \left(\frac{\lambda_e^2 \cdot p_e}{\mu_e \cdot \sigma_e \cdot t_{кип}} \right)^{0,3} == 0,075 \cdot \left[1 + 10 \cdot \left(\frac{749,8}{1,65} - 1 \right)^{-0,7} \right] \cdot \left(\frac{(189 \cdot 10^{-3})^2 \cdot 749,8}{345,1 \cdot 10^{-6} \cdot 18,97 \cdot 10^{-3} \cdot 64,7} \right)^{0,3} = 2,353$$

Тоді:

$$\alpha_2 = 2.353 \cdot q^{0,7} \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$$

Приймаємо ряд величин теплового навантаження, q , Вт/м², визначаємо коефіцієнт тепловіддачі α_2 , Вт/(м²·К), коефіцієнт теплопередачі K , Вт/(м²·К) та середню температуру Δt_{cp} , К.

Результати розрахунків заносимо у таблицю 5.1. За даними таблиці будуємо графік залежності q - Δt_{cp} (рисунок), який має назву навантажувальна характеристика випарника, будуємо апроксимуючий поліном та за величиною середньої температури Δt_{cp} , Вт/м².

Таблиця 4.1 – Результати розрахунків

Величини	Результати розрахунків		
	1	2	3
q , Вт/м ² (приймається)	40000	35000	30000
α_1 , Вт/(м ² ·К)	79	79	79
$\alpha_2 = 2,353 \cdot q^{0,7}$,	3918	3568	3203
K , Вт/(м ² ·К)	72.84	72.71	71.54
$\Delta t_{cp} = q/k$, К	549	481	419

В даному парогенераторі середній температурний напір $\Delta t_{cp} = 427$ К ,звідси за функцією апроксимації знаходимо теплове напруження поверхні нагріву:

$$q = 76.868 \cdot \Delta t_{cp} - 2127.5 = 76.868 \cdot 427 - 2127.5 = 30695 \text{ Вт/м}^2$$

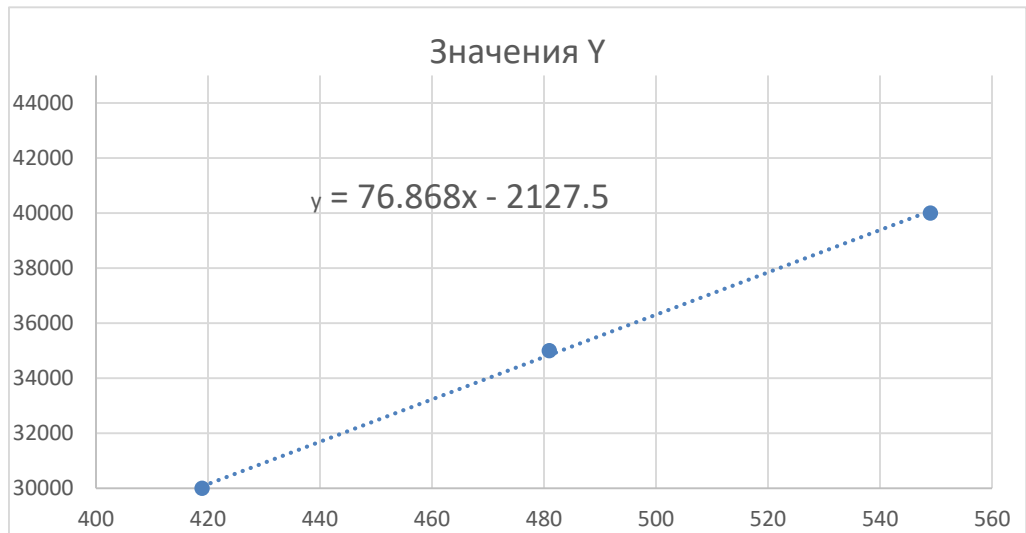


Рис. графік залежності $q - \Delta t_{cp}$.

Коефіцієнт теплопередачі в парогенераторі:

$$K = \frac{q}{\Delta t_{cp}} = \frac{30695}{427} = 71.9 \text{ Вт/м}^2$$

Розраховуємо необхідну площу поверхні теплообміну для нормального протікання процесу із запасом у 10%:

$$F_H = \frac{1,1 \cdot Q}{K \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{1,1 \cdot 1101000}{71.9 \cdot 427} = 323 \text{ м}^2.$$

Оптимальна довжина труб:

$$L = \frac{F_H}{\pi \cdot d_{cp} \cdot n} = \frac{323}{\pi \cdot 0,021 \cdot 860} = 2.001 \text{ м.}$$

Приймаємо $L = 2 \text{ м.}$

Реальна площа парогенератора:

$$F_p = d_{cp} \cdot 2n \cdot L = 0,021 \cdot 860 \cdot 2 \cdot 2 = 310.1 \text{ м}^2.$$

Перевіряємо отримане значення площі теплообміну з площею вибраного апарата:

$$\Delta F = \frac{|F_n - F_p|}{F_p} = \frac{|323 - 310.1|}{310.1} \cdot 100\% = 4.1\%$$

Вибраний парогенератор задовольняє умовам проектування.

Висновок: Для реалізації поставленої задачі випарювання метанолу із заданою продуктивністю приймаємо двуходовий горизонтальний парогенератор, що має внутрішній діаметр кожуха $D = 2000$ мм, еквівалентний діаметр труб 25×2 мм, довжину труб $L = 2$ м, та загальну кількість трубок $n = 1720$.

5.2 Конструктивний розрахунок

Метою розрахунку є за відомою кількістю трубок і кроком між ними розрахувати діаметр трубної решітки та корпусу апарата.

При розміщенні труб в трубних ґратках необхідно забезпечити максимальну компактність, зручність розміщення трубних ґраток, надійність закріплення трубок. З точки зору задоволення цих вимог найбільш зручною є схема розміщення трубок у вершинах правильних трикутників – шаховий пучок (рисунк 4.3).

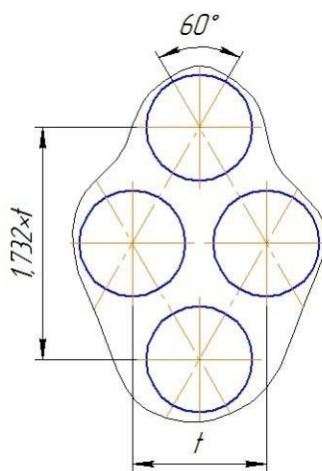


Рисунок 4.3 – Схема розміщення труб

					ЛН71.065116.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Вихідні дані:

загальна кількість трубок, n	860;
число труб на діагоналі, b	33;
продуктивність в міжтрубному просторі, G_m , кг/с	1;
продуктивність в трубному просторі, G_t , кг/с	5,233.

Методика розрахунку наведена в [12]

].

Для такого розміщення, яке широко застосовують в промисловій практиці як найбільш компактну схему, зв'язок між загальною кількістю трубок n , числом труб на діагоналі b і числом трубок на стороні найбільшого трикутника виражається співвідношенням:

$$n = 3 \cdot a \cdot (a-1) + 1$$

$$860 = 3 \cdot a^2 - 3 \cdot a + 1$$

$$3 \cdot a^2 - 3 \cdot a - 823 = 0$$

Розв'яжемо рівняння і отримаємо:

$$a = 17$$

$$b = 2a - 1 = 33.$$

Визначаємо дійсну кількість трубок :

$$n = 3a(a - 1) + 1 = 3 \cdot 17(17 - 1) + 1 = 824.$$

Отже, необхідно прибрати 12 трубок при компонуванні трубної ґратки, оскільки необхідна кількість 824.

Міжтрубний крок: $t = 1,3 \cdot d_{\text{зн}} = 1,3 \cdot 0,025 = 0,032$ м.

Висновок: при розрахунку кількості труб в трубних решітках 17 отворів будуть закриті заглушками. Невикористані отвори будуть рівномірно розміщені по всьому діаметру решітки.

					ЛН71.065116.001 ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.3 Розрахунок штуцерів

Розрахунок штуцерів:

Метою розрахунку є вибір стандартних штуцерів за тиском і діаметром умовного проходу. Розрахункова схема штуцера зображена на рисунку 5.2.

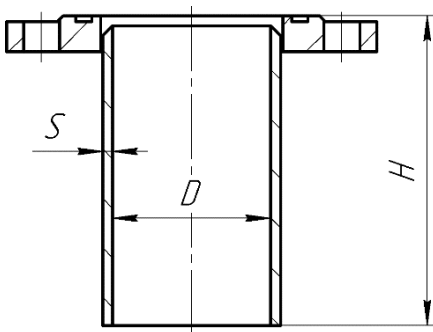


Рисунок 5.3 – Розрахункова схема штуцера

Вихідні дані:

Довжина труб L, м и	2
Тиск в середині апарата Р, МПа	0.12
Масова витрата пари $G_{\text{п}}$, кг/с	1
Масова витрата димових газів $G_{\text{дг}}$, кг/с	4.79

Методика розрахунку наведена в [12].

Розрахунок передбачає вибір стандартних штуцерів за тиском і умовним діаметром, що далі визначається.

Діаметр штуцера для димових газів, м:

$$d_{\text{шдг}} = 1,13 \sqrt{\frac{G_{\text{дг}}}{\rho_{\text{дг}} \cdot \omega_{\text{дг}}}} = 1,13 \sqrt{\frac{4,79}{0,841 \cdot 19,1}} = 0,538 = 538 \text{ мм},$$

Діаметр штуцерів для входу метанолу, м: _____

$$d_{\text{шев}} = 1,13 \sqrt{\frac{G_{\text{п}} + 0,1 \cdot G_{\text{п}}}{\rho_{\text{е}} \cdot \omega_{\text{е}}}} = 1,13 \sqrt{\frac{1 + 0,1 \cdot 1}{749,8 \cdot 0,5}} = 0,0612 = 61 \text{ мм},$$

Діаметр штуцерів для виходу парів метанолу, м:

$$d_{\text{шпв}} = 1,13 \sqrt{\frac{G_{\text{п}}}{\rho_{\text{п}} \cdot \omega_{\text{п}}}} = 1,13 \sqrt{\frac{1}{1,65 \cdot 15}} = 0,227 = 227 \text{ мм},$$

Діаметр штуцерів для виходу конденсату, м:

$$d_{\text{шк}} = 1,13 \sqrt{\frac{0,1 \cdot G_{\text{п}}}{\rho_{\text{е}} \cdot \omega_{\text{е}}}} = 1,13 \sqrt{\frac{0,1 \cdot 1}{749,8 \cdot 0,5}} = 0,02 = 20 \text{ мм},$$

де G — масові витрати; ρ — густина димових газів; ω — орієнтовна швидкість у штуцері, визначається відповідно до рекомендацій [10]. Після цього обираються штуцери зі стандартного ряду, відповідно до [9].

Розміри нормалізованих штуцерів за [1]:

1) 2 штуцери 500 – 12 – 200 – 12X18Н10Т – 10 ОСТ 26-1404 – 76 для входу і виходу димових газів, що має наступні параметри:

Номінальний діаметр D_y , м 0,500;

Діаметр отвору d_t , м 0,530;

Товщина стінки S_t , м 0,012;

Висота штуцера H_t , м 0,206;

2) штуцер 100 – 6 – 220 – 12X18Н10Т – 10 ОСТ 26-1404 – 76 для входу метанолу, що має наступні параметри:

Номінальний діаметр D_y , м 0,100;

					ЛН71.065116.001 ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Діаметр отвору d_T , м 0,108;

Товщина стінки S_T , м 0,006;

Висота штуцера H_T , м 0,217;

3) штуцер 2 50 – 6 – 2 70 – 12X18Н10Т – 10 ОСТ 26-1404 – 76 для виходу пари, що має наступні параметри:

Номінальний діаметр D_y , м 0,250;

Діаметр отвору d_T , м 0,273;

Товщина стінки S_T , м 0,008;

Висота штуцера H_T , м 0,220;

4) штуцер 50 – 3 – 155 – 12X18Н10Т – 10 ОСТ 26-1404 – 76 для виходу залишку метанолу, що має наступні параметри:

Номінальний діаметр D_y , м 0,050;

Діаметр отвору d_T , м 0,055;

Товщина стінки S_T , м 0,0035;

Висота штуцера H_T , м 0,155.

Висновок: було розраховано та прийнято стандартні розміри штуцерів для входу і виходу метанолу, для входу та для виходу димових газів, для виходу залишку метанолу та парів, та дійсні швидкості руху в штуцерах.

					ЛН71.065116.001 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.4 Гідравлічний розрахунок

Метою гідравлічного розрахунку є визначення гідравлічного опору в трубному та міжтрубному просторах парогенератора

Розрахункова схема зображена на рисунку 5.3.

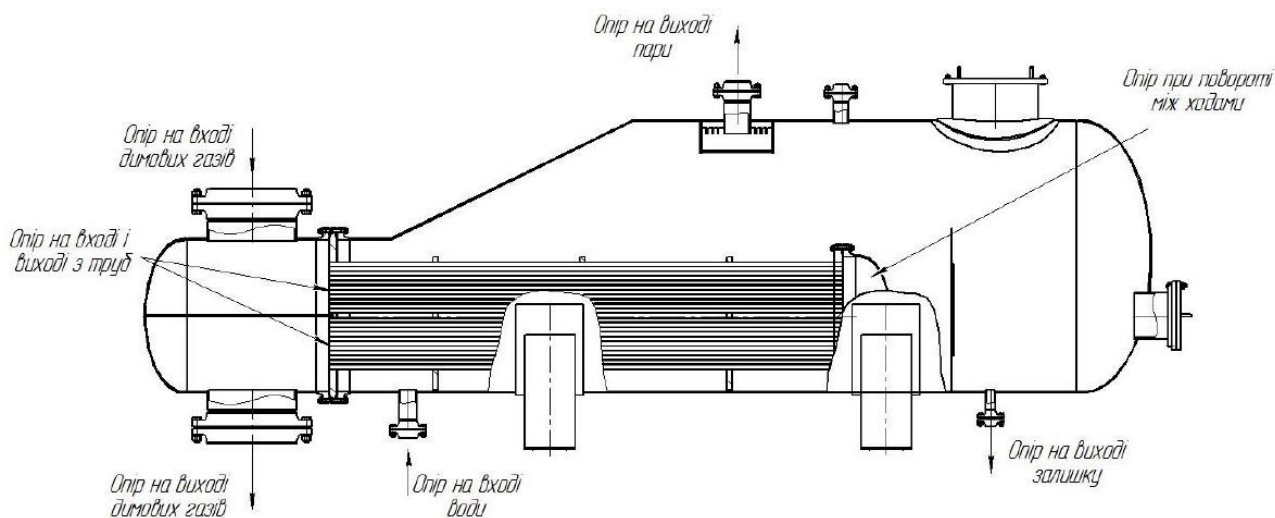


Рисунок 5.3 – Розрахункова схема гідравлічного опору парогенератора

Вихідні дані:

Внутрішній діаметр трубки $d_{\text{вн}}$, м

0,021;

довжина труб L , м

2.

Розрахунок здійснюємо за методикою [14].

Розрахунок гідравлічного опору в трубному просторі:

Місцеві втрати:

Місцеві втрати при повороті теплоносія на 180° :

$$\varepsilon_1 = 2,5$$

					ЛН71.065116.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Місцеві втрати при вході і виході теплоносія:

$$\varepsilon_2 = 1$$

Місцеві втрати при повороті через коліно:

$$\varepsilon_3 = 2$$

Сумарні місцеві втрати:

$$\sum \varepsilon = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 = 2,5 + 1 + 2 \cdot 2 = 8,5$$

Швидкість димових газів у трубах, м/с:

$$w_{д.г} = \frac{4 \cdot G_{д.г}}{\rho_{д.г} \cdot \pi \cdot d_{штг}} = \frac{4 \cdot 4,79}{0,841 \cdot 3,14 \cdot 0,5} = 14,5.$$

Відносна шорсткість труб:

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

Критерій Рейнольдса:

$$Re_{тр} = \frac{w \cdot d_{вн}}{\nu_{дг}} = \frac{14,5 \cdot 0,021}{68,34 \cdot 10^{-6}} = 4456$$

При значенні $2000 < Re < 112000$ коефіцієнт тертя визначається:

$$\lambda = 0,11 \left[e + \left(\frac{68}{Re_{тр}} \right)^{0,25} \right] = 0,11 \left[0,0095 + \left(\frac{68}{4456} \right)^{0,25} \right] = 0,04$$

Гідравлічний опір трубного простору, Па:

$$\Delta P_{тр} = \left(\frac{\lambda}{d_{вн}} + \sum \varepsilon \right) \cdot \frac{w_{дг}^2 \cdot \rho_{д.г}}{2} = \left(\frac{0,04}{0,021} + 8,5 \right) \cdot \frac{14,5^2 \cdot 0,841}{2} = 929$$

Висновок: визначено гідравлічний опір трубного простору парогенератора

$$\Delta P_{тр} = 929 \text{ Па} .$$

					ЛН71.065116.001 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.5 Розрахунок товщини стінки циліндричної обичайки

Метою даного розрахунку є визначення товщини стінки циліндричної обичайки і перевірка її на міцність.

Розрахункова схема зображена на рисунку 5.4.

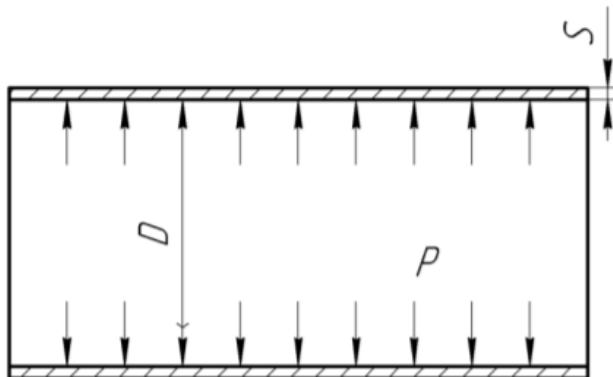


Рисунок 5.4 – Схема товщини стінки обичайки

Вхідні дані:

тиск всередині апарата P , МПа 0,12;

внутрішній діаметр апарата D , м 2;

допустиме напруження для матеріалу 155.

обичайки (сталь 12X18Н10Т) $[\sigma]$, МПа

Методика проведення даного розрахунку складена згідно [16].

Розрахунок передбачає визначення товщини стінки обичайки, що знаходиться під дією внутрішнього тиску, із урахуванням додатків на корозію і зручності транспортування та монтажу.

Номінальна товщина стінки циліндричної обичайки :

$$S_R = D_{\text{вн}} \cdot P_R / (2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - P_R) \quad (5.1)$$

де $\theta_{ш}$ - коефіцієнт міцності зварних швів, $\theta_{ш} = 0,9$ [16].

Виконавча товщина стінки обичайки:

$$S = S_R + C_1 + C_2 + C_3, \quad (5.2)$$

де C_1 – прибавка на компенсацію корозії та ерозії .

$$C_1 = v \cdot \tau, \quad (5.3)$$

де v - швидкість корозії, $v = 0,05$ мм/рік;

τ - строк служби, $\tau = 10$ років;

C_2 – прибавка на компенсацію мінусового допуску до товщини листа, $C_2 = 0,5$ мм;

C_3 – технологічна прибавка, яка дорівнює, $C_3 = 0$ мм.

Приймаємо $S_R = 9$ мм, рекомендовану за [2] з метою забезпечення міцності обичайки.

Допустимий тиск в обичайці:

$$[P] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \theta_{ш} \cdot (S - C)}{D + (S - C)}, \quad (5.4)$$

Перевіряємо умову міцності $P \leq [P]$.

Якщо умова не виконується, то необхідно вибрати іншу товщину стінки або інший матеріал для обичайки з більшим допустимим напруженням.

Висновок: До методики розрахунку створено програму розрахунку авторматизованого розрахунку товщини стінки циліндричної обичайки, складено блок-схему, програму розрахунку на мові Basic в середовищі MathCad, таблицю ідентифікаторів, подані результати програмного розрахунку (Додаток Б). Через те, що умови застосування формул виконуються, а допустимий внутрішній надлишковий тиск більший за розрахунковий, то Приймаємо товщину стінки $S = 10$ мм.

5.6 Розрахунок еліптичного днища під дією внутрішнього надлишкового тиску

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

Схема до розрахунку еліптичної кришки приведена на рисунку 5.5.

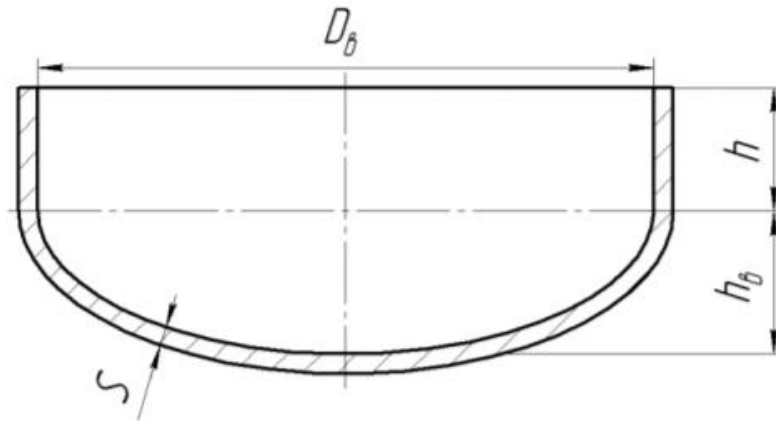


Рисунок 5.5 - Схема до розрахунку еліптичної кришки

Вихідні дані:

тиск всередині апарата P , МПа 0,12;

внутрішній діаметр апарата $D_{\text{в}}$, м 2;

допустиме напруження для матеріалу 155.

обичайки (сталь 12X18H10T) $[\sigma]$, МПа

Розрахунок здійснюємо за методикою, викладеною в [16].

В даному розрахунку необхідно визначити товщину днища та перевірити, чи виконується умова міцності.

Розрахункова товщина за внутрішнього надлишкового тиску:

$$S_R = \frac{D \cdot P}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi_{ш} - P} = \frac{2 \cdot 0,1}{2 \cdot 155 \cdot 0,9 - 0,1} = 0,8 \text{ мм},$$

де $\theta_{ш}$ - коефіцієнт міцності зварних швів, $\theta_{ш} = 0,9$ [16].

Із врахуванням поправок маємо:

$$S = S_R + C_1 + C_2 + C_3 = 9 + 0,5 + 0,5 + 0 = 10 \text{ мм}.$$

Товщину днища необхідно приймати не менше товщини корпуса і згідно рекомендаціям стандартів не менше 10 мм. Приймаємо 10 мм. Обчислюємо висоту еліптичної частини днища та радіус:

$$H = 0,25 \cdot D = 0,25 \cdot 2 = 0,5 \text{ м},$$

$$R = \frac{D^2}{4 \cdot H} = \frac{2^2}{4 \cdot 0,5} = 2 \text{ м}.$$

В зв'язку з тим, що ми обрали еліптичне днище, його обов'язково необхідно виконувати з відбортовкою. Усі параметри днища вибираються згідно стандартів.

Виконуємо перевірку на допустимий тиск:

$$[P] = \frac{2 \cdot (S - C) \cdot [\sigma] \cdot \theta}{R + 0,5 \cdot (S - C)} = \frac{2 \cdot (0,01 - 0,001) \cdot 155 \cdot 0,9}{2 + 0,5 \cdot (0,01 - 0,001)} = 1,25 \text{ МПа},$$

$$P = 0,12 \text{ МПа} \leq [P] = 1,25 \text{ МПа}.$$

Висновок: Значення робочого тиску $P = 0,12 \text{ МПа}$ не перевищує значення допустимого тиску $[P] = 1,25 \text{ МПа}$. Умова міцності виконується, отже розрахована виконавча товщина стінки еліптичного днища $S = 10 \text{ мм}$.

					ЛН71.065116.001 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.7 Розрахунок фланцевих з'єднань

Метою розрахунку є вибір та перевірочний розрахунок фланців для забезпечення з'єднання корпусу апарата з розподільною камерою, а також герметичність з'єднання.

Схема фланцевого з'єднання наведена на рисунок 5.6.

Розрахунок проводимо згідно методики наведеної в [17] , складена згідно норм за ОСТ 26-373-78 і 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.

Вибір стандартних фланців здійснюємо згідно із [17].

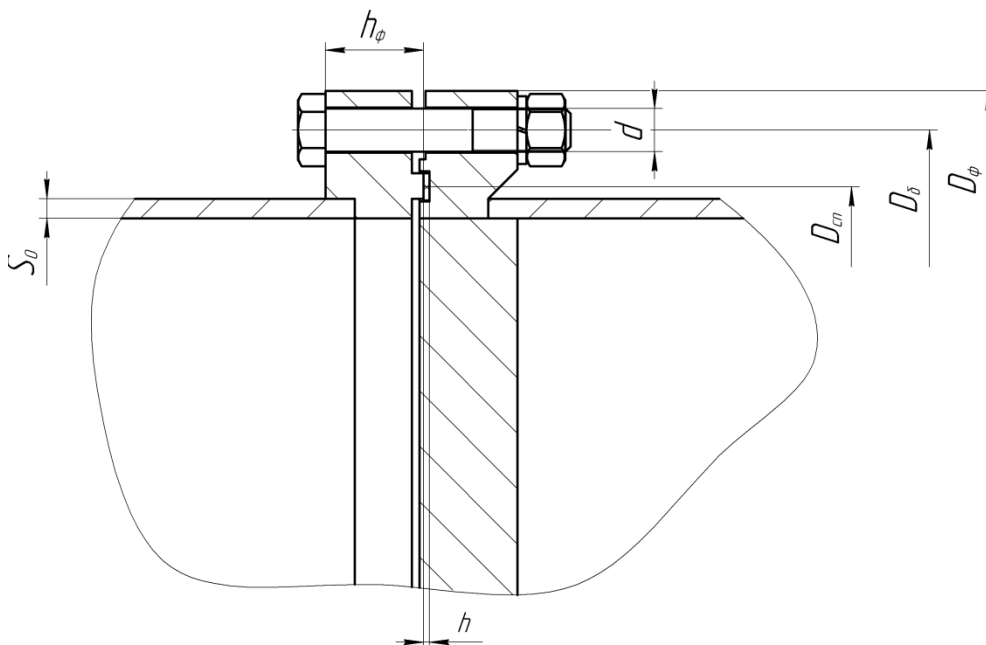


Рисунок 5.6 – Схема фланцевого з'єднання

Вихідні дані:

Геометричні параметри фланця:

внутрішній діаметр, D , м	2;
діаметр фланця, D_{ϕ} , м	2,130;
діаметр болтового кола, $D_{\text{Б}}$, м	2,190;
товщина фланця, $h_{\phi 1}$, м	0,044;
товщина фланця, $h_{\phi 2}$, м	0,044;
параметри прокладки	
зовнішній діаметр прокладки, $D_{\text{п}}$, м	2.243;
ширина прокладки, b , м	0,014;
товщина прокладки, h , м	0,003;
матеріал прокладки Пароніт	ГОСТ 28759-90;
допустиме питоме навантаження, q , МПа	130;
коефіцієнт, m	2,5;
модуль пружності матеріалу прокладки, $E_{\text{пр}}^t$, МПа	200;
матеріал фланців	12X18H10T;
допустиме напруження, $[\sigma]_{\phi}^{20}$, МПа	160;
допустиме напруження, $[\sigma]_{\phi}^{60}$, МПа	155;
модуль пружності, E_{ϕ}^t , МПа	$2 \cdot 10^5$;
коефіцієнт відносного лінійного розширення, α_{ϕ}^t , K^{-1}	$16,6 \cdot 10^{-6}$;
внутрішній тиск, $P_{\text{тр}}$, МПа	0,1;
кількість болтів, $z_{\text{Б}}$	52;
діаметр різьби шпильок, $d_{\text{Б}}$, м	0,02037;
внутрішній діаметр, $d_{0\text{Б}}$, м	0,022;
матеріал болтів сталь 35Х	ГОСТ 28759-90;

					ЛН71.065116.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

мінімальне питоме навантаження, q_B , МПа	20;
допустиме напруження, $[\sigma]_B$, МПа	230;
допустиме напруження, $[\sigma]_B$, МПа	227;
модуль пружності, E_B , МПа	$2 \cdot 10^5$;
коефіцієнт відносного лінійного розширення, α_B , K^{-1}	$16,6 \cdot 10^{-6}$.

Для перевірного розрахунку фланцевих з'єднань скористаємось алгоритмом запропонованим авторами [17], згідно з яким проводяться розрахунок наступних величин:

Розрахунок допоміжних величин:

Відношення більшої товщини втулки до меншої:

$$\beta = \frac{S_1}{S_0} = \frac{0,012}{0,012} = 1.$$

Середній діаметр прокладки:

$$D_{cp} = D_n - b = 2,243 - 0,014 = 2,229, \text{ м.}$$

де D_n - зовнішній діаметр прокладки, м;

b - ширина прокладки, м.

Оскільки $b \leq 0,015 \text{ м}$, то ефективна ширина прокладки:

$$b_e = 0,5 \cdot b = 0,5 \cdot 0,014 = 0,007$$

Конструктивний коефіцієнт для фланців:

$$K_\phi = \frac{D_\phi}{D} = \frac{2,130}{2,000} = 1,065$$

де D_ϕ - зовнішній діаметр фланця;

D - умовний внутрішній діаметр фланця.

					ЛН71.065116.001 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Конструктивні коефіцієнти для фланців:

$$\lambda_{\phi 1} = \frac{h_{\phi 1}}{\sqrt{D \cdot S_o}} = \frac{0,044}{\sqrt{2 \cdot 0,012}} = 0,284,$$

$$\lambda_{\phi 2} = \frac{h_{\phi 2}}{\sqrt{D \cdot S_o}} = \frac{0,044}{\sqrt{2 \cdot 0,012}} = 0,284.$$

де $h_{\phi 1}$, $h_{\phi 2}$ - товщини фланців, м;

S_o – товщина стінки апарата, $S_o = 0,01$ м.

Поправкові коефіцієнти для фланців:

$$\psi_{1\phi} = 1,28 \cdot \lg(K_{\phi}) = 1,28 \cdot \lg(1,065) = 0,035,$$

$$\psi_{2\phi} = \frac{K_{\phi}+1}{K_{\phi}-1} = \frac{1,065+1}{1,065-1} = 32$$

Геометричні параметри фланців:

$$j_{\phi 1} = \frac{h_{\phi 1}}{S_o} = \frac{0,044}{0,012} = 3,7,$$

$$j_{\phi 2} = \frac{h_{\phi 2}}{S_o} = \frac{0,044}{0,012} = 3,7.$$

.

Безрозмірні параметри фланців:

$$T_{\phi} = \frac{K_{\phi}^2 \cdot (1 + 8,55 \cdot \lg(K_{\phi})) - 1}{(1,05 + 1,945 \cdot K_{\phi}^2) \cdot (K_{\phi} - 1)} = \frac{1,065^2 \cdot (1 + 8,55 \cdot \lg(1,065)) - 1}{(1,05 + 1,945 \cdot 1,065^2) \cdot (1,065 - 1)} = 0,34.$$

					ЛН71.065116.001 ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кутова піддатливість фланців:

$$y_{\phi 1} = \frac{[1 - \omega_{\phi 1} \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda_{\phi 1})] \cdot \psi_{2\phi}}{h_{\phi 1}^3 \cdot E_{\phi 1}} = \frac{[1 - 1,17 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,284)] \cdot 32}{0,044^3 \cdot 2 \cdot 10^5} = 0,24,$$

$$y_{\phi 2} = \frac{[1 - \omega_{\phi 2} \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda_{\phi 2})] \cdot \psi_{2\phi}}{h_{\phi 2}^3 \cdot E_{\phi 2}} = \frac{[1 - 1,17 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,284)] \cdot 32}{0,044^3 \cdot 2 \cdot 10^5} = 0,24.$$

де $E_{\phi 1}$ і $E_{\phi 2}$ - модуль поздовжньої пружності матеріалу фланців, Па.

Розрахункова довжина болтів фланцевого з'єднання :

$$L_B = h_{\phi 1} + h_{\phi 2} + h + 0,28 \cdot d_B = 0,044 + 0,044 + 0,003 + 0,28 \cdot 0,022 = 0,097 \text{ м.}$$

де h - товщина прокладки, м;

d_B - зовнішній діаметр різьби болтів, м.

Лінійна піддатливість прокладки:

$$y_{\Pi} = \frac{h}{\pi \cdot D_{\text{сп}} \cdot b \cdot E_{\Pi}} = \frac{0,003}{3,14 \cdot 2,229 \cdot 0,014 \cdot 2000} = 1,53 \cdot 10^{-5}, \text{ м/МН.}$$

де E_{Π} - модуль повздовжньої пружності матеріалу прокладки, Па.

Площа поперечного перерізу болта:

$$f_B = 0,785 \cdot d_o^2 = 0,785 \cdot 0,022^2 = 3,8 \cdot 10^{-4}, \text{ м.}$$

де d_o – внутрішній діаметр різьби болтів, м

Лінійна піддатливість болтів:

$$y_B = \frac{L_B}{E_B \cdot f_B \cdot Z_B} = \frac{0,068}{2 \cdot 10^5 \cdot 3,8 \cdot 10^{-4} \cdot 52} = 1,7 \cdot 10^{-5} \text{ м/МН.}$$

де E_B - модуль поздовжньої пружності матеріалу болтів, Па.

					ЛН71.065116.001 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Параметр жорсткості фланцевого з'єднання:

$$A_{\phi} = [y_{\pi} + y_B + 0,25 \cdot (y_{\phi 1} + y_{\phi 2}) \cdot (D_B - D_{\text{сп}})]^{-1} =$$
$$[1,53 \cdot 10^{-5} + 1,7 \cdot 10^{-5} + 0,25 \cdot (0,24 + 0,24) \cdot (2190 - 2220)]^{-1} = 215,16, \text{ МН/м.}$$

Параметр жорсткості фланців :

$$B_{\phi 1} = y_{\phi 1} \cdot (D_B - D - S_o) = 0,24 \cdot (2,19 - 2 - 0,012) = 0,004 \text{ МН/м.}$$

$$B_{\phi 2} = y_{\phi 2} \cdot (D_B - D - S_o) = 0,24 \cdot (2,19 - 2 - 0,012) = 0,004 \text{ МН/м.}$$

Безрозмірний коефіцієнт фланцевого з'єднання:

$$\gamma = A_{\phi} \cdot y_B = 215,16 \cdot 1,7 \cdot 10^{-5} = 3,6 \cdot 10^{-3}.$$

Безрозмірний коефіцієнт жорсткості фланцевого з'єднання:

$$\alpha_{\phi} = A_{\phi} \cdot [y_B + 0,25 \cdot (B_{\phi 1} + B_{\phi 2}) \cdot (D_B - D_{\text{сп}})] = 215,16 \cdot [1,7 \cdot 10^{-5} + 0,25 \cdot$$
$$(0,004 + 0,004) \cdot (2,39 - 2,22)] = 0,042.$$

Рівнодіюча внутрішнього тиску:

$$Q_d = 0,785 \cdot D_{\text{сп}}^2 \cdot p = 0,785 \cdot 2,229^2 \cdot 0,5 = 1,95 \text{ МН.}$$

де P - внутрішній надлишковий тиск в апараті.

Реакція прокладки в робочих умовах:

$$R_n = 2 \cdot \pi \cdot D_{\text{сп}} \cdot b_E \cdot t \cdot p = 2 \cdot 3,14 \cdot 2,229 \cdot 0,007 \cdot 2,5 \cdot 0,5 = 0,123 \text{ МН.}$$

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

$$\gamma \cdot Z_B \cdot f_B \cdot E_B^t \cdot (\alpha_{\phi}^t \cdot t_{\phi} - \alpha_B^t \cdot t_B) = 3,6 \cdot 10^{-3} \cdot 52 \cdot 3,8 \cdot 10^{-4} \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot (1,66 \cdot 10^{-5} \cdot$$
$$151,1 - 1,33 \cdot 10^{-5} \cdot 146,47) = 7,97 \cdot 10^{-3} \geq 0,$$

$$\text{тому } Q_{t\phi} = 7,97 \cdot 10^{-3}, \text{ МН.}$$

де α_{ϕ}^t і α_B^t - коефіцієнти відносного лінійного розширення відповідно матеріалу фланця і болтів, $1/\text{К}$;

					ЛН71.065116.001 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

t_{ϕ} і t_B - температури відповідно фланця і болтів, К.

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

$$P'_{B1} = \pi \cdot D_{\text{сп}} \cdot b_E \cdot q = 3,14 \cdot 2.229 \cdot 0.007 \cdot 20 = 0,981 \text{ МН}$$

$$P''_{B1} = \alpha_{\phi} \cdot (Q_d + P) + R_n + \frac{4 \cdot M}{D_{\text{сп}}} = 0,042 \cdot (0,152 + 0,09) + 0,042 + \frac{4 \cdot 0}{0,623} = 0,08 \text{ МН},$$

$$P'''_{B1} = 0,4 \cdot [\sigma_B]^{20} \cdot Z_B \cdot f_B = 0,4 \cdot 230 \cdot 52 \cdot 3,8 \cdot 10^{-4} = 1,8 \text{ МН}.$$

де q - мінімальний тиск на прокладку, який забезпечує герметичність з'єднання,
 $q = 20 \text{ МПа}$;

$[\sigma_B]^{20}$ - границя міцності матеріалу болтів при температурі 20°C ;

$[\sigma_B]^{20} = 230 \text{ МПа}$.

Розрахункове навантаження на болти:

Оскільки $P < 0,6 \text{ МПа}$, то:

$$P_{B1} = \max\{P'_{B1}; P''_{B1}; P'''_{B1}\} = \max\{0,981; 0,08; 1,8\} = 1,8 \text{ , МН}.$$

Умова міцності прокладки:

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

$$\frac{P_{B1}}{\pi \cdot D_{\text{сп}} \cdot b} = \frac{1,8}{3,14 \cdot 2.229 \cdot 0,014} = 18,369 \text{ МПа} \leq [q] = 130 \text{ МПа}.$$

де $[q]$ - допустиме питоме навантаження зминання прокладки, $[q] = 130 \text{ МПа}$.

Умова міцності виконується.

Болтове навантаження за робочих умов:

$$\begin{aligned} P_{B2} &= P_{B1} + (1 - \alpha_{\phi}) \cdot (Q_d + P) + Q_{t\phi} = 1,8 + (1 - 0,042) \cdot (1,95 + 0,01) + 7.97 \cdot 10^{-3} \\ &= 3,69 \text{ , МН}. \end{aligned}$$

					ЛН71.065116.001 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахункове навантаження на болти :

$$P_{\text{Бф}} = \max\{P_{\text{Б1}}; P_{\text{Б2}}\} = \{1,8; 3,69\} = 3,69, \text{ МН.}$$

Напруження розтягання в болтах за умов монтажу :

$$\sigma_{\text{Б}}^{20} = \frac{P_{\text{Б1}}}{Z_{\text{Б}} \cdot f_{\text{Б}}} = \frac{1,8}{52 \cdot 3,8 \cdot 10^{-4}} = 91 \text{ МПа.}$$

Напруження розтягання в болтах за робочих умов :

$$\sigma_{\text{Б}}^t = \frac{P_{\text{Б2}}}{Z_{\text{Б}} \cdot f_{\text{Б}}} = \frac{3,69}{52 \cdot 3,8 \cdot 10^{-4}} = 21,634 \text{ МПа.}$$

Крутний момент, що виникає від розтягування гайок :

$$M_{\text{скр}} = f_1 \cdot \frac{P_{\text{Бф}}}{Z_{\text{Б}}} \cdot d_{\text{Б}} = 0,1 \cdot \frac{3,69}{52} \cdot 0,02 = 14,923 \cdot 10^{-5} \text{ МН} \cdot \text{м},$$

де f_1 - коефіцієнт тертя, $f_1 = 0,1$.

Дотичне напруження в болтах :

$$\tau_{\text{Б}} = \frac{M_{\text{скр}}}{0,2 \cdot d_o^3} = \frac{14,923 \cdot 10^{-5}}{0,2 \cdot 0,022^3} = 70,074 \text{ МПа.}$$

Еквівалентні напруження в болтах :

$$\sigma_{\text{Б}}^{20} = \sqrt{(\sigma_{\text{Б}}^{20})^2 + 3 \cdot \tau_{\text{Б}}^2} = \sqrt{91^2 + 3 \cdot 70,074^2} = 151,69, \text{ МПа.}$$

$$\sigma_{\text{Б}}^t = \sqrt{(\sigma_{\text{Б}}^t)^2 + 3 \cdot \tau_{\text{Б}}^2} = \sqrt{21,634^2 + 3 \cdot 70,074^2} = 123,28, \text{ МПа.}$$

Умови міцності болтів :

$$\sigma_{\text{Б}}^{20} = 151,69 \text{ МПа} \leq [\sigma_{\text{Б}}]^{20} = 230 \text{ МПа};$$

$$\sigma_{\text{Б}}^t = 123,28 \text{ МПа} \leq [\sigma_{\text{Б}}]^t = 227,5 \text{ МПа.}$$

					ЛН71.065116.001 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приведений згинаючий момент в діаметральному перерізі фланців за умов монтажу :

$$M_{01\phi} = 0,5 \cdot P_{Б\phi} \cdot (D_{Б} - D_{сп}) = 0,5 \cdot 3,69 \cdot (2,39 - 2,229) = 0,29 \text{ , МН} \cdot \text{м}.$$

Приведений згинаючий момент в діаметральному перерізі фланців за робочих умов :

$$M_{02\phi} = 0,5 \cdot [P_{Б2} \cdot (D_{Б} - D_{сп}) + Q_{д} \cdot (D_{сп} - D - S_o) \cdot \frac{[\sigma_{\phi}]^{20}}{[\sigma_{\phi}]^t}] = 0,5 \cdot [3,69 \cdot (2,39 - 2,229) + 1,95 \cdot (2,229 - 2 - 0,012) \cdot \frac{160}{155}] = 0,73 \text{ МН} \cdot \text{м}.$$

де $[\sigma_{\phi 1}]^{20}$ і $[\sigma_{\phi 2}]^{20}$ - допустимі напруження матеріалу фланців при температурі 293°К, МПа;

$[\sigma_{\phi 1}]^t$, $[\sigma_{\phi 2}]^t$ - допустимі напруження матеріалу фланців при робочій температурі, МПа.

Розрахунковий згинаючий момент у діаметральному перерізі фланця :

$$M_{0\phi} = \max\{M_{01\phi}; M_{02\phi}\} = \{0,29; 0,73\} = 0,73 \text{ , МН} \cdot \text{м}.$$

Максимальні напруження в перерізі S_0 фланців від дії згинаючого моменту $M_{0\phi}$:

$$\sigma_{0\phi 1} = \psi_3 \cdot \frac{T_{\phi} \cdot M_{0\phi} \cdot \omega_{\phi 1}}{D^* \cdot (S_o - C)^2} = 1 \cdot \frac{0,34 \cdot 0,73 \cdot 1,17}{2 \cdot (0,012 - 0,002)} = 1451,97 \text{ , МПа}.$$

$$\sigma_{0\phi 2} = \psi_3 \cdot \frac{T_{\phi} \cdot M_{0\phi} \cdot \omega_{\phi 2}}{D^* \cdot (S_o - C)^2} = 1 \cdot \frac{0,34 \cdot 0,73 \cdot 1,17}{2 \cdot (0,012 - 0,002)} = 1451,97 \text{ МПа}.$$

,

де ψ_3 - коефіцієнт поправки для перерізу S_0 , $\psi_3 = 1$.

					ЛН71.065116.001 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Максимальні кільцеві напруження в дисках фланців від дії згинаючого моменту M_{ϕ} :

$$\sigma_{\kappa\phi 1} = \frac{M_{0\phi} \cdot [1 - \omega_{\phi 1} \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda_{\phi 1})] \cdot \psi_{2\phi}}{D \cdot h_{\phi 1}^2} = \frac{0,73 \cdot [1 - 1,17 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,284)] \cdot 32}{2 \cdot 0,03^2} = 75,673 \text{ , МПа.}$$

$$\sigma_{\kappa\phi 2} = \frac{M_{0\phi} \cdot [1 - \omega_{\phi 2} \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda_{\phi 2})] \cdot \psi_{2\phi}}{D \cdot h_{\phi 2}^2} = \frac{0,73 \cdot [1 - 1,17 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,284)] \cdot 32}{2 \cdot 0,03^2} = 75,673 \text{ МПа.}$$

Кільцеве та меридіональне напруження у циліндричній втулці фланця від дії внутрішнього тиску P :

$$\sigma_{x\phi 1} = \sigma_{x\phi 2} = \frac{p \cdot D}{2 \cdot (S_o - C)} = \frac{0,5 \cdot 2}{2 \cdot (0,012 - 0,002)} = 50 \text{ ,}$$

$$\sigma_{y\phi 1} = \sigma_{y\phi 2} = \frac{p \cdot D}{4 \cdot (S_o - C)} = \frac{0,5 \cdot 2}{4 \cdot (0,012 - 0,002)} = 25.$$

Еквівалентні напруження в перерізі циліндричної втулки фланців:

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

$$\sqrt{(1451,97 + 25)^2 + 50 - (1451,97 + 25) \cdot 50} = 1452,616 \text{ , МПа,}$$

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

$$\sqrt{(1451,97 + 25)^2 + 50 - (1451,97 + 25) \cdot 50} = 1452,616 \text{ , МПа}$$

де $[\sigma_{\phi 1}^{S_o}]$, $[\sigma_{\phi 2}^{S_o}]$ - допустимі напруження матеріалу фланця у перерізі

$$S_o; [\sigma_{\phi 1}^{S_o}] = [\sigma_{\phi 2}^{S_o}] = 0,003 \cdot E_{\phi}^t = 0,003 \cdot 2 \cdot 10^5 = 600 \text{ МПа;}$$

ϕ - коефіцієнт міцності зварних швів, $\phi = 0,9$.

					ЛН71.065116.001 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Умови міцності виконуються.

Умови герметичності:

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

$$\frac{\sigma_{\kappa\phi 1} \cdot D}{E_{\phi 1} \cdot t \cdot h_{\phi 1}} = \frac{75,673 \cdot 2}{2 \cdot 10^5 \cdot 0,03} = 4,2 \cdot 10^{-3} < [\theta] = 0,009$$

$$\frac{\sigma_{\kappa\phi 2} \cdot D}{E_{\phi 2} \cdot t \cdot h_{\phi 2}} = \frac{75,673 \cdot 2}{2 \cdot 10^5 \cdot 0,03} = 4,2 \cdot 10^{-3} < [\theta] = 0,009$$

Умови герметичності виконуються.

Висновок: Приймаємо стандартні плоскі приварні у стик фланці з такими параметрами:

Внутрішній діаметр D, м	2000;
діаметр фланця, D_{ϕ} , м	2,230;
діаметр болтового кола, D_B , м	2,390;
товщина фланця, h_{ϕ} , м	0,044;
матеріал фланця	12X18H10T.

5.8 Розрахунок опор

Мета розрахунку: вибрати сідлову опору для апарату; перевірити наміцність та стійкість обичайку від дії реакцій сідлових опор.

Схема спирання посудини на сідлові опори та основна розрахункова схема зображені на рисунках 5.7 та 5.8.

					ЛН71.065116.001 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для встановлення горизонтальних апаратів на робочому місці використовують сідлові опори. Даний парогенератор необхідно встановлювати на сідлових опорах типу 2 виконання 2 [18].

Ескіз сідлової опори зображений на рисунку 5.9

Розрахунок проводимо згідно методики наведеної в [18], яка передбачає перевірку стійкості корпусу апарата від дії опорних навантажень, і, якщо є потреба визначення габаритів підкладного листа.

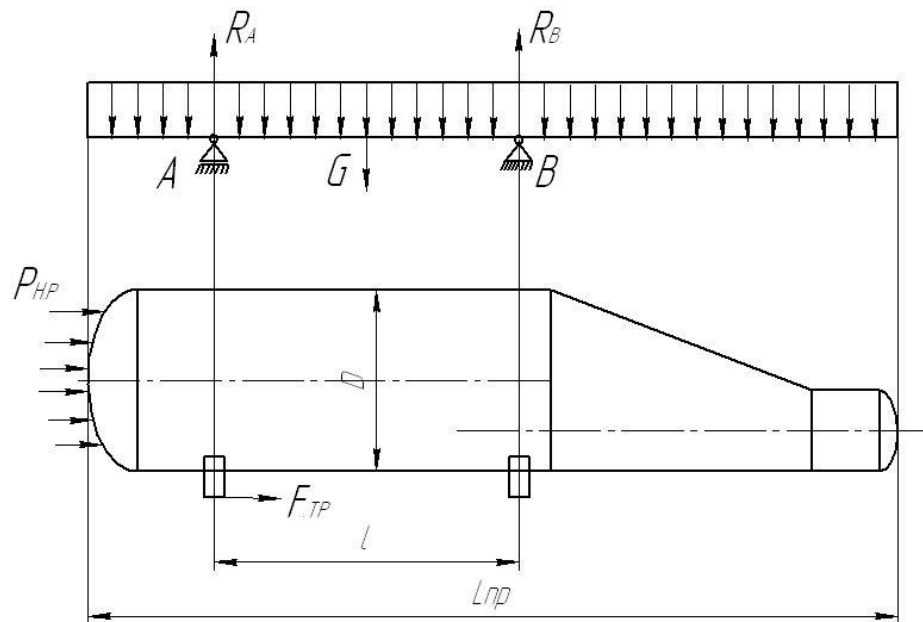


Рисунок 5.7 – Схема спирання посудини на сідлові опори та розрахункова схема для визначення опорних зусиль

Вихідні дані:

Вага апарата G , МН	0,76;
кількість опор n	2;
внутрішній надлишковий тиск P , МПа	0,1;
внутрішній діаметр обичайки D , м	2;
товщина обичайки S , м	0,01;

додаток до розрахункової товщини C , м	0,001;
довжина циліндричної частини корпусу L , м	6;
відстань між опорами l_1 , м	2,2;
відстань від опори до краю циліндричної частини корпусу a_1 , м	1,8;
кут охоплення обичайки опорним листом δ	140°;
ширина листа b , м	0,25;

матеріал корпусу	12X18H10T;
допустиме напруження при розрахунковій температурі $[\sigma]^t$, МПа	196;
модуль пружності при розрахунковій температурі E^t , МПа	$2 \cdot 10^5$

Навантаження на горизонтальні опори:

Розподілене навантаження за довжиною апарата:

$$q = \frac{G}{L + \frac{4}{3}H} = \frac{0.76}{6 + \frac{4}{3} \cdot 0.5} = 0.114 \text{ МН/м},$$

де $H=0,5$ м – висота опуклої частини еліптичного днища[15].

Зосереджений момент:

$$M_0 = \frac{qD^2}{4} = \frac{0,041 \cdot 2^2}{4} = 0,041 \text{ МН} \cdot \text{м}.$$

Відношення:

$$M_0 = \frac{a_1}{l_1} = \frac{1.5}{2.2} = 0.68$$

Довжина вільно виступаючої частини еквівалентної посудини:

$$e = a_1 + \frac{2}{3} \cdot H = 1,5 + \frac{2}{3} \cdot 0,5 = 1,83 \text{ м}.$$

Опорне зусилля:

$$F_1 = \psi_1 \cdot G_n = 1 \cdot 0,76 = 0,38 \text{ МН},$$

де ψ_1 – коефіцієнт, $\psi_1 = 1$ [19].

Вигинаючий момент над i -тою опорою:

$$M_1 = M_2 = \frac{qe^2}{2} - M_0 = \frac{0,041 \cdot 1,733^2}{2} - 0,041 = 0,021 \text{ МН} \cdot \text{м}.$$

Максимальний вигинаючий момент між опорами:

$$M_i = M_{12} = M_0 + F_1 \left(\frac{L}{2} - a_1 \right) - \frac{q}{2} \left(\frac{L}{2} + \frac{4}{3} H \right)^2 =$$

$$= 0,041 + 0,38 \cdot \left(\frac{6}{2} - 1,5 \right) - \frac{0,041}{2} \left(\frac{6}{2} + \frac{4}{3} \cdot 0,5 \right)^{0,25} = 0,34 \text{ МН} \cdot \text{м}.$$

Поперечне зусилля в перерізі над i -тою опорою:

$$Q_i = \frac{L - 2a_1}{4} F_i = \frac{6 - 2 \cdot 1,5}{4} \cdot 0,38 = 0,29 \text{ МН}.$$

Перевірка несучої спроможності обичайки, яка в області опорного вузла не підкріплена підкладним листом та кільцем жорсткості.

Умови застосування розрахункових формул і коефіцієнт міцності зварного шва:

$$60^\circ \leq \delta_1 = 140^\circ \leq 180^\circ,$$

$$\sqrt{D(S - C)} = 2 \cdot (0,01 - 0,001) = 0,018 < f = 0,14.$$

Умови виконуються, отже $\varphi = 1$.

Параметри системи:

Параметр, що визначається відстанню від вертикальної осі симетрії сідлової опори до днища:

$$\gamma = 2,83 \frac{a_1}{D} \sqrt{\frac{S - C}{D}} = 2,83 \cdot \frac{1,5}{2} \cdot \sqrt{\frac{0,01 - 0,001}{2}} = 0,14$$

					ЛН71.065116.001 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Параметр, що визначається шириною сідлової опори:

$$\beta = 0,91 \frac{b}{D(S-C)} = 0,91 \frac{0,25}{2 \cdot (0,01 - 0,001)} = 1,69$$

Загальне осьове мембранне напруження, що діє в області приєднання опорного вузла:

$$\sigma_{\max} = \frac{4M_i}{\pi \cdot D^2 (S-C)} = \frac{4 \cdot 0,021}{3,14 \cdot 2^2 \cdot (0,01 - 0,001)} = 0,74 \text{ МПа.}$$

Допустимий вигинаючий момент за умовою міцності циліндричної обичайки:

$$[M]_{\text{м}} = \frac{\pi}{4} D(D+S-C)(S-C)[\sigma] =$$

$$= \frac{3,14}{4} \cdot 2 \cdot (2 + 0,01 - 0,001) \cdot (0,01 - 0,001) \cdot 155 = 2,161 \text{ МПа.}$$

Допустимий вигинаючий момент за умовою стійкості в границях пружності:

$$[M]_{\text{Е}} = \frac{89 \cdot 10^{-6} E}{n_c} D^3 \left[\frac{100(S-C)}{D} \right]^{2,5} =$$

$$= \frac{89 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^5}{2,4} \cdot 2^3 \cdot \left[\frac{100(0,01 - 0,001)}{2} \right]^{2,5} = 1,38 \text{ МН.}$$

де n_c – коефіцієнт стійкості, $n_c = 2,4$ [18].

Допустимий вигинаючий момент:

$$[M] = \frac{[M]_{\text{м}}}{\sqrt{1 + \left(\frac{[M]_{\text{м}}}{[M]_{\text{Е}}} \right)^2}} = \frac{2,161}{\sqrt{1 + \left(\frac{2,161}{1,38} \right)^2}} = 1,16$$

Допустиме осьове стискуjące зусилля з умов стійкості циліндричної обичайки:

$$[F]_M = \pi(D + S - C)(S - C)[\sigma] =$$

$$= 3,14 \cdot (2 + 0,01 - 0,001) \cdot (0,01 - 0,001) \cdot 155 = 6,175 \text{ МН.}$$

Допустиме осьове стискуjące зусилля з умов стійкості в границях пружності:

$$[F]_E = \frac{310 \cdot 10^{-6} E}{n_c} D^2 \left[\frac{100(S - C)}{D} \right]^{2,5} =$$

$$= \frac{310 \cdot 10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^5}{2,4} \cdot 2^2 \cdot \left[\frac{100(0,01 - 0,001)}{2} \right]^{2,5} = 33,68 \text{ МН.}$$

Допустиме осьове стискуjące зусилля:

$$[F] = \frac{[F]_M}{\sqrt{1 + \left(\frac{[F]_M}{[F]_E} \right)^2}} = \frac{6,175}{\sqrt{1 + \left(\frac{6,175}{33,68} \right)^2}} = 6,07 \text{ МН.}$$

Допустиме поперечне зусилля за умовами міцності:

$$[Q]_M = 0,25 \cdot \pi \cdot D \cdot (S - C) \cdot [\sigma] = 0,25 \cdot 3,14 \cdot 2 \cdot (0,01 - 0,001) \cdot 155 = 2,19 \text{ МН.}$$

Допустиме поперечне зусилля за умовами стійкості в границях пружності:

$$[Q]_E = \frac{2,4 E (S - C)^2}{n_c} \left[0,18 + 3,3 \frac{D(S - C)}{L^2} \right] =$$

$$= \frac{2,4 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot (0,01 - 0,001)^2}{2,4} \cdot \left[0,18 + 3,3 \frac{2 \cdot (0,01 - 0,001)}{6^2} \right] = 2,94 \text{ МН.}$$

Допустиме поперечне зусилля:

$$[Q] = \frac{[Q]_M}{\sqrt{1 + \left(\frac{[Q]_M}{[Q]_E}\right)^2}} = \frac{2.19}{\sqrt{1 + \left(\frac{2.19}{2.94}\right)^2}} = 1.75 \quad \text{МН.}$$

Геометричні характеристики циліндричної обичайки без підкладного листа:

$$y = \frac{D}{S - C} = \frac{2}{0.01 - 0.001} = 222.2,$$

$$u = \frac{L}{D} = \frac{6}{2} = 3.$$

Коефіцієнт, що враховує часткове заповнення апарату рідиною:

$$K_9 = \max\{f(z); 1\} = \max\{1.54; 1\} = 1.54.$$

де $f(z) = 1.34$ визначається за наступною формулою:

$$\begin{aligned} z = & 1.6 - 0.20924 \cdot (u - 1) + 0.028702 \cdot u \cdot (u - 1) + 0.04795 \cdot 10^{-3} \cdot y \cdot (u - 1) - \\ & - 0.2391 \cdot 10^{-6} \cdot u \cdot y \cdot (u - 1) - 0.89936 \cdot 10^{-6} \cdot (u - 1) \cdot y^2 + \\ & + 0.88174 \cdot 10^{-6} \cdot u^2 \cdot (u - 1) - 0.75995 \cdot 10^{-8} \cdot y^2 \cdot (u - 1) \cdot u^3 + 0.48168 \cdot 10^{-9} \cdot (u - 1) \cdot y = \\ = & 1.6 - 0.20924 \cdot (222.22 - 1) + 0.028702 \cdot 222.22 \cdot (222.22 - 1) + 0.04795 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot \\ & \cdot (222.22 - 1) - 0.2391 \cdot 10^{-6} \cdot 222.22 \cdot 3 \cdot (222.22 - 1) - \\ & - 0.89936 \cdot 10^{-6} \cdot (222.22 - 1) \cdot 3^2 + 0.88174 \cdot 10^{-6} \cdot 222.22^2 \cdot (222.22 - 1) - \\ & - 0.75995 \cdot 10^{-8} \cdot 3^2 \cdot (222.22 - 1) \cdot 222.22^3 + 0.48168 \cdot 10^{-9} \cdot (222.22 - 1) \cdot 3 = \\ = & 1.54. \end{aligned}$$

Коефіцієнти, що враховує вплив ширини поясу опори

$$K_{10} = \max\left\{\frac{e^{-\beta} \sin \beta}{\beta}; 0.25\right\} = \max\{-0.0052; 0.25\} = 0.25,$$

$$K_{11} = \frac{1 - e^{-\beta} \sin \beta}{\beta} = \frac{1 - e^{3.243} \cdot \sin 1.69}{1.69} = 0.14$$

Коефіцієнти, що враховують вплив кута охоплення:

$$K_{12} = \frac{1,15 - 0,143 \cdot \delta_1 \cdot \frac{\pi}{180}}{\sin\left(0,5\delta_1 \cdot \frac{\pi}{180}\right)} = \frac{1,15 - 0,143 \cdot 140 \cdot \frac{3,14}{180}}{\sin\left(0,5 \cdot 140 \cdot \frac{3,14}{180}\right)} = 0,852,$$

$$K_{13} = \frac{\max\left\{1,7 - \frac{2,1\delta_1 \cdot \frac{\pi}{180}}{\pi}; 0\right\}}{\sin(0,5\delta_1)} = \frac{\max\left\{1,7 - \frac{2,1 \cdot 140 \cdot \frac{3,14}{180}}{3,14}; 0\right\}}{\sin\left(0,5 \cdot 140 \cdot \frac{3,14}{180}\right)} = 0,071,$$

$$K_{14} = \frac{1,45 - 0,43 \cdot \delta_1 \cdot \frac{\pi}{180}}{\sin\left(0,5 \cdot \delta_1 \cdot \frac{\pi}{180}\right)} = \frac{1,45 - 0,43 \cdot 140 \cdot \frac{3,14}{180}}{\sin\left(0,5 \cdot 140 \cdot \frac{3,14}{180}\right)} = 0,425.$$

Коефіцієнти, що враховують відстань від осі опори до днища:

$$K_{15} = \min\left\{1, 0; \frac{0,8\sqrt{\gamma} + 6\gamma}{\delta_1}\right\} = \min\left\{1, 0; \frac{0,8\sqrt{0,14} + 6 \cdot 0,14}{140 \cdot \frac{3,14}{180}}\right\} =$$

$$= \min\{1, 0; 0,467\} = 0,467,$$

$$K_{16} = 1 - \frac{0,65}{1 + (6\gamma)^2} \cdot \sqrt{\frac{\pi}{3\delta_1}} = 1 - \frac{0,65}{1 + (6 \cdot 0,14)^2} \cdot \sqrt{\frac{3,14}{3 \cdot 140 \cdot \frac{\pi}{180}}} = 0,751.$$

Коефіцієнти, що враховують геометричні розміри циліндричної обичайки:

$$K_{17} = \frac{1}{1 + 0,6\sqrt[3]{\frac{D}{S-C}} \frac{b}{D} \delta_1} = \frac{1}{1 + 0,6 \cdot \sqrt[3]{\frac{1,4}{0,01-0,001}} \cdot \frac{0,4}{1,4} \cdot 140 \cdot \frac{\pi}{180}} = 0,307,$$

$$K_{17} = \frac{1}{1 + 0,6\sqrt[3]{\frac{D}{S-C}} \frac{b}{D} \delta_1} = \frac{1}{1 + 0,6 \cdot \sqrt[3]{\frac{2}{0,01-0,001}} \cdot \frac{0,25}{2} \cdot 140 \cdot \frac{\pi}{180}} = 0,474$$

Перевірка несучої спроможності обичайки в перерізі між опорами.

Умова міцності:

$$\frac{PD}{4(S-C)} + \frac{4M_{12}K_9}{\pi D^2(S-C)} \leq \varphi[\sigma],$$

$$\frac{PD}{4 \cdot (S-C)} + \frac{4M_{12}K_9}{\pi D^2 \cdot (S-C)} = \dots = 4.08 \text{ МПа}$$

$$\varphi[\sigma] = \frac{0,1 \cdot 2 + 4 \cdot (-0,027) \cdot 1,54}{1,155 \cdot 3,14 \cdot 2 \cdot (0,01 - 0,001)} = 1,155 \text{ МПа}$$

Перевіряємо умову міцності за формулою (4.82):

$$4.08 < 155 \text{ МПа.}$$

Умова міцності виконується.

Умова стійкості:

$$\frac{|M_{12}|}{[M]} = \frac{0,027}{1,16} = 0.023 < 1$$

Умова стійкості виконується.

Коефіцієнт K_2 . За робочих умов $K_2=1,2$, за умов монтажу $K_2=1$ [19].

Коефіцієнти, що враховують ступінь навантаження загальними мембранними напруженнями:

У точці 2:

$$v_{21}^{(2)} = -\bar{\sigma}_{\max} \frac{K_2}{n_T[\sigma]} = -0.74 \cdot \frac{1,2}{1,5 \cdot 155} = -0.0038$$

$$v_{22}^{(2)} = \left(\frac{PD}{4(S-C)} - \bar{\sigma}_{\max} \right) \cdot \frac{K_2}{n_T[\sigma]} = \left(\frac{0,1 \cdot 2}{4(0,01 - 0,001)} - 0.74 \right) \cdot \frac{1,2}{1,5 \cdot 155} = 0.025$$

У точці 3:

					ЛН71.065116.001 ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\nu_{21}^{(3)} = 0,$$

$$\nu_{22}^{(3)} = \frac{P \cdot D}{2 \cdot (S - C)} \cdot \frac{K_2}{n_T [\sigma]} = \frac{0,1 \cdot 2}{2 \cdot (0,01 - 0,001)} \cdot \frac{1,2}{1,5 \cdot 155} = 0,057$$

Коефіцієнт, що враховує відношення місцевих мембранних напружень до місцевих напружень вигину.

У точці 2:

Оскільки $\nu_{21}^{(2)} = -0,01 < 0$ то:

$$\nu_{11}^{(2)} = \frac{0,23 \cdot K_{13} \cdot K_{15}}{K_{12} \cdot K_{10}} = \frac{0,23 \cdot 0,071 \cdot 0,467}{0,852 \cdot 0,25} = 0,036$$

Оскільки $\nu_{22}^{(2)} = 0,153 > 0$ то:

$$\nu_{12}^{(2)} = -\frac{0,23 \cdot K_{13} \cdot K_{15}}{K_{12} \cdot K_{10}} = -\frac{0,23 \cdot 0,071 \cdot 0,467}{0,852 \cdot 0,25} = -0,036.$$

У точці 3:

Оскільки $\nu_{21}^{(3)} = 0$, то:

$$\nu_{11}^{(3)} = -\frac{0,53 \cdot K_{11}}{K_{14} \cdot K_{16} \cdot K_{17} \cdot \sin(0,58)} = -\frac{0,53 \cdot 0,14}{0,425 \cdot 0,751 \cdot 0,307 \cdot \sin(0,5 \cdot 140 \frac{\pi}{180})} = -3,551$$

Оскільки $\nu_{22}^{(3)} = 0,327 > 0$, то:

$$\nu_{12}^{(3)} = -\frac{0,53 \cdot K_{11}}{K_{14} \cdot K_{16} \cdot K_{17} \cdot \sin(0,58)} = -\frac{0,53 \cdot 0,14}{0,425 \cdot 0,751 \cdot 0,474 \cdot \sin(0,5 \cdot 140 \frac{\pi}{180})} = -2,3.$$

Коефіцієнт K_1 .

У точці 2:

Оскільки $\nu_{11}^{(2)} = 0,052 \neq 0$, то:

					ЛН71.065116.001 ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\begin{aligned}
K_{11}^{(2)} &= \frac{1 + 3\nu_{11}^{(2)}\nu_{21}^{(2)}}{3(\nu_{11}^{(2)})^2} \left(\pm \sqrt{\frac{9 \cdot (\nu_{11}^{(2)})^2 [1 - (\nu_{21}^{(2)})^2]}{[1 + 3\nu_{11}^{(2)}\nu_{21}^{(2)}]^2} + 1} - 1 \right) = \\
&= \frac{1 + 3 \cdot 0,036 \cdot 0,015}{3 \cdot 0,036^2} \left(\sqrt{\frac{9 \cdot 0,036^2 \cdot [1 - 0,015^2]}{[1 + 3 \cdot 0,036 \cdot 0,015]^2} + 1} - 1 \right) = 1,5 \\
K_{11}^{(2)} &= \frac{1 + 3\nu_{12}^{(2)}\nu_{22}^{(2)}}{3(\nu_{12}^{(2)})^2} \left(\pm \sqrt{\frac{9 \cdot (\nu_{12}^{(2)})^2 [1 - (\nu_{22}^{(2)})^2]}{[1 + 3\nu_{12}^{(2)}\nu_{22}^{(2)}]^2} + 1} - 1 \right) = \\
&= \frac{1 + 3 \cdot (-0,036) \cdot 0,0046}{3 \cdot (-0,036)^2} \left(\sqrt{\frac{9 \cdot (-0,036)^2 \cdot [1 - 0,0046^2]}{[1 + 3 \cdot (-0,036) \cdot 0,0046]^2} + 1} - 1 \right) = 1,49, \\
K_1^{(2)} &= \min \{ K_{11}^{(2)}, K_{12}^{(2)} \} = \min \{ 1,5 ; 1,49 \} = 1,49
\end{aligned}$$

У точці 3:

Оскільки $\nu_{11}^{(3)} = -1,798 \neq 0$, то:

$$\begin{aligned}
K_{11}^{(3)} &= \frac{1 + 3\nu_{11}^{(3)}\nu_{21}^{(3)}}{3(\nu_{11}^{(3)})^2} \left(\pm \sqrt{\frac{9 \cdot (\nu_{11}^{(3)})^2 [1 - (\nu_{21}^{(3)})^2]}{[1 + 3\nu_{11}^{(3)}\nu_{21}^{(3)}]^2} + 1} - 1 \right) = \\
&= \frac{1 + 3 \cdot (-3,551) \cdot 0}{3 \cdot (-3,551)^2} \cdot \left(\sqrt{\frac{9 \cdot (-3,551)^2 \cdot [1 - (0)^2]}{[1 + 3 \cdot (-3,551) \cdot 0]^2} + 1} - 1 \right) = 0,021 \\
K_{11}^{(3)} &= \frac{1 + 3\nu_{12}^{(3)}\nu_{22}^{(3)}}{3(\nu_{12}^{(3)})^2} \left(\pm \sqrt{\frac{9 \cdot (\nu_{12}^{(3)})^2 [1 - (\nu_{22}^{(3)})^2]}{[1 + 3\nu_{12}^{(3)}\nu_{22}^{(3)}]^2} + 1} - 1 \right) = \\
&= \frac{1 + 3 \cdot (-3,551) \cdot 0,057}{3 \cdot (-3,551)^2} \cdot \left(- \sqrt{\frac{9 \cdot (-3,551)^2 \cdot [1 - 0,057^2]}{[1 + 3 \cdot (-3,551) \cdot 0,057]^2} + 1} - 1 \right) = 0,29
\end{aligned}$$

$$K_1^{(3)} = \min \{ K_{11}^{(3)}, K_{12}^{(3)} \} = \min \{ 0,0021; 0,29 \} = 0,0021$$

Граничне напруження вигину:

У точці 2:

$$[\sigma_1]^{(2)} = K_1^{(2)} [\sigma] \frac{n_T}{K_2} = 1,5 \cdot 155 \frac{1,5}{1,2} = 290.63 \text{ МПа.}$$

У точці 3:

$$[\sigma_1]^{(3)} = K_1^{(3)} [\sigma] \frac{n_T}{K_2} = 0,021 \cdot 155 \cdot \frac{1,5}{1,2} = 40.06 \text{ МПа.}$$

Допустимі опорні зусилля від навантажень в осьовому напрямку в точці 2:

$$[F]^{(2)} = \frac{0,7 \cdot [\sigma_1]^{(2)} \sqrt{D \cdot (S - C)} \cdot (S - C)}{K_{10} K_{12}} =$$

$$= \frac{0,7 \cdot 290.63 \cdot \sqrt{2 \cdot (0,01 - 0,001)} \cdot (0,01 - 0,001)}{0,25 \cdot 0,852} = 1.15 \text{ МН.}$$

Допустимі опорні зусилля від навантажень в осьовому напрямку в точці 3:

$$[F]^{(3)} = \frac{0,9 \cdot [\sigma_1]^{(3)} \sqrt{D \cdot (S - C)} \cdot (S - C)}{K_{14} K_{16} K_{17}} =$$

$$= \frac{0,9 \cdot 40.06 \cdot \sqrt{2 \cdot (0,01 - 0,001)} \cdot (0,01 - 0,001)}{0,425 \cdot 0,751 \cdot 0,307} = 0.45 \text{ МН.}$$

Ефективне осьове зусилля від місцевих мембранних напружень, що діють в області опори:

$$F_e = F_i \frac{\pi}{4} \sqrt{\frac{D}{S - C}} K_{13} K_{15} =$$

					ЛН71.065116.001 ПЗ	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$= 0,132 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot \sqrt{\frac{2}{0,01 - 0,001}} \cdot 0,071 \cdot 0,467 = 0,05 \text{ МН} \cdot \text{м}$$

Умова стійкості:

$$\frac{M_i}{[M]} + \frac{F_e}{[F]} + \left(\frac{Q_s}{[Q]} \right)^2 = \frac{0,021}{1,16} + \frac{0,07}{6,07} + \left(\frac{0,29}{1,75} \right)^2 = 0,057 < 1.$$

Умова стійкості виконується

Умова міцності опорного вузла:

$$F_i \leq \min \{ [F]^{(2)}; [F]^{(3)} \},$$

$$0,132 \text{ МН} < \min \{ 1,15 ; 0,45 \} \text{ МН}.$$

Умова міцності опорного вузла виконується, підкладний лист застосовувати не треба.

5.9 Розрахунок ізоляції

Мета розрахунку: розрахувати та визначити товщину ізоляції корпусу і днища апарату.

Розрахункова схема зображена на рисунку 5.10.

Методика розрахунку подана в [20].

Вихідні дані:

температура оточуючого середовища $t_c, ^\circ\text{C}$, 20;

температура в корпусі $t_k, ^\circ\text{C}$ 65;

температура в днищі $t_d, ^\circ\text{C}$ 600;

зовнішній діаметр корпусу d ,м 2,000;

матеріал ізоляції скляне штапельне волокно.

					ЛН71.065116.001 ПЗ	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок ведемо за методикою [20].

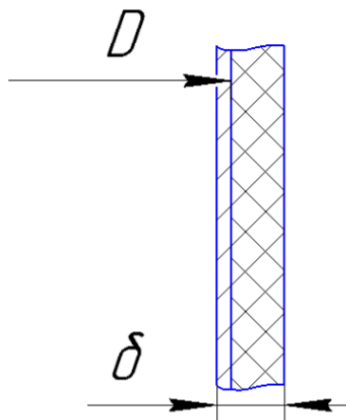


Рисунок 5.10– Схема ізоляції

Середня температура теплоізоляційного шару корпуса апарата:

$$t_{\text{шк}} = \frac{(t_k + 40)}{2} = \frac{(65 + 40)}{2} = 52.5^\circ\text{C}.$$

Теплопровідність теплоізоляційного шару в конструкції:

$$\lambda_{\text{к1}} = 0,042 + 0,0028 \cdot t_{\text{шк}} = 0,042 + 0,0028 \cdot 52.5 = 0.189 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}.$$

Опір теплопередачі на один метр довжини теплоізоляційної конструкції:

$$r_1 = \frac{t_k - t_c}{q_1 \cdot K} = \frac{65 - 20}{140 \cdot 1} = 0,32 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт},$$

де q_1 – нормована лінійна щільність теплового потоку з одного метра довжини циліндричної теплоізоляційної конструкції, $q_1 = 140 \text{ Вт/м}^2$,

K_1 – коефіцієнт, який враховує зміну вартості теплоти й теплоізоляційної конструкції, $K_1 = 1$.

					ЛН71.065116.001 ПЗ	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відношення зовнішнього діаметра ізоляційного шару до зовнішнього діаметра ізоляційного об'єкта:

$$B = \exp \left(2 \cdot \pi \cdot \lambda_{\text{кл}} \cdot \left[r_1 - r_m - \frac{1}{\alpha_e \cdot \pi \cdot (d + 0,1)} \right] \right) =$$

$$= \exp \left(2 \cdot 3,14 \cdot 0,189 \cdot \left[0,32 - 0 - \frac{1}{12 \cdot 3,14 \cdot (2 + 0,1)} \right] \right) = 1,44$$

де α_e – коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні теплоізоляційної конструкції до оточуючого середовища, $\alpha_e = 12 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$,

r_m – термічний лінійний опір, $r_m = 0$.

Попередньо товщина теплоізоляційного шару:

$$\delta_{\text{кл}} = \frac{d}{2} \cdot (B - 1) = \frac{2}{2} \cdot (1,44 - 1) = 0,44 \text{ м}$$

Тоді товщина теплоізоляційного шару

$$\delta_{\text{к}} = \delta_{\text{кл}} \cdot K_c \cdot \frac{d + \delta_{\text{кл}}}{d + 2 \cdot \delta_{\text{кл}}} = 0,44 \cdot 1,6 \cdot \frac{d + 0,44}{d + 2 \cdot 0,44} = 0,6$$

де K_c – коефіцієнта ущільнення ізоляції, $K_c = 1,6$.

Приймаємо товщину ізоляції $\delta_{\text{к}} = 0,1 \text{ м}$.

Середня температура теплоізоляційного шару днища апарата:

$$t_{\text{шд}} = \frac{(t_{\text{д}} + 40)}{2} = \frac{(600 + 40)}{2} = 320 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Теплопровідність теплоізоляційного шару в конструкції:

$$\lambda_{\text{д}} = 0,042 + 0,0028 \cdot t_{\text{шд}} = 0,042 + 0,0028 \cdot 320 = 0,938 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}).$$

Опір теплопередачі на один метр довжини теплоізоляційної конструкції:

$$t_{\text{шд}} = \frac{(t_{\text{Д}} - t_{\text{С}})}{q \cdot K} = \frac{(600 - 20)}{140 \cdot 1} = 4,43.$$

					ЛН71.065116.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

де q_2 – нормована лінійна щільність теплового, $q_2 \leq 140$ Вт/м .

Термічний опір теплоізоляційної конструкції:

$$R = r - \frac{1}{\alpha_m} - r = 4.43 - \frac{1}{12} - 0 = 4,35$$

Попередньо товщина теплоізоляційного шару:

$$\delta_{d1} = \lambda_d \cdot R = 0,938 \cdot 4,35 = 4,08 \text{ м.}$$

Тоді товщина теплоізоляційного шару:

$$\delta = \delta \cdot K \cdot \frac{d + \delta_{d1}}{d + 2 \cdot \delta_{d1}} = 4,08 \cdot 1,6 \cdot \frac{2 + 4,08}{2 + 2 \cdot 4,08} = 3,9 \text{ м.}$$

Приймаємо товщину ізоляції $\delta_d = 0,006$ м.

Висновок: товщини ізоляції складає для корпусу $\delta_k = 0,01$ м і днища $\delta_d = 3,9$ м.

5.10 Розрахунок укріплення отворів

Мета розрахунку: визначити, чи потребують отвори укріплення.

Розрахункова схема зображена на рисунку 5.11.

Методика розрахунку подана в [20]

Вихідні дані:

діаметр апарату D ,м	2;
діаметр отвору d ,м	0,52;
виконавча товщина стінки S ,м	0,01;

Розрахунок ведемо за методикою [21].

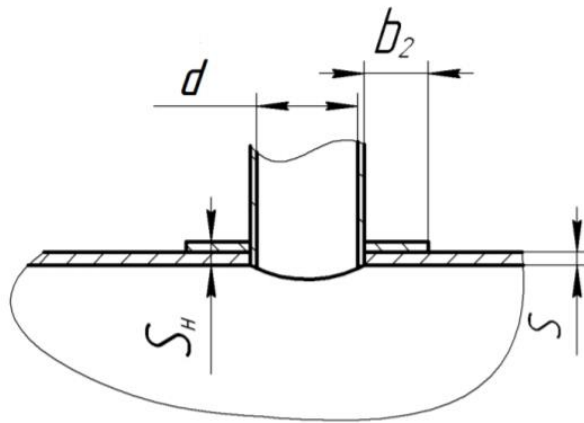


Рисунок 5.11– Схема укріплення отворів

Умова поодинокості отвору

$$\Delta = 2D \cdot (S - C) = 2 \cdot 2 \cdot (0,01 - 0,001) = 0,036 \text{ м}$$

де C – додаток до розрахункової товщини, $C = 0,001 \text{ м}$

Найбільший допустимий діаметр отвору, який не потребує укріплення:

$$d_o = 2 \cdot \left[\left(\frac{S - C}{S_p} \right) - 0,8 \cdot \sqrt{D \cdot (S - C)} - C_{ш} \right] =$$

$$2 \cdot \left[\left(\frac{0,01 - 0,001}{0,005} \right) - 0,8 \cdot \sqrt{2 \cdot (0,01 - 0,001)} - 0,001 \right] = 0,169 \text{ м}$$

де S_p – розрахункова товщина стінки обичайки, $S_p = 0,005 \text{ м}$;

$C_{ш}$ – додаток до товщини штуцера, $C_{ш} = C = 0,001$.

Висновок : Укріплення отворів за даних умов не потрібно.

6 Рекомендації, щодо монтажу та експлуатації парогенератора

Методичні дані подані в [24].

До складальних робіт з монтажу відноситься установка апарату, та приєднанні допоміжного деталей. Паралельно проводиться налагодження роботи парогенератора, та підготовка до подальшого використання.

Загальні вказівки:

- а) транспортування апарату, зберігання повинні відповідати технічним стандартам, з метою уникнення механічних пошкоджень частин апарату та уникнення корозійних процесів.
- б) стропування має виконуватись у відповідності зі схемою, яка вказана в даних апарату.
- в) заборонено стропувати парогенератор за його частини які виступають;
- г) транспортування комплектуючих частин, які прийшли в окремих коробках проводити обережно;

Заходи перед монтажем:

- здійснити розкриття та перевірку всіх одиниць та деталей;
- Звірити наявність всіх деталей апарату з документах;

Заходи безпеки під час монтажу та ремонту апарату:

- а) робота може здійснюватись тільки з дотриманням усіх правил безпеки встановлених на підприємстві.
- б) мають діяти всі заходи безпеки, які запобігають перекиданню апарату ;
- в) заборонено втручання у конструкцію апарату та проведення ремонт під час роботи;
- г) примусова зупинка апарату відбуватися за таких випадків:
 - підвищення параметрів вище дозволених технічною характеристикою;
 - проявлення розгерметизації апарату чи пошкоджень , що відповідають за герметичність.

					ЛН71.065116.001 ПЗ	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- виявлення недоліків у роботі контрольно-вимірювальних приладів;
- при виникненні пожежі, або інших надзвичайних ситуацій;
- вираження недостачі кріпильних виробів (бовтів, гайок тощо.);

д) у холодну пору року не припускається замерзання розчину в апараті;

е) апарати не повинні створювати шум, який перевищує встановлені норми;

ж) попереджуючі знаки та щитки повинні використовуватися на місці монтажу.

Підготовка до роботи:

а) власник підприємства зобов'язаний отримати регламент установки з умовами експлуатації апарата;

б) перед пуском апаратів в експлуатацію має бути видалене повітря . Вміст кисню в речовині, має складати не більше 2% за показниками вимірювальних приладів.

Перед увімкненням апарата має бути перевірено:а)

надійність усіх з'єднань;

б) герметичність приєднання трубопроводів у апараті.

Перевірка технічного обслуговування:

а) за потребою слюсарем виробництва проводиться ремонт або заміна манометрів, термометрів тощо у випадку виходу приладів з ладу;

б) плановий ремонт апаратів може бути проведений по додіючому на виробництві положенню.

					ЛН71.065116.001 ПЗ	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7 Рівень стандартизації та уніфікації

Стандартизація у машинобудуванні – установлення і використання стандартів з метою упорядкування. До стандартного належить виріб (складова частина, деталь, складальна одиниця) застосований згідно з державним чи галузевим стандартом, яким встановлено його конструкцію, якісні характеристики, методи контролю.

Уніфікація – приведення виробів або їх елементів до однієї форми, розмірів, структури, та складу.

Розрахунок виконаний за [25]

Мета розрахунку: визначення рівня стандартизації та уніфікації парогенератора.

Вихідні дані:

Загальна кількість деталей N , шт 600;

Кількість стандартних деталей n_c , шт 370;

Кількість уніфікованих деталей n_z , шт 104; Коефіцієнт стандартизації:

Коефіцієнт стандартизації:

$$K_c = \frac{n_c}{N} = 0.61$$

Коефіцієнт уніфікації:

$$K_y = \frac{n_c + n_z}{N} = 0.79$$

Висновок: у результаті розрахунку встановлено, що коефіцієнт стандартизації $K_c=0.61$, а коефіцієнт уніфікації $K_y=0.79$.

					ЛН71.065116.001 ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8.Економічна частина проекту

Методичні дані подані в [22].

Підвищення рівня конкурентоспроможності продукції вітчизняного хімічного машинобудування неможливе без впровадження нових технологій, сучасних прогресивних конструкційних матеріалів, а також без технічного оновлення, модернізації та будівництва нових дільниць, цехів та підприємств в цілому. Все це потребує великих інвестицій, яких не завжди вистачає в умовах останніх років трансформації економіки країни на нові засади ринкової економіки.

Виходячи з цього, кожен технічний проект або будь – яке нововведення повинні бути ретельно обґрунтовані з економічної точки зору.

Економічна частина даного дипломного проекту має на меті зробити техніко-економічні обґрунтування доцільності модернізації конкретно обраного апарату (парогенератора), в якому проходить теплообмінний процес, зокрема, утворення парів метанолу . Такі апарати знайшли в даний час широке застосування в хімічній, харчовій, біологічній та і в інших галузях промисловості. Зокрема такі апарати допомагають підтримувати відповідну температуру і вологість під час транспортування різних товарів для подальшого використання, чи зберігання. Таким чином виконання робіт по удосконаленню конструкції парогенератора є досить актуальною проблемою, яке вимагає вирішення і яке може сприяти підвищенню ефективності виробництва.

При виконанні робіт по удосконаленню конструкції діючого апарату необхідно було обрати базисний зразок аналогічного апарату для порівняння їх техніко-економічних показників. Такий базисний апарат має горизонтальний корпус з еліптичними кришками, теплообмінні труби.

8.1 Техніко – економічні показники

Методичні дані подані в [22]

					ЛН71.065116.001 ПЗ	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Даний базисний апарат має досить добрі експлуатаційні характеристики.

Однак з нашої точки зору є цілий ряд невикористаних резервів, реалізація яких може суттєво підвищити експлуатації базисного апарату. Зокрема, з метою інтенсифікації процесу теплообміну пропонується виконати таку роботу по зміні конструкції парогенератора:

- 1) змінити конструкцію теплообмінних труб.

Таким чином виконана робота дозволяє нам:

- 1) інтенсифікувати процес теплообміну;
- 2) підвищити коефіцієнт тепловіддачі.

Основні техніко-економічні показники базового та модернізованого парогенератора представлено в таблиці 8.1.

Таблиця 8.1 – Порівняльна характеристика базового та модернізованого парогенератора

Назва показників	Одиниця вимірювання	Конструкція	
		Базова	Модернізована
1	2	3	4
Продуктивність парогенератора за метанолом	кг/с	1	1
Тиск у парогенератору: - трубний простір	МПа	0,12	0,12

Продовження таблиці 8.1

1	2	3	4
- міжтрубний простір	МПа	0,1	0,1
Температура метанолу:			
- на вході	К	338	338
- на виході		338	338
Температура димових газів:			
- на вході	К	873	873
- на виході		673	673
Вартість парогенератора Ф _{перв} (первісна)	тис.грн.	65	80
Тривалість ремонтного циклу	місяців	15	17
Габаритні розміри парогенератора:			
- довжина	мм	5600	5600
- внутрішній діаметр		2000	2000
Маса апарату	кг	7250	7250

8.2 Розрахунки витрат на проведення проектно-конструкторських робіт по удосконаленню парогенератора

Методичні дані подані в [22]

Модернізацію базового апарату (парогенератора) розраховуємо у відповідності зі ступенем складності та обсягів проектно-конструкторської документації, яку необхідно розробити на етапи конструкторської підготовки.

Модернізація діючого устаткування означає його вдосконалення з метою попередження або усунення фізичного зносу, техніко-економічного старіння та підвищення його технічних параметрів до рівня сучасних вимог.

Економічно доцільно здійснювати модернізацію устаткування під час проведення його капітального ремонту. Зазвичай модернізація устаткування хімічної та нафтопереробної галузей промисловості забезпечує збільшення його продуктивності на 10-18%, а здійснені згідно з нею витрати не перевищують половини вартості нових знарядь виробництва аналогічного призначення.

Розрахунки ефективності на проведення модернізації устаткування полягають у визначенні коефіцієнта ефективності витрат n_p , який розраховується за формулою [22, с. 6]

$$n = 1 - \frac{M_i + S_{e_i}}{K_{H_i} \alpha \beta + S_{H_i a_i}}, \quad (8.1)$$

де M_i - сукупні витрати на проведення модернізації устаткування, грн.;

S_{e_i} - перевищення експлуатаційних (поточних) витрат модернізованого устаткування порівняно з новим аналогічним устаткуванням, грн.;

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

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

β - коефіцієнт співвідношення тривалості ремонтного циклу модернізованого

					ЛН71.065116.001 ПЗ	Арк.
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

устаткування та аналогічного нового устаткування;

S_{a_i} - втрати від недоамортизації устаткування, яке підлягає модернізації.

Розрахований по формулі (8.1) коефіцієнт n_{p_i} може мати позитивні, негативні або нульове значення (таблиця 8.2).

Сукупні витрати M_i на проведення модернізації устаткування складаються з таких окремих елементів, а саме:

- матеріальні витрати (вартість сировини, матеріалів, комплектуючих виробів та енергоносіїв, які необхідні для виконання модернізації);
- витрати на оплату праці (заробітна плата розробників конструкторської та технологічної документації; заробітна плата основних робітників, які виконують роботи по модернізації устаткування; відрахування на соціальне страхування);
- амортизація, яка нарахована на діюче устаткування, яке підлягає модернізації;
- інші види витрат.

Таблиця 8.2 - Значення коефіцієнту ефективності витрат n_p на модернізацію устаткування [22, с.6, таблиця 2]

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

З достатньою для розрахунків точністю, яка базується на практичних даних

підприємств хімічного машинобудування, величина сукупних витрат M_i на модернізацію устаткування може бути розрахована по формулі [19, с. 7]:

$$M = \Phi_{i_{\text{перв}}}^{\text{мод}} \cdot K, \quad (8.2)$$

де $\Phi_{i_{\text{перв}}}^{\text{мод}}$ – первісна (відновлена) вартість устаткування, яке підлягає модернізації;

K_i - коефіцієнт витрат, величина якого залежить від виду і типу устаткування, яке підлягає модернізації. Рекомендовані величини коефіцієнтів K_i приведені в [22, с. 8, таблиця 3].

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

Згідно даних підприємств, де експлуатується аналогічне обладнання, первісна вартість парогенератора $\Phi_{\text{перв}}^{\text{мод}} = 80$ тис. грн.

Величина коефіцієнта витрат на модернізацію K_i згідно даних табл. 3 [22, стор.8] $K_i = 0,06$.

Таким чином величина витрат для проведення модернізації парогенератора:

$$M = \Phi_{i_{\text{перв}}}^{\text{мод}} \cdot K = 80000 \cdot 0,06 = 4800 \text{ грн.}$$

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

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

З достатнім для розрахунків ступенем точності, який базується на практичних даних підприємств хімічного машинобудування, величина

					ЛН71.065116.001 ПЗ	Арк.
						86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перевищення експлуатаційних (поточних) витрат по модернізованому устаткуванню порівняно з новим аналогічним устаткуванням S_{ei} може бути розрахована по формулі [22, с. 9]:

$$S = q \cdot \Phi_{e, b_i \text{ перв}}^{\text{мод}} - q \cdot \Phi_{b_n \text{ перв}}^{\text{нов}}, \quad (8.3)$$

де q_{b_i} – коефіцієнт експлуатаційних (поточних) витрат устаткування, яке підлягає модернізації;

q_{b_n} – коефіцієнт експлуатаційних (поточних) витрат аналогічного нового устаткування;

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

Таким чином розраховуємо величину перевищення поточних витрат по модернізованому устаткуванню порівняно з новим аналогічним устаткуванням:

$$S = q \cdot \Phi^{\text{мод}} - q \cdot \Phi = 0.12 \cdot 80000 - 0.1 \cdot 65000 = 3100$$

Примітка: Згідно даних, які вміщують інтернет-відомості вартість нового аналогічного устаткування складає $\Phi_{\text{перв}}^{\text{нов}} = 65 \text{ тис. грн.}$

Коефіцієнт співвідношення продуктивності модернізованого устаткування та аналогічного нового устаткування α розраховується по формулі [22, с. 11]:

$$\alpha = \frac{\Pi_i}{\Pi_{\text{нов}}}, \quad (8.4)$$

де Π_i – продуктивність або інший один з найбільш важливих показників, який характеризує роботу устаткування, яке підлягає модернізації;

$\Pi_{\text{нов}}$ – продуктивність або інший один з найбільш важливих показників, який характеризує роботу аналогічного нового устаткування.

Тоді коефіцієнт співвідношення продуктивності модернізованого устаткування та аналогічного нового устаткування становить:

					ЛН71.065116.001 ПЗ	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\alpha = \frac{\Pi_i}{\Pi_{\text{нов}}} = \frac{5}{4} = 1,25.$$

Коефіцієнт співвідношення тривалості ремонтного циклу модернізованого устаткування та аналогічного нового устаткування β розраховується по формулі [22, с. 11]:

$$\beta = \frac{T_{\text{мод}}}{T_{\text{нов}}}, \quad (8.5)$$

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

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

Таким чином, коефіцієнт співвідношення тривалості ремонтного циклу модернізованого устаткування та аналогічного нового устаткування β становить:

$$\beta = \frac{T_{\text{мод}}}{T_{\text{нов}}} = \frac{17}{15} = 1,133.$$

Тривалість ремонтного циклу устаткування – це період часу між двома капітальними ремонтами устаткування, або тривалість часу між придбанням устаткування та першим ремонтом. В якості показників ремонтного циклу можуть також використовуватися показники виробітку продукції між двома капітальними ремонтами устаткування та інші аналогічні показники.

Підставляючи всі знайдені величини у формулу (8.1), необхідно отримати величину коефіцієнта ефективності витрат n_{pi} , розрахункова величина якого дає нам змогу зробити висновки щодо доцільності проведення модернізації обраного в дипломному проекті устаткування.

$$n_{pi} = 1 - \frac{M_i + S_{ei}}{K_{\text{H}_i a_i} \cdot \alpha \cdot \beta + S} = 1 - \frac{4800 + 3100}{65000 \cdot 1,25 \cdot 1,133 + 10000} = 0,07.$$

Висновок: розраховане значення коефіцієнта ефективності витрат $n_{pi} > 0$, а це значить, що модернізація парогенератора є економічно доцільна. У якості аналога використовувався сучасний парогенератор.

					ЛН71.065116.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		88

Висновки

У дипломному проекті освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» на тему «Модернізація випарника виробництва метанолу» розроблено горизонтальний парогенератор для виробництва метанолу.

У результаті виконання дипломного проекту було зроблено опис технологічного процесу, вибрано тип випарника, обґрунтовано вибір конструкції апарата, порівняно основні показники розробленої конструкції з аналогами, проведено патентне дослідження, розроблено рекомендації з охорони праці, проведено розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції: параметричний, діаметра штуцерів, циліндричної обичайки, еліптичної кришки, трубної решітки, теплової ізоляції та гідравлічний, розроблено рекомендації щодо монтажу та експлуатації, визначено рівень стандартизації та уніфікації, здійснено техніко-економічне обґрунтування модернізації. Частину розрахунків виконано у мові програмування Mathcad.

Графічна частина проекту виконана у середовищі КОМПАС 3DV-18 і включає в себе принципову схему установки – А1, складальні креслення: парогенератор – А1, корпус – А1, трубчатка– А2. До складальних креслень виконано специфікації. За період виконання дипломного проекту отримано три тези, дві з яких у “збірнику тез доповідей XXVII-XXVIII всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених” та одну міжнародну тезу в “Science without borders”. Модернізація спрямована на підвищення ефективності теплообміну, і вирішується шляхом встановлення оребрених труб, що ефективно підвищує коефіцієнт тепловіддачі.

Выводы

В дипломном проекте образовательно-квалификационного уровня «бакалавр» на тему «Модернизация испарителя установки производства метанола» был модернизирован испаритель для получения метанола в процессе его производства.

В результате выполнения дипломного проекта было сделано описание технологического процесса, выбрано тип испарителя, обосновано выбор конструкции аппарата, осуществлено сравнение показателей разработанной конструкции и аналогов, осуществлено патентный поиск, разработано рекомендации по охране труда, сделаны расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность конструкции: параметрический, диаметра штуцеров, цилиндрической обечайки, эллиптической крышки, трубной решетки, тепловой изоляции и гидравлический, разработаны рекомендации по монтажу и эксплуатации, определен уровень стандартизации и унификации, осуществлено технико-экономическое обоснование модернизации. Часть расчетов выполнено в языке программирования Mathcad.

Графическая часть выполнена в среде КОМПАС – 3DV18 и состоит из принципиальной схемы установки – А1, сборочных чертежей: испаритель – А1, корпус – А1, трубчатка – А2, . К сборочным чертежам составлены спецификации. За период выполнения дипломного проекта получено три тезиса, две из которых в "сборнике тезисов докладов XXVII-XXVIII всеукраинской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых" и один международный тезис в “Science without borders”. Модернизация направлена на повышение эффективности теплообмена, и решается путем установки оребренных труб вместо стандартных труб, чтобы повысить коэффициент теплоотдачи.

					ЛН71.065116.001 ПЗ	Арк.
						90
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Conclusions

In the Bachelor Diploma project on the theme: "Modernization of a steam generator for the production of methanol" has been developed.

As a result of the graduation project was made a description of the process, select the type of steam generator, a choice justified by the design staff, carried out comparing the performance of the developed design and unique, patent search done, developed recommendations for the protection of labor, made calculations, confirming the efficiency and reliability of the design: parametric, diameter nozzle, a cylindrical shell, elliptical cap, tube sheet, thermal insulation and hydraulic recommendations for installation and operation, defined level of standardization and unification done a feasibility study of modernization. Some of the calculations are performed in the Mathcad programming language.

The graphical part is made in the COMPASS environment - 3DV18 and consists of a set of concept - A1, assembly drawings: steam generator - A1 body - A1, tubule - A2. For assembly drawings made specification. During the implementation of the diploma project received three theses, two of which in the "collection of abstracts of the XXVII-XXVIII All-Ukrainian scientific-practical conference of students, graduate students and young scientists" and one international thesis in "Science without borders". Modernization is sent to the increase of efficiency of heat exchange, and decides by establishment of additional ribs in a middle heat-exchange pipes, where the coefficient of heat exchange is less.

					ЛН71.065116.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		92

Перелік посилань:

1. Патент №121984 (UA), МПК 2006.01 F22B 1/02. Парогенератор з горизонтальним пучком теплообмінних труб/ Лахов Дмитрій Олександрович, Сафронов Олексій Володимирович; Заявка № а20170736, 12.06.2017; Опубл. 25.08.2020, Бюл. №16
2. Патент №121124 (UA), МПК 2006.01 F22B 1/02 „Парогенератор з горизонтальним пучком теплообмінних труб/ Лахов Дмитрій Олександрович, Сафронов Олексій Володимирович;; Заявка № а201707374, 16.11.2015; Опубл. 10.04.2020, Бюл. №.7
3. Патент №121982 (UA), МПК 2006.01 G21C 15/18 G21C 1/02 F22B 1/08. Система відводу тепла через парогенератор/Езлепкін Володимир Вікторович; Заявка № а201707010, 16.05.2015; Опубл. 25.08.2020, бюл. № 16
4. Patent № : US 2020/0056778 A1 Methanol-based evaporator, ApplicationNo. 16 / 492,638 , Date of Patent Feb. 20, 2020
5. Patent № US 10,803,997 B2 Composite methanol evaporator, ApplicationNo. : 15 / 156,114, Date of Patent Oct. 13, 2020
6. ГОСТ 5632 – 72. Стали высоколегированные и сплавы коррозионностойкие, жаростойкие и жаропрочные.
7. Лашинский А. А. Конструирования сварных химических аппаратов - Л.: Машиностроение, 1981. – 385 с.
8. Застосування матеріалів у хімічному машинобудуванні. Сталі й чавуни: Навчальний посібник для студентів, які навчаються за напрямком „Машинобудування” спеціальність "Обладнання хімічних виробництв та підприємств будівельних матеріалів"/ НТУУ „КПІ”; уклад. І.А. Андреев, О.Г. Зубрій, І.О. Мікульонок,. - Київ : НТУУ „КПІ”, 1999. - 148 с.
9. ГОСТ 9940–81 Трубы безшовные горячедеформированные из коррозионно – стойкой стали.

					ЛН71.065116.001 ПЗ	Арк.
						93
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. Дытнерский Ю. И. Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 1983. 272 с.
11. Основи охорони праці. Жидецький В.Ц. 2004.
12. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков В.Н. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. – Л.: Химия, 1987. – 576 с.
13. Yaws C.L. Chemical Properties Handbook: Physical, Thermodynamics, Engironmental Transport, Safety and Health Related Properties for Organic and Inorganic Chemicals. McGraw-Hill, 1999. – 772 p.
14. Иоффе И.Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии. – Л.: Химия, 1991. – 352.
15. ГОСТ 14249 – 89. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность.
16. Лацинский А. А., Толчинский А. Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры – Л.: Машиностроение, 1970. – 752 с
17. Конструювання фланцевих з'єднань сталених посудин та апаратів. Навч. Посібник / І. О. Мікульонок. – К.: ІСДО, 1997. – 151 с
18. Конструювання опорних вузлів хімічних апаратів і перевірка несучої спроможності обичайок на дію опорних навантажень: Навч. посібник / В. Г. Доброногов, І. О. Мікульонок. – К.: ІСДО, 1995. – 184 с.\
19. Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию. 2-е изд., перераб. – М.: Химия, 1991. – 496 с.
20. Мікульонок І. О. Проектування теплової ізоляції обладнання хімічних виробництв. Навч. посібник– К НАУК ДУМКА, 1999 – 152 с.
21. Тимонин А. С. Основы конструирования и расчета химико- технологического и природоохранного оборудования. Справочник, том 1, изд. 2-е, перер. и доп. Калуга – 2002, 847с.
22. Укладач : А. М. Задольський, канд.екон. наук, доц., О. О. Шаповаленко. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломних проектів

					ЛН71.065116.001 ПЗ	Арк.
						94
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

бакалаврів (для студентів інженерно – хімічного факультету). Київ. – 2010. – 16 с.

23. Методичні вказівки до виконання дипломного проекту освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр». [Електронний ресурс]: для студентів, які навчаються за напрямком „Машинобудування” спеціальність "Обладнання хімічних виробництв та підприємств будівельних матеріалів"/ НТУУ „КПІ”; уклад., А.Р. Степанюк, К.О. Гатілов,. - Київ : НТУУ „КПІ”, 2011. - 64 с.

24. Технологическая инструкция до монтажу аппарата, 1958.

25. Методичні вказівки до виконання дипломного проекту освітньо-кваліфікаційного рівня «Бакалавр». [Електронний ресурс]: для студентів, які навчаються за напрямком „Машинобудування” спеціальність "Обладнання хімічних виробництв та підприємств будівельних матеріалів"/ НТУУ „КПІ”; уклад., А.Р. Степанюк, К.О. Гатілов,. - Київ : НТУУ „КПІ”, 2011. - 64 с.

26. Волков Б. Н., Кремянский В. Я. Унификация деталей машин — М.: Изд-во стандартов, 1989. — 229 с.

					ЛН71.065116.001 ПЗ	Арк.
						95
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток А

Документація до патентного дослідження

					ЛН71.065116.001 ПЗ	Арк.
						96
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток А. Патентний пошук.

Для знаходження об'єктів порівняння та перевірки патентної чистоти конструкції проведений патентний пошук.

РЕГЛАМЕНТ ПОШУКУ № ЛН71.1.РП

Найменування теми парогенератор шифр теми ЛН71.065116.001 Етап
Проектування апарата та його основних частин

Номер, дата завдання на проведення патентних досліджень

ЛН51.15.04.2021

Обґрунтування регламенту пошуку **Предмет пошуку:** - парогенератор
(Об'єктом пошуку є винаходи та корисні моделі).

Мета пошуку інформації – визначення патентної ситуації щодо
теплообмінних апаратів (визначення патентноздатності проєктованого апарата і
визначення тенденцій розвитку даного напрямку в техніці).

Визначення держав пошуку. Встановлюємо такі держави пошуку: Україна,
США, Канада.

Ретроспективність. Термін дії патенту на винахід в Україні – 20 років, на
корисну модель - 6 років, тому регламент пошуку встановлюємо такий: 2019-2021
роки.

Класифікаційні індекси. Міжнародна патентна класифікація: МПК - F28D
1/00, F28D 1/053, F28D 7/00, F28F 1/42, F28F 9/00, F28F 9/02, F28F 9/12, F28F
13/00.

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.

Початок пошуку 16.04.2021 Закінчення пошуку 16.05.2021

					ЛН71.065116.001 ПЗ	Арк.
						97
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Довідка про пошук № ЛН51.1.ДП

Завдання на проведення патентних досліджень ЛН51.065116.000 .
(номер, дата)

Етап Проектування апарата та його складових частин . Номер, дата
регламенту пошуку ЛН71.1.РП, 16.04.2021 .

Початок пошуку 16.04.2021 Закінчення пошуку 16.05.2021

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

Предмет пошуку (ОГД, його складові частини)	Мета пошуку інформації	Держава пошуку	Класифікаційні індекси МПК, НПК, МКПЗ, МКТП, УДК	Ретроспективність пошуку	Джерела інформації
парогенератор	Визначення патентно-здатності проектного апарата й тенденції розвитку цього напрямку в техніці	Україна, США.	F22B 1/02, G21C 15/18 , G21C 1/02 , F22B 1/08,	2019-2021	Національний й зарубіжні офіційні бюлетені, описи винаходів і корисних моделей

Джерела інформації, які були використані під час проведення пошуку наведені в таблиці А.2.

Таблиця А.2 - джерела інформації. Використані під час проведення пошуку

Предмет пошуку (ОГД, його складові частини)	Держава пошуку	Класифікаційні індекси	Інформаційна база, використана під час пошуку	Бібліографічні данні першого та останнього за хронологією джерела інформації	
				Патентна інформація	Інша науково-технічна інформація

Продовження таблиці А.2

1	2	3	4	5	6
Парогенератор	Україна США.	F28D 1/00, F28D 1/053, F28D 7/00, F28F 1/42, F28F 9/00, F28F 9/02, F28F 9/12, F28F 13/00	Державний патентний фонд бази даних об'єктів промислової власності, до яких надається Безоплатний доступ в Інтернеті http://ep.espacenet.com/ http://base.ukrpatent.org	Описи винаходів патентів України № 121952 Описи корисних моделей патентів України № 117692. Описи корисних моделей патентів України № 114845. Описи винаходів патентів США № 2016037013 0 Описи винаходів патентів США № 2016030353 3	Дытнерский Ю.И. процессы и аппараты хим. Технологии: Часть 2. Массообменные процессы и аппараты. – М.: Химия, 1992 – 384с. Иоффе И.Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии.–Л.: Химия, 1991.– 352 с.

У результаті проведення патентного пошуку для подальшого аналізу
вибрані такі патентні документи (перелік згідно з таблиці А.3).

Таблиця А.3 – Патентна документація, відібрана для подальшого аналізу

ОГД, його складові частини	Документи на об'єкти промислової власності	
	Бібліографічні дані	Відомості щодо їхньої дії
парогенератор	Патент №121984 (UA), МПК 2006.01 F22В 1/02. Парогенератор з горизонтальним пучком теплообмінних труб/ Лахов Дмитрій Олександрович, Сафронов Олексій Володимирович; Заявка № а20170736, 12.06.2017; Опубл. 25.08.2020, Бюл.№16	Діє
парогенератор	Патент №121124 (UA), МПК 2006.01 F22В 1/02 ,. Парогенератор з горизонтальним пучком теплообмінних труб/ Лахов Дмитрій Олександрович, Сафронов Олексій Володимирович;; Заявка № а201707374, 16.11.2015; Опубл. 10.04.2020, Бюл.№.7	Діє
парогенератор	Патент №121982 (UA), МПК 2006.01 G21C 15/18 G21C 1/02 F22В 1/08. Система відводу тепла через парогенератор/Езлепкін Володимир Вікторович; Заявка № а201707010, 16.05.2015; Опубл. 25.08.2020, бюл. № 16	Діє
парогенератор	Patent № : US 2020/0056778 A1 Methanol-based evaporator, ApplicationNo. 16 / 492,638 , Date of Patent Feb. 20, 2020	Діє
парогенератор	Patent № US 10,803,997 B2 Composite methanol evaporator, ApplicationNo. : 15 / 156,114, Date of Patent Oct. 13, 2020	Діє

Аналіз новизни, винахідницького рівня та промислової придатності
проектowanego об'єкта наведено в таблиці А.4.

Таблиця А.4 – Аналіз новизни, винахідницького рівня та промислової
придатності проекowanego об'єкта

ОГД, його складові частини		Найближчий аналог		Очікуваний результат	Можливості використання у промисловості або іншій сфері діяльності	Номер поданої заявки, дата подачі заявки*
Назва	Сукупність ознак	Бібліографічні дані	Сукупність ознак			
1	2	3	4	5	6	7
Парогенератор	А)горизонтальний корпус; Б)теплообмінні Труби різного типу модернізації;	Патент на корисну модель №121984 (UA), МПК 2006.01 F22B 1/02.	горизонтальний корпус; Б)теплообмінні труби; В)перегородки	Підвищення Коефіцієнта тепловіддачі	Можливе використання в хімічній нафтохімічній та інших галузях промисловості.	u 2017 0736, 12.06.2017, 25.08.2020

Додаток Б

Комп’ютерний розрахунок елементів парогенератора

					ЛН71.065116.001 ПЗ	Арк.
						102
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Програма розрахунку товщини стінки парогенератора під дією внутрішнього надлишкового тиску.

На рисунку Б.1 зображено блок – схему до розрахунку.

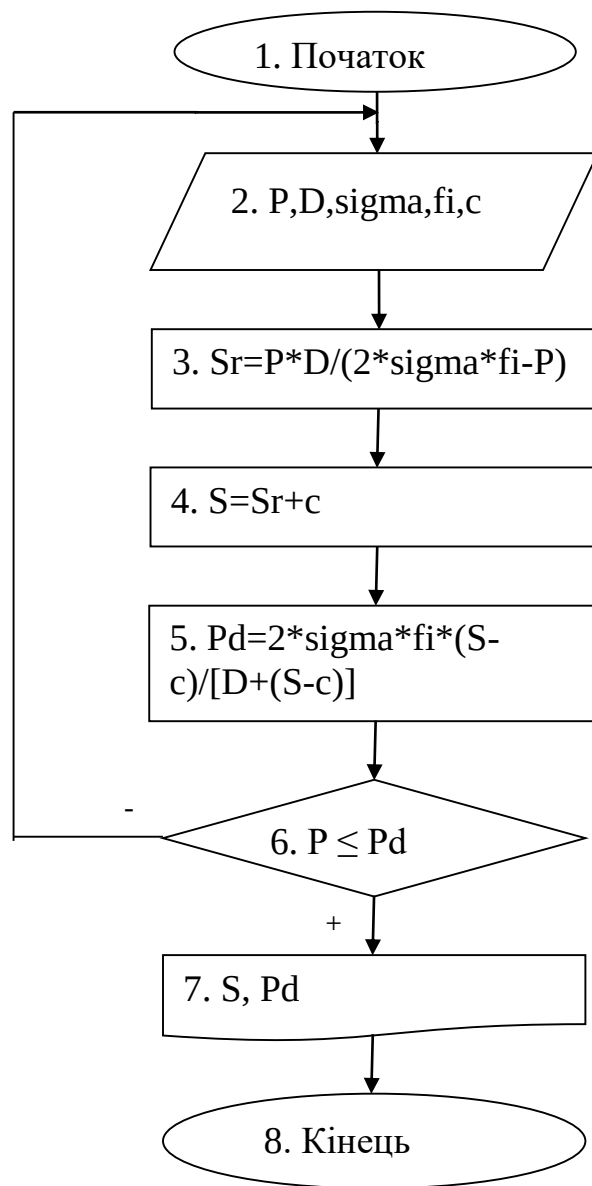


Рисунок Б.1 – Блок – схема розрахунку товщини стінки теплообмінника під дією внутрішнього надлишкового тиску

Таблиця Б.2 – Таблиця ідентифікаторів

Найменування	Ідентифікатор	Розмірність
Розрахунковий тиск	P	МПа
Внутрішній діаметр	D	м
Допустиме напруження	σ	МПа
Прибавка на корозію	C	м
Технологічна прибавка	C_1	м
Розрахункова товщина	S_r	м
Прийнята товщина	S	м
Допустимий тиск	РД	МПа

+

Товщина циліндричної обичайки

Сталь 12X18H10T

Вихідні дані:

$$P := 0.12$$

$$D := 2$$

$$\sigma := 155$$

$$\varphi := 0.9$$

Номінальна товщина стінки циліндричної обичайки :

$$S_r := \frac{D \cdot P}{2 \cdot \sigma \cdot \varphi - P} = 8.606 \times 10^{-4}$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН71.065116.001 ПЗ

Арк.

104

$$SR := 9 \cdot 10^{-3}$$

$$c1 := 0.5 \cdot 10^{-3}$$

$$c2 := 0.5 \cdot 10^{-3}$$

$$c3 := 0$$

$$C := 0.001$$

Виконавча товщина стінки обичайки:

$$S := Sr + c1 + c2 + c3$$

Допустимий тиск в обичайці:

$$PД := \frac{2 \cdot \sigma \cdot \varphi \cdot (S - C)}{D + (S - C)} = 0.12$$

Перевіряємо умову міцності $P \leq [P]$.

$$0.12 \leq 0.12$$

Умова міцності виконується.

Приймаємо товщину стінки $S = 10 \text{ мм}$

					ЛН71.065116.001 ПЗ	Арк.
						105
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток В

Патенти, які використовувались в патентному дослідженні

					ЛН71.065116.001 ПЗ	Арк.
						106
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



УКРАЇНА

(19) UA (11) 121124 (13) C2
(51) МПК (2020.01)
F22B 1/02 (2006.01)
F28F 1/00

МІНІСТЕРСТВО РОЗВИТКУ
ЕКОНОМІКИ, ТОРГІВЛІ ТА
СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(21) Номер заявки:	а 2017 07374	(72) Винахідник(и):	Лахов Дмитрій Александровіч (RU), Сафронов Алексєй Владімірович (RU)
(22) Дата подання заявки:	16.11.2015	(73) Власник(и):	АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО "ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ І ОРДЕНА ТРУДА ЧССР ОПИТНОЕ КОНСТРУКТОРСКОЕ БЮРО "ГІДРОПРЕСС" (АО ОКБ "ГІДРОПРЕСС"), ул. Орджоникидзе, д. 21, г. Подольск, Московская обл., 142102, Российская Федерация (RU)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід:	10.04.2020	(74) Представник:	Дроб'язко Руслан Володимирович, реєстр. №122
(31) Номер попередньої заявки відповідно до Парижської конвенції:	2014150429	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	ZARIFI E ET AL: Semi 2D modeling of the horizontal steam generator PGV-1000 using the RELAP5 code, progress in nuclear energy; Pergamon Press. – Oxford, 2013. - 788 – 798 р. RU 88773 U1, 20.11.2009 RU 30928 U1, 10.07.2003 RU 2184997 C2, 10.07.2002 RU 2068149 C1, 20.10.1996 RU 2052710 C1, 20.01.1996 RU 100590 U1, 20.12.2010
(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Парижської конвенції:	12.12.2014		
(33) Код держави-учасниці Парижської конвенції, до якої подано попередню заяву:	RU		
(41) Публікація відомостей про заяву:	25.01.2018, Бюл.№ 2		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	10.04.2020, Бюл.№ 7		
(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ	PCT/RU2015/000786, 16.11.2015		

(54) ПАРОГЕНЕРАТОР З ГОРИЗОНТАЛЬНИМ ПУЧКОМ ТЕПЛООБМІННИХ ТРУБ І СПОСІБ ЙОГО ЗБИРАННЯ**(57) Реферат:**

Парогенератор з горизонтальним пучком теплообмінних труб містить зварений циліндричний корпус, виконаний зі сталевих обичайок, оснащений щонайменше патрубком підводу живильної води та патрубком відводу пари, а також двома еліптичними днищами, внутрішньокорпусними пристроями, вхідним та вихідним колекторами, з'єднаними з пучком теплообмінних труб, що створюють теплообмінну поверхню парогенератора, причому внутрішній діаметр корпусу парогенератора вибраний з зазначеного співвідношення:

$$0.148D + 0.637\sqrt{0.054D^2 + 3.142 \frac{N_{\text{тр}} \cdot r_{\text{ср}}}{k}} \leq d_{\text{корп}} \leq 1.827 \cdot H$$

при цьому корпус парогенератора заповнений трубами теплообмінного пучка знизу верх на висоту більше трьох четвертей його внутрішнього діаметра, з можливістю використання залишеного простору верхньої частини корпусу парогенератора для осушення пари. Технічним результатом є створення парогенератора, що має понижено металомісткість при умові осушення виробленої пари в одному корпусі з теплообмінною поверхнею.

UA 121124 C2

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН71.065116.001 ПЗ

Арк.

107



УКРАЇНА

(19) UA (11) 121984 (13) C2
(51) МПК
F22B 1/02 (2006.01)МІНІСТЕРСТВО РОЗВИТКУ
ЕКОНОМІКИ, ТОРГІВЛІ ТА
СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВІНАХІД

(21) Номер заявки:	а 2017 07376	(72) Винахідник(и):	Лахов Дмитрій Александровіч (RU), Сафронов Алексєй Владімірович (RU)
(22) Дата подання заявки:	09.12.2015	(73) Власник(и):	АКЦИОНЕРНОЄ ОБЩЕСТВО "ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНІ І ОРДЕНА ТРУДА ЧСРР ОПИТНОЄ КОНСТРУКТОРСКОЄ БЮРО "ГІДРОПРЕСС" (АО ОКБ "ГІДРОПРЕСС"), ул. Орджоникидзе, д. 21, г. Подольск, Московская обл., 142102, Российская Федерация (RU)
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід:	25.08.2020	(74) Представник:	Дроб'язко Руслан Володимирович, реєстр. №122
(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	20 14150427	(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:	RU 143541 U1, 27.07.2014 RU 2106026 C1, 27.02.1998 RU 2226722 C1, 10.04.2004 RU 2231144 C2, 20.06.2004 SU 1168771 A1, 23.07.1985 SU 1714290 A1, 23.02.1992 WO 9320386 A1, 14.10.1993 US 5331677 A, 19.07.1994 US3547187 A, 15.12.1970 JP S60195487 A, 03.10.1985
(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції:	12.12.2014		
(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заяву:	RU		
(41) Публікація відомостей про заяву:	25.01.2018, Бюл.№ 2		
(46) Публікація відомостей про видачу патенту:	25.08.2020, Бюл.№ 16		
(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ	PCT/RU2015/000785, 09.12.2015		

(54) ГОРИЗОНТАЛЬНИЙ ПАРОГЕНЕРАТОР ДЛЯ РЕАКТОРНОЇ УСТАНОВКИ З ВОДО-ВОДЯНИМ ЕНЕРГЕТИЧНИМ РЕАКТОРОМ ТА РЕАКТОРНА УСТАНОВКА З ВКАЗАНИМ ПАРОГЕНЕРАТОРОМ

(57) Реферат:

Винахід належить до електроенергетики, а більш конкретно, до горизонтальних парогенераторів для атомних електростанцій з водо-водяним енергетичним реактором (ВВЕР) і до реакторної установки з ВВЕР і горизонтальним парогенератором. Реакторна установка з ВВЕР з горизонтальним парогенератором включає в себе ядерний реактор з чотирма циркуляційними петлями, кожна з яких містить парогенератор з горизонтальним пучком теплообмінних труб, розділених на пакети міктрубними коридорами і поєднаних з колекторами теплоносія первинного контуру усередині циліндричного корпусу з еліптичними днищами, головний циркуляційний насос, а також головний циркуляційний трубопровід теплоносія первинного контуру. Внутрішній діаметр корпусу $D_{\text{корп}}$, відстань S між осями колекторів теплоносія первинного контуру в поперечному напрямку та довжина парогенератора L_k по внутрішніх поверхнях еліптичних днищ вибрані, відповідно, із співвідношень:

$$0.148D + 0.637 \sqrt{0.054D^2 + 3.142 \frac{L_{\text{тр}} - L_{\text{г}}}{k}} \leq D_{\text{корп}} \leq 1.827H \quad 0.4 \leq \frac{S}{D_{\text{корп}}} \leq 0.6$$

UA 121984 C2

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН71.065116.001 ПЗ

Арк.

108



УКРАЇНА

(19) UA (11) 121982 (13) C2
(51) МПК
G21C 15/18 (2006.01)
G21C 1/02 (2006.01)
F22B 1/08 (2006.01)

МІНІСТЕРСТВО РОЗВИТКУ
ЕКОНОМІКИ, ТОРГІВЛІ ТА
СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА
УКРАЇНИ

(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

(21) Номер заявки: а 2017 07010
(22) Дата подання заявки: 16.11.2015
(24) Дата, з якої є чинними права на винахід: 25.08.2020
(31) Номер попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції: 20 14148909
(32) Дата подання попередньої заявки відповідно до Паризької конвенції: 04.12.2014
(33) Код держави-учасниці Паризької конвенції, до якої подано попередню заяву: RU
(41) Публікація відомостей про заяву: 25.01.2018, Бюл.№ 2
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: 25.08.2020, Бюл.№ 16
(86) Номер та дата подання міжнародної заявки, поданої відповідно до Договору РСТ: PCT/RU2015/000780, 16.11.2015

(72) Винахідник(и):
Безпелкін Владімір Вікторович (RU),
Сідоров Владімір Григор'євич (RU),
Алексєєв Сергєй Борисович (RU),
Светлов Сергєй Вікторович (RU),
Кухтевіч Владімір Олєгович (RU),
Семашко Сергєй Євген'євич (RU),
Варданідзе Теймураз Георгієвич (RU),
Івков Ігорь Міхайлович (RU)
(73) Власник(и):
АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО "НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ И ПРОЕКТНО-
КОНСТРУКТОРСКИЙ ИНСТИТУТ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ
"АТОМПРОЕКТ" (АО "АТОМПРОЕКТ"),
ул. Савушкина, 82, г. Санкт-Петербург,
197183, Российская Федерация (RU)
(74) Представник:
Дробязко Руслан Володимирович,
реєстр. №122
(56) Перелік документів, взятих до уваги експертизою:
RU 96283 U1, 20.07.2010
RU 93041194 A, 10.06.1996
US 5428652 A, 27.06.1995
UA 62737 A, 15.12.2003
UA 89378 C2, 25.01.2010

(54) СИСТЕМА ПАСИВНОГО ВІДВОДУ ТЕПЛА З ВОДО-ВОДЯНОГО ЕНЕРГЕТИЧНОГО РЕАКТОРА ЧЕРЕЗ ПАРОГЕНЕРАТОР**(57) Реферат:**

Винахід належить до галузі атомної енергетики, а саме до систем пасивного відведення тепла з водо-водяного енергетичного реактора через парогенератор (СПВТ ПГ), і призначений для охолодження реактора шляхом природної циркуляції теплоносія (води) в контурі системи. Технічний результат - підвищення ефективності тепловідведення, стійкості потоку теплоносія в контурі і, як наслідок, надійності роботи системи. Система пасивного відведення тепла включає щонайменше один контур циркуляції теплоносія (води), що містить парогенератор і секційний теплообмінник, розміщений вище парогенератора всередині ємності запасу охолоджуючої води і з'єднаний з парогенератором за допомогою підвідного та відвідного трубопроводів. Теплообмінник включає нижній і верхній колектори, з'єднані теплообмінними трубками, а на відвідному трубопроводі встановлено пускові клапани різного прохідного перерізу. При цьому теплообмінник розділений на розміщені паралельно секції, виходячи з умови $L/D \leq 20$, де L - довжина половини секції (півсекції); D - внутрішній діаметр колектора. Ділянки підвідного та відвідного трубопроводів контуру циркуляції виконані у вигляді набору розгалужених

UA 121982 C2

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН71.065116.001 ПЗ

Арк.

109



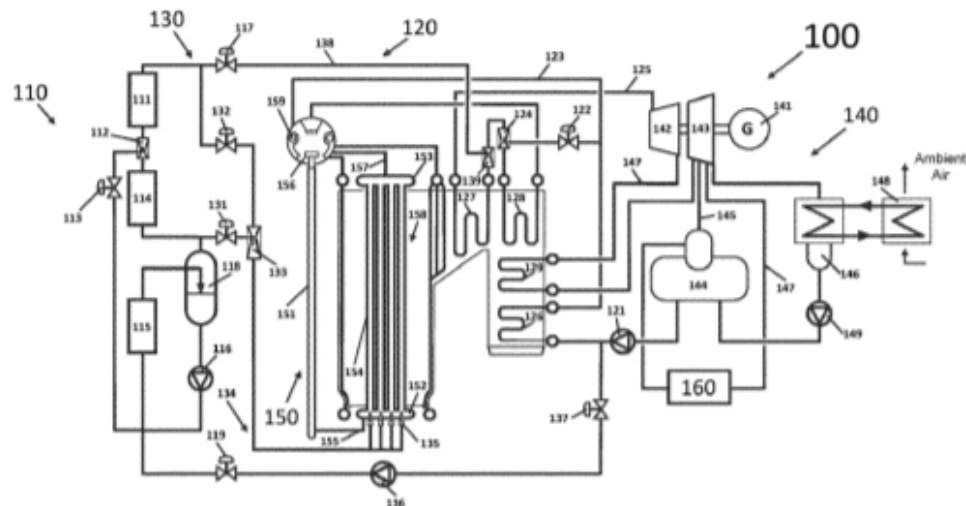
US 20200056778A1

(19) **United States**(12) **Patent Application Publication**
de Miranda Carvalho(10) **Pub. No.: US 2020/0056778 A1**(43) **Pub. Date: Feb. 20, 2020**(54) **SYSTEM AND METHODS FOR
INTEGRATION OF CONCENTRATED
SOLAR STEAM GENERATORS TO
RANKINE CYCLE POWER PLANTS***F22B 1/18* (2006.01)*F22B 33/00* (2006.01)(52) **U.S. CL.**CPC *F22B 1/006* (2013.01); *H02S 10/10*
(2014.12); *F01D 15/10* (2013.01); *F22B 33/00*
(2013.01); *F22B 1/1838* (2013.01)(71) Applicant: **Marco Antonio de Miranda Carvalho,**
Porto (PT)(72) Inventor: **Marco Antonio de Miranda Carvalho,**
Porto (PT)(21) Appl. No.: **16/492,638**(22) PCT Filed: **Mar. 2, 2018**(86) PCT No.: **PCT/IB2018/051328**

§ 371 (c)(1),

(2) Date: **Sep. 10, 2019****Related U.S. Application Data**(60) Provisional application No. 62/470,775, filed on Mar.
13, 2017.**Publication Classification**(51) **Int. Cl.**
F22B 1/00 (2006.01)
H02S 10/10 (2006.01)**ABSTRACT**

Solar/Rankine steam cycle hybrid concentrating solar power (CSP) systems and methods for designing or retrofitting existent natural circulation boilers using saturated or superheated steam produced by direct steam generation (DSG) or Heat Transfer Fluid (HTF) steam generators and CSP solar field technology systems are described. Additionally, methods and processes of retrofitting the existent Heat Recovery Steam Generators (HRSG) or biomass, gas, oil or coal fired boilers to operate integrated to a molten salt/water-steam heat exchangers are disclosed. The hybrid CSP systems are highly efficient due to the increase of steam generated by the solar section comprising either the DSG receiver or the molten salt/water-steam sequential heat exchangers, pre-heaters, boiler/saturated steam generators, super-heaters and re-heaters. The additional saturated, superheated and reheated steam produced is directed to a Rankine cycle according to its pressure, temperature and steam quality significantly reducing the fuel consumption within a cogeneration or Combine Cycle Power Plant.



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН71.065116.001 ПЗ

Арк.

110



US010803997B2

(12) **United States Patent**
Fortino et al.

(10) **Patent No.:** **US 10,803,997 B2**
(45) **Date of Patent:** ***Oct. 13, 2020**

(54) **COMPACT NUCLEAR REACTOR WITH INTEGRAL STEAM GENERATOR**

(71) Applicants: **BWXT mPower, Inc.**, Charlotte, NC (US); **BWXT Foreign Holdings, LLC**, Charlotte, NC (US); **BWXT Canada Ltd.**, Cambridge, Ontario (CA)

(72) Inventors: **Robert T. Fortino**, Canton, OH (US); **Matthew W. Ales**, Puyallup, WA (US); **Nick Idvorian**, Kitchener (CA)

(73) Assignees: **BWXT mPower, Inc.**, Charlotte, NC (US); **BWXT Foreign Holdings, LLC**, Charlotte, NC (US); **BWXT Canada Ltd.**, Cambridge (CA)

(*) Notice: Subject to any disclaimer, the term of this patent is extended or adjusted under 35 U.S.C. 154(b) by 960 days.

This patent is subject to a terminal disclaimer.

(21) Appl. No.: **15/156,114**

(22) Filed: **May 16, 2016**

(65) **Prior Publication Data**
US 2016/0300628 A1 Oct. 13, 2016

Related U.S. Application Data

(63) Continuation of application No. 12/891,317, filed on Sep. 27, 2010, now Pat. No. 9,343,187.

(51) **Int. Cl.**
G21C 1/32 (2006.01)
F22B 1/02 (2006.01)
G21D 1/00 (2006.01)

(52) **U.S. Cl.**
CPC **G21C 1/322** (2013.01); **F22B 1/026** (2013.01); **G21D 1/006** (2013.01); **G21C 1/32** (2013.01); **Y02E 30/40** (2013.01)

(58) **Field of Classification Search**

CPC **G21C 1/086**; **G21C 1/32**; **G21C 1/322**; **G21C 1/326**; **F22B 1/026**; **F22B 1/023**;
(Continued)

(56) **References Cited**

U.S. PATENT DOCUMENTS

596,330 A 12/1897 Maiche
2,982,713 A 5/1961 Sankovich et al.
(Continued)

FOREIGN PATENT DOCUMENTS

CA 674542 A 11/1963
CN 85-100179 A 8/1986
(Continued)

OTHER PUBLICATIONS

Oka, Y., et al., "Overview of Design Studies of High Temperature Reactor Cooled by Supercritical Light Water at the University of Tokyo" GENES4/ANP2003, Paper 1168, pp. 1-8. (Year: 2003).*

(Continued)

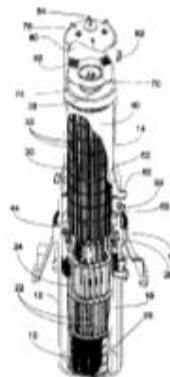
Primary Examiner — Sharon M Davis

(74) Attorney, Agent, or Firm — Nelson Mullins Riley & Scarborough, LLP

(57) **ABSTRACT**

In an illustrative embodiment, a pressurized water nuclear reactor (PWR) includes a pressure vessel (12, 14, 16), a nuclear reactor core (10) disposed in the pressure vessel, and a vertically oriented hollow central riser (36) disposed above the nuclear reactor core inside the pressure vessel. A once-through steam generator (OTSG) (30) disposed in the pressure vessel includes vertical tubes (32) arranged in an annular volume defined by the central riser and the pressure vessel. The OTSG further includes a fluid flow volume surrounding the vertical tubes and having a feedwater inlet (50) and a steam outlet (52). The PWR has an operating state in which feedwater injected into the fluid flow volume at the feedwater inlet is converted to steam by heat emanating

(Continued)



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН71.065116.001 ПЗ

Арк.

111

Додаток Г

Публікації автора

					ЛН71.065116.001 ПЗ	Арк.
						112
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

студента групи ЛН-51

Соломонової Вікторії Едуардівни

1. . Solomonova V.E., Huliienko S.V., Stepaniuk A. R. Modernization of vaporizer for methanol production plant. Збірник тез доповідей XXVII всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Обладнання хімічних виробництві підприємств будівельних матеріалів" 25-26 листопада 2020 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2020. – с. 12-15

2. Solomonova V.E., Huliienko S.V., Stepaniuk A. R. Modernization of vaporizer for methanol production plant. Збірник тез доповідей XXVII всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Обладнання хімічних виробництві підприємств будівельних матеріалів" April 28-29, 2021, Kyiv) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2020. – с. 12-15.

3. Соломонова В. Е. Модернізація установки випарника виробництва метанолу / В. Е. Соломонова, А. Р. Степанюк, С. В. Гулієнко // Science without borders2021[http://www.rusnauka.org/cgi-bin/search/step7_info.cgi?id=287450&idw=vjESSAOt6Thln9hqGl]

					ЛН71.065116.001 ПЗ	Арк.
						113
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

TECHNICAL SCIENCE

Branch of engineering

**Соломонова В.Е., доц., к.т.н. Гулієнко С.В.,
доц., к.т.н. Степанюк А.Р.**

*Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

МОДЕРНІЗАЦІЯ УСТАНОВКИ ВИПАРНИКА ВИРОБНИЦТВА

Метанол (метиловий спирт) - це один з найважливіших за значенням і масштабами виробництва органічний продукт, що випускається хімічною промисловістю. У нафтопереробній промисловості метиловий спирт використовують як селективний розчинник для очищення бензинів від меркаптанів і азеотропним реагентом при виділенні толуолу шляхом ректифікації. Також метанол використовується як розчинник у виробництві карбамідних смол, оцтової кислоти, синтетичних каучуків, полівінілового спирту та ацеталей, антифризів, денатуруючих добавок [1].

Значно зріс інтерес до метанолу як до важливого і економічно ефективного сировини для отримання водню і синтез-газу, які широко застосовують у металургії, у виробництві аміаку. Істотно розширюється використання метанолу для очищення стічних вод від шкідливих сполук азоту, для виробництва кормового білка. У хімічній промисловості метанол застосовується в якості напівпродукту для багатьох промислових процесів синтезу.

У великих кількостях метанол використовується для отримання формальдегіду, а також в якості метилюючого агенту у виробництві таких важливих продуктів, як диметилтерефталат, метилметакрилат, деякі пестициди. Останнім часом планується застосування метанолу в якості джерела енергії, а саме палива для теплових електростанцій, моторного палива і як компонента автомобільних бензинів. Завдяки добавці метанолу поліпшуються антиденотаційні властивості бензинів, підвищується ККД двигунів і зменшується вміст шкідливих речовин у вихлопних газах [1].

Метою роботи є модернізація та проектування випарника у виробництві метилового спирту для очистки спирту-сирцю .

Під час проектного розрахунку встановлено, що лімітуючою стадією передачі енергії при випаровуванні спирту є процес тепловіддачі з зовнішнього боку теплообмінних труб [2, 3].

Для збільшення ефективності процесу можна збільшити площу зовнішньої поверхні теплообмінних труб. При такому вдосконаленні збільшиться коефіцієнт тепловіддачі, що дозволить покращити роботу випарника у виробництві метанолу [4].

Схематичне зображення запропонованої модернізації зовнішньої поверхні теплообмінних труб наведено на рисунку1.

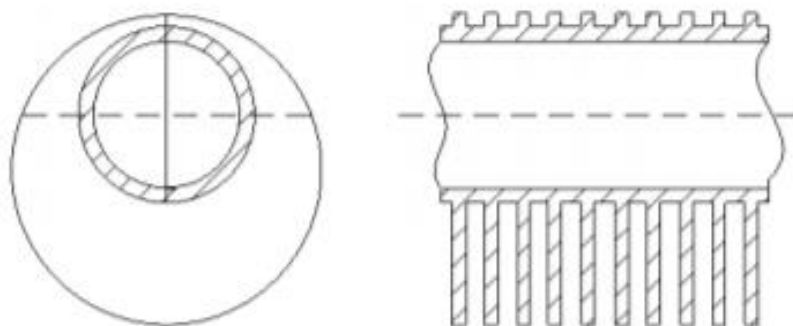


Рис.1 – Модернізація зовнішньої поверхні теплообмінних труб

Нагрітий теплоносіє подається у трубчастий елемент випарника, де встановлені поздовжні перегородки на трубах. За рахунок перегородок збільшується площа теплообміну з зовнішньої сторони тим самим збільшується коефіцієнт теплопередачі та інтенсивність тепловіддачі, що приведе до покращення ефективності роботи системи.

Висновок:

Запропонована модернізація дозволяє значно підвищити коефіцієнт тепловіддачі, що, в свою чергу, дозволяє збільшити питому площу поверхні теплообміну, тобто ефективність роботи випарника.

Література:

1. Юкельсон_Технология основного органического синтеза. Издательство "Химия"1968 с. 384
2. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии.Издательство "Химия", 1971 с. 784
3. Павлов К. Ф., Романков П. Г., Носков А. А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Издательство "Химия" 1987 с. 576
4. Solomonova V.E., Hulienko S.V., Stepaniuk A. R. Modernization of vaporizer for methanol production plant. Збірник тез доповідей XXVII всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Обладнання хімічних виробництві підприємств будівельних матеріалів" 25-26 І листопада 2020 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КІП ім. Ігоря Сікорського», 2020. – с. 12-15

УДК 661.721.4

MODERNIZATION OF VAPORIZER FOR METHANOL PRODUCTION PLANT

Student Solomonova V.E., assistant professor, Ph.D. Hulienko S.V.,
associate professor, Ph. D, Stepaniuk A. R.

**National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»**

Abstract: The destination of the methanol and technological scheme of its production are represented. The ways of modernization of steam generator are justified.

Key words: Methanol, technological scheme, steam generator

МОДЕРНІЗАЦІЯ ВИПАРНИКА УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА МЕТАНОЛУ

студент Соломонова В.Е., доц., к.т.н. Гулієнко С.В.,
доц., к.т.н. Степанюк А.Р.

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**

АНОТАЦІЯ: Наведено призначення метилового спиртом та технологічну схему його виробництва. Обґрунтовано напрями модернізації парогенератора.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: МЕТИЛОВИЙ СПИРТ, ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА, ПАРОГЕНЕРАТОР

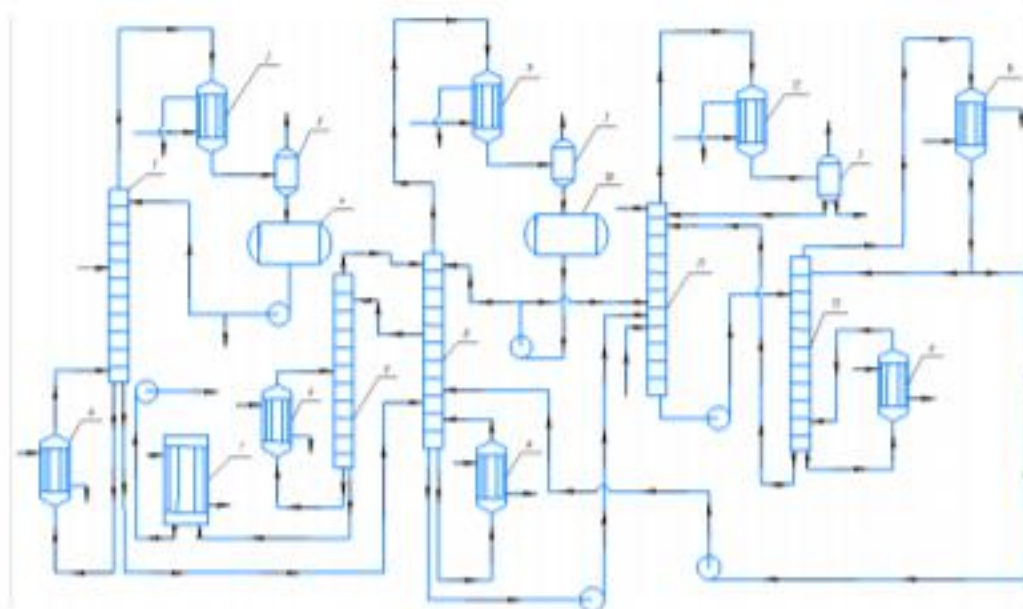
The methanol (CH_3OH), which is also called methyl alcohol or carbinol, is one of the most important chemical raw material. About 70% of methanol, which produced around the world, is used in chemical synthesis processes including formaldehyde, methyl- butyl ether (MTBE), acetic acid, dimethyl ether (DME), propene, methyl methacrylate and dimethyl terephthalate. It also used as energy

source and fuel, selective solvent for gasoline purification from mercaptan and azeotropic reagent during separation of toluene by rectification [1].

Due to adding of methanol to gasolines an antiknock properties are improving, a performance factor is increasing, and a content of hazardous substances in an exhaust gases [2].

The raw material is an azeotropic mixture, therefore, it has to be additionally purified by the multistage rectification. Therefore, the modernization of the methanol production plant is an actual question which should be solved. The crude alcohol is a clear solution, which consists of 2% of organic addition agents, therefore, it has an unpleasant smell. The content of addition agents is relatively low, but taking into account the existence of azeotropic mixture the multistage rectification with using of extraction is needed [1].

The scheme of purification process is shown on the figure 1 [3].



1, 8, 5, 13 –rectification columns; 11 – extraction columns; 2, 4 6, 7, 9, 10, 14,
14 – heat exchangers; 3 – separators

Figure 1 – Scheme of methanol purification

In the column 1 the dimethyl ether is separated from crude alcohol, the vapor phase of it goes to the condenser 2, then the dimethyl ether separated from uncondensed gases in separator 3 and pumped to the tank 4. From it the part of ether pumped as wet reflux on the column 1 refluxing. The mixture from column 1 is pumped to the column 8, from which the three fractions are bled from different by high plates.

From central plate the concentrated methanol with low amount of low-boiling additions, which are separated in column 5. The distillation residue from column 5 is cooled on cooler 7 and then pumped on the warehouse and the easily boiling component is pumped in the advanced treatment in column 8 as wet reflux.

From the top of the column 8 the vapor of low-boiling components with high amount of the methanol is bled, which goes to the condenser 9. After the separation of the gases, the condensate is pumped to the tank 10. Part of this condensate is used as wet reflux for the refluxing of column 8 and part goes into the column of the extractive distillation 11.

The column 11 is heated by direct steam, the pacificated water is used for refluxing. During the solving the azeotropic compositions are disintegrated, therefore, the removing of additions from alcohol is facilitated.

The vapor phase of addition is condensed in condenser 12, part of condensate is returned on refluxing of column 11, and part is removing from plant. The uncondensed components are separated in separator 3 and casted off.

From bottom part of column 11 the diluted methanol is pumped in column 13.

The vapor phase of concentrated methanol from top of the column 13 from condensed 14 partially pumped as wet reflux of column 13, and partially as wet reflux of column 8

The distillation residue from column 13 goes to the stem generator and used as heat feed of column 13, and balanced part is removed from system.

The aim of this work is design and modernization of steam generator in methenil production.

Перелік посилань:

1. Л.Р. Леблан, Дж. М. Ровнер, Х. Роос: "Advanced Metanol Plant Design ", 1989. Всесвітня конференція з метанолу, Crocco & Associates.c 90
2. Юкельсон Технология основного органического синтеза. Издательство "Химия" '1968 с. 384
3. Метанол Енциклопедія індустріальної хімії. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim 2012 ст. 17

UDC 621.18

MODERNIZATION OF BOILER FOR METHANOL PRODUCTION PLANT

Student Solomonova V.E., assistant professor, Ph.D. Hulienko S.V., associate professor, Ph. D, Stepaniuk A. R.

National Technical University of Ukraine
«Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute»

ABSTRACT: *The modernization of the boiler by the increasing of the external heat exchange area by making on the external tube surface the crosscut finning is proposed.*

KEY WORDS: METHANOL, PRODUCTION, BOILER, MODERNIZATION.

МОДЕРНІЗАЦІЯ ВИПАРНИКА УСТАНОВКИ ВИРОБНИЦТВА МЕТАНОЛУ

студ. Соломонова В.Е., доц., к.т.н. Гулієнко С.В.,
доц., к.т.н. Степанюк А.Р.

Національний технічний університет України
“Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського”

АНОТАЦІЯ: *Запропоновано модернізацію випарника збільшенням зовнішньої поверхні теплообмінних труб шляхом виконання на зовнішній поверхні труб поперечного ребрення*

КЛЮЧОВІ СЛОВА: МЕТАНОЛ, ВИРОБНИЦТВО, ВИПАРНИК
МОДЕРНІЗАЦІЯ,

Nowadays, the methanol production is one of the most widely used technological process taking into account both the overall production and the number

А
П
В

of the plants. The methanol is widely used in food industry and medicine, but also as a selective solvent for the gasoline purification from the thiols, the azeotropic reagent in the extraction of the toluene by the rectification, as a solvent in the production of urea-formaldehyde acetic acid, the polyvinyl alcohol and acetals, antifreezes, denaturation adding, additive agent, additive agent for the obtaining the formaldehyde, and also as a methylating agent in the production of such important production as dimethyl terephthalate, methyl methacrylate, some pesticides. Recently, it is planed to using the methanol as an energy source, namely the fuel for heat power plants, motor fuel and as a component of the automobile gasolines. Due to adding the methanol to gasolines they antidetonational properties, the performance factor of engines increased, ant the the content of harmful impurities in the exhaust gases. The application of the methanol for wastewater treatment from the harmful nitrogen compounds and in the production of the feed proteins become more and more popular [1].

The technological scheme based on the rectification processes is the most popular industrial technique for the methanol purification. For the providing of the vapor feed of the columns the large amounts of the vaporized are required which are generated in the boilers.

During the parametrical calculation of the boiler it was defined that rate-limiting step if the process of the energy exchange from internal side of the heating tubed [2, 3].

For the purpose of the increasing of the process effectivity commonly the velocity of the heating agent is increased. But this is impossible for the vaporized media, therefore, it was proposed to increase the external area of the teat exchange tubes. With this kind of the problem solving, the value of the heat exchange coefficient would increase, which allows improving of the boiler performance in the operation production [4].

The schematic representation of the proposed modernization of the external surface of the heat exchange tubes is shown on the figure 1.

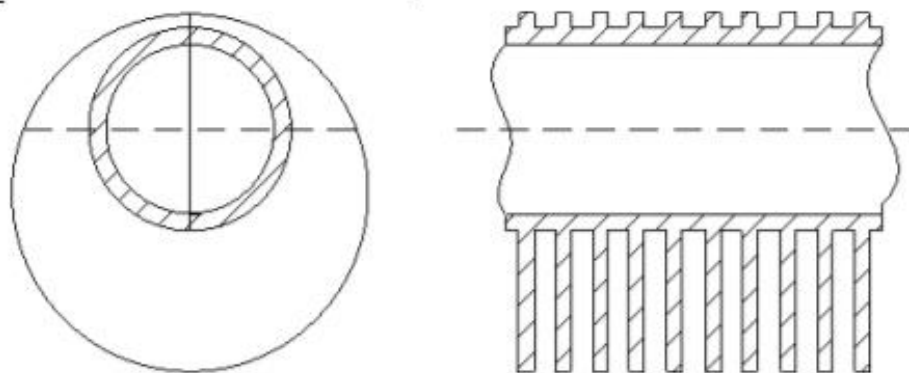


Figure.1 – The modernization of the external surface of the heat exchange tubes

The heated heat agent is pumped into the tubular element of the boiler, where the tubes with the crossed finning with the special shape. Due to the finning the heat exchange area is increased from the external side, Thus lead to the increasing of the heat transfer coefficient and intensity of the heat transfer, which lead to the improvement of the operation effectivity of the system.

Conclusion.

The proposed modernization allows scientifically increase the heat transfer coefficient, which, in turn, allows increasing the specific area of heat transfer. Therefore, the effectivity of the boiler operation will increase.

Перелік посилань:

1. Юкельсон_Технология основного органического синтеза. Издательство "Химия"1968 с. 384

2. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии.Издательство "Химия", 1971 с. 784

3. Павлов К. Ф., Романков П. Г., Носков А. А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. Издательство "Химия" 1987 с.

4. Solomonova V.E., Hulienko S.V., Stepaniuk A. R. Modernization of vaporizer for methanol production plant. Збірник тез доповідей XXVII всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Обладнання хімічних виробництв підприємств будівельних матеріалів" 25-26 листопада 2020 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2020. – с. 12-15