

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

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри МАХНВ
_____ Я.М. Корнієнко

(підпис)
“ ” _____ 2019 р.

Магістерська дисертація
освітнього ступеня «магістр»

з спеціальності: 133 Галузеве машинобудування
освітня програма (спеціалізація) : Обладнання хімічних, нафтопереробних та целюлозно-паперових виробництв

на тему: Розроблення парогенератора та центрифуги для модернізації установки виробництва синтетичного гліцерину

Виконав студент 6-го курсу, групи ЛН-81мп
Гришин Олександр Юрійович

(підпис)

Керівник проекту канд. техн. наук, ст. викл. Я.Г. Двойнос

(підпис)

Консультанти:

охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях
канд. техн. наук, доц. І.М. Ковтун

(підпис)

розробка стартап-проекту
доц., канд. економ. наук Н.В. Юдіна

(підпис)

технологія виготовлення трубної решітки
ст. викл., канд. техн. наук Я.Г. Двойнос

(підпис)

автоматичний контроль і керування процесом
канд. техн. наук А.Ю. Сазонов

(підпис)

Рецензент

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

(підпис)

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

Студент _____ О.Ю. Гришин

Київ – 2019

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

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

Освітній ступінь: магістр

Напрямок підготовки: 13 – Машинобудування

Спеціальність: 133 – Галузеве машинобудування

Спеціалізація: Обладнання хімічних, нафтопереробних та целюлозно-паперових виробництв

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Я. М. Корнієнко

“__” _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студенту

Гришину Олександрю Юрійовичу

1. Тема проекту: «Розроблення парогенератора та центрифуги для модернізації установки виробництва синтетичного гліцерину»

Керівник магістерської дисертації кандидат технічних наук, старший викладач Двойнос Я.Г.

Затверджена наказом по університету від “01” листопада 2019 р. № 3807–С

2. Термін подання студентом проекту: 01 грудня 2019 р.

3. Вихідні дані до проекту: парогенератор з масової продуктивністю суміші гліцерин-вода, що подається на центрифугу з шнековим вивантаженням осаду – 1,5 кг/с, вміст NaCl в суміші 1,5% по масі, розмір кристалів – 1–30 мкм. Тиск у парогенераторі 0,101 МПа, витрата пари гліцерину – 1 кг/с.

4. Зміст пояснювальної записки:

- а) основна частина: обґрунтувати вибір конструкцій парогенератора та центрифуги, виконати розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкцій, а саме, параметричний, конструктивний;
- б) економічна частина: обґрунтувати модернізацію установки та оцінити її ефективність;
- в) охорона праці: провести аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів, які пов'язані з експлуатацією парогенератора та центрифуги, запропонувати заходи щодо обмеження їх дії, виконати відповідні розрахунки, викласти основні правила безпечної експлуатації установки та дій обслуговуючого персоналу у надзвичайних ситуаціях;
- г) частина автоматичного керування: скласти та обґрунтувати схему автоматизованого керування парогенератора та центрифуги; скласти специфікацію приладів, що комплектують схему;
- д) технологія машинобудування: розробити маршрутні карти виготовлення трубної решітки, виконати розрахунки режимів різання, розробити пристрій для свердління.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): технологічна схема установки – А1, кресленик складальний парогенератора – А1, кресленик складальний кришки плаваючої головки – А3, кришка парогенератора – А3, кресленик складальний центрифуги – А0, кресленик складальний колеса – А2; схема автоматичного керування – А1, кондуктор для свердління трубної решітки – А1, трубна решітка випарного апарату – А2; технічної ідеї патенту – А3, ілюстрація до розділу охорони праці та безпека в надзвичайних ситуаціях – А3, математична модель та результати експериментів – 2хА1.

6. Консультанти розділів проекту:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	Ковтун І. М.		
Розроблення стартап проекту	Юдіна Н.В.		
Технологія виготовлення трубної решітки	Двойнос Я. Г.		
Автоматичний контроль і керування процесом	Сазонов А. Ю.		

7. Дата видачі завдання: 02 вересня 2019 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Переддипломна практика. Узгодження теми, вихідних даних, визначення джерел інформації. Добір матеріалів. Складання звіту з практики. Виконано складальні креслення: центрифуги – А0, парогенератора – А1.	01.09.2019	
2	Патентне дослідження. Формування ідеї модернізації. Обґрунтування економічної доцільності нової машини.	15.09.2019	
3	Обґрунтування актуальності проекту. Опис установки. Схема установки. Вибір та опис центрифуги, парогенератору. Технічна характеристика апаратів.	20.09.2019	
4	Параметричні розрахунки: визначення основних розмірів апаратів. Розрахунок товщини стінок апаратів.	10.10.2019	
5	Розробка складальних креслень апаратів та їх складальних одиниць. Добір конструктивних параметрів конструктивних елементів апаратів.	19.10.2019	
6	Розрахунки на міцність. Розробка супроводжуючих документів. Виконання схем.	05.11.2019	
7	Консультації відповідно до графіку з питань охорони праці, економіки, технології машинобудування, автоматизації, автоматизації процесу.	10.11.2019	
8	Уточнення графічної частини проекту та специфікації	15.11.2019	
9	Оформлення пояснювальної записки. Перевірка відповідності проекту діючим нормам за змістом і оформлення. Підготовка до захисту. Складання плану викладення доповіді, окремих питань.	20.11.2019	

10	Попередній захист проекту.	18.12.2019	
11	Корегування проекту за результатами попереднього захисту. Отримання рецензії, відгуку. Підготовка до захисту.	18.12.2019	

Студент
(підпис)

_____ О.Ю. Гришин

Керівник дипломного проекту
(підпис)

_____ Я. Г. Двойнос

РЕФЕРАТ

УДК 665.65

Магістерська дисертація на тему «Розроблення парогенератора та центрифуги для модернізації установки виробництва синтетичного гліцерину». НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»; Керівник Я. Г. Двойнос – К.:2019. – 152 с.: іл. 29. Виконавець. О. Ю. Гришин – Бібліограф.:109 с.

Магістерська дисертація складається зі вступу, восьми розділів, висновків і списку посилань, що містить 27 найменування. Загальний обсяг роботи становить 202 сторінки основного тексту, 29 рисунків, 28 таблиць.

Записка містить опис технологічного процесу, вибір типів парогенераторів, центрифуг і їхнє місце в технологічній схемі, технічну характеристику апаратів, обґрунтування вибору конструкцій апаратів, що проектуються, і принцип дії їхніх основних складальних одиниць та деталей, порівняння основних показників розробленої конструкції апаратів з аналогами, патентне дослідження конструкцій апаратів. Наведено заходи щодо охорони праці, рекомендації з монтажу та експлуатації. Проведено модернізацію установки та розроблено стартап проект.

Проведено розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкцій парогенератора і центрифуги. Визначено рівень стандартизації та уніфікації. Розроблено автоматичну схему керуванням процесом.

ПАРОГЕНЕРАТОР, ЦЕНТРИФУГА, КОРПУС, ШНЕК, ФЛАНЕЦЬ,
ГЛІЦЕРИН

РЕФЕРАТ

УДК 665.65

Магистерская диссертация на тему «Разработка парогенератора и центрифуги для модернизации производства синтетического глицерина». НТУУ «КПИ им. Игоря Сикорского»; Я. Г. Двойнос - К.: 2019. – 152 с. : ил. 29. Исполнитель. А. Ю. Гришин. - Библиограф. 109 с.

Пояснительная записка состоит из введения, восьми глав, заключения и списка ссылок из 27 наименования. Общий объем работы составляет 202 страницы основного текста, 29 рисунков, 28 таблиц.

Записка содержит описание технологического процесса, выбор типов парогенератора и центрифуг, а также их место в технологической схеме, техническую характеристику аппаратов, обоснование выбора конструкций аппаратов, которые проектируются, и принцип действия их основных сборочных единиц и деталей, сравнение основных показателей разработанной конструкции аппаратов с аналогами, патентное исследование конструкций аппаратов. Приведены меры по охране труда, рекомендации по монтажу и эксплуатации. Проведена модернизация установки и разработан стартап проект.

Проведенные расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность конструкций парогенератора и центрифуги. Определен уровень стандартизации и унификации. Разработана автоматическая схема управлением процессом.

ПАРОГЕНЕРАТОР, ЦЕНТРИФУГА, КОРПУС, ШНЕК, ФЛАНЕЦ,
ГЛИЦЕРИН

ABSTRACT

UDC 665.65

The Master's thesis on the topic «Development of steam generator and centrifuge for modernization of synthetic glycerol production plant» / National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"; Thesis supervisor: Y.G. Dvoynos - K .: 2019. – 152 p .:il 29. Developer: A. U. Hryshyn - The bibliographer: 109 p.

The explanatory note consists of an introduction, eight sections, conclusions and a list of references 27 sources. The total volume of work is 202 pages of the main text, 29 figures, 28 tables.

The purpose of the Master's thesis is to design the steam generator and centrifuge machine for the purpose of modernization of synthetic glycerol production plant.

The note contains a description of the technological process, selection of steam generator types, centrifuge and their place in the technological scheme, technical characteristics of apparatus, justification of choice for designs of apparatus being developed and principle of their main assembly units and components, the comparison of main indicators of developed design of apparatus with analogues, patent research of apparatus constructions. Health and safety measures, recommendations for installation and operation are given. The plant has been upgraded and a startup project has been developed.

The calculations confirming the efficiency and reliability of extruder and the forming head are carried out. Levels of standardization and unification are defined. An automatic process control scheme has been developed.

**STEAM GENERATOR, CENTRIFUGE, HULL, SCREW CONVEYOR,
FLANGE, GLYCEROLE**

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

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО МАГІСТЕРСЬКОЇ ДИСЕРТАЦІЇ

освітнього ступеня магістр

з спеціальності: 133 Галузеве машинобудування

спеціалізація: Обладнання хімічних, нафтопереробних та целюлозно-паперових виробництв

на тему: Розроблення парогенератора та центрифуги для модернізації
установки виробництва синтетичного гліцерину

Київ – 2019

Зміст

Перелік умовних скорочень.....	11
Вступ	12
1 Призначення область використання установки.....	13
1.1 Опис технологічного процесу	13
1.2 Вибір типу апаратів та їх місце в технологічній схемі	14
2 Технічна характеристика апаратів	17
3 Опис та обґрунтування вибраної конструкції апаратів	18
3.1 Опис конструкції, основних складальних одиниць та деталей.....	18
3.2 Вибір матеріалів.....	21
3.3 Порівняння основних показників розробленої конструкції з аналогами.	22
3.4 Патентне дослідження	24
4 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції.....	12
4.1 Розрахунок парогенератора	12
4.2 Розрахунок центрифуги.....	30
5 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	44
6 Рекомендації з монтажу та експлуатації парогенератора та центрифуги.....	50
7 Рівень стандартизації та уніфікації	55
8 Розроблення стартап-проекту.....	56
Висновки	76
Выводы.....	78
Conclusions	80
Перелік посилань	82

					ЛН81мп.065134.001 ПЗ			
Разроб.	Гришин				Модернізація парогенератора та центрифуги виробництва гліцерину		Лист	Листів
Перев.	Двойнос						10	
Н.Контр.						КПІ ім. Ігоря Сікорського» ІХФ, каф. МАХНВ		
Затв.								

Додаток А Схема автоматизації виробництва гліцерину

Додаток Б Технологія виготовлення трубної решітки

Додаток В Програма розрахунку ротора центрифуги

Додаток Г Документація патентного дослідження

Додаток Д Патенти, які використані в патентному дослідженні

Додаток Е Список наукових праць

					ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перелік скорочень, умовних позначень та термінів

D, d – діаметри, м;

F_i – розрахункові зусилля, МН;

F_a – площа теплообмінника, м²;

G – продуктивність, т/добу;

H, h – висота, м;

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

L – довжина труб, м;

$l_{\text{ап}}$ – розрахункова довжина апарату, м;

M – вигинаючий момент, МН/м;

m – маса, кг;

N – потужність, Вт;

P – тиск, МПа;

Q – витрати теплоти у процесі роботи, кВт;

S – Товщина стінки, м;

t – температура, К;

V – об'єм, м³;

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

ρ_i – густина, кг/м³;

ω_i – швидкість, м/с;

Критерії:

Pr – критерій Прандтля;

Nu – критерій Нуссельта;

Re – критерій Рейнольдса;

					ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

Гліцерин – органічна речовина, характерний представник трьохатомних спиртів. Прозора в'язка рідина з солодкуватим смаком без запаху. Гліцерин має властивість розчинятись в будь яких співвідношеннях з водою, етанолом, метанолом та ацетоном. Унікальні фізичні та хімічні властивості такі як: гігроскопічність, висока в'язкість, низька температура замерзання розчинів. Гліцерин традиційно використовують як компонент у косметологічних засобах в продовж багатьох років з причини його безпечності та ефективності. Має широке застосування у харчовій та фармацевтичній промисловості.

На сьогоднішній день, виробництво біодизеля є основним джерелом гліцерину на світовий ринок - 80%, де він отримується в якості побічного продукту виробництва біодизелю.

Саме з цієї причини виробництво гліцерину синтетичним методом є дуже важливим, так як саме такий метод виробництва дозволяє отримувати гліцерин високої чистоти (99,5 – 99,9%) на відміну від методу отримання гліцерину шляхом виробництва біодизелю який дозволяє отримувати гліцерин з чистотою не більше ніж 98%. Найбільші вимоги щодо чистоти гліцерину висувають фармакологічна та харчова промисловості.

Метою даної дипломної роботи є розробка парогенератора та центрифуги виробництва гліцерину синтетичним методом.

Для корисної моделі в основу було покладено задачу вдосконалення інтенсифікації процесу теплообміну.

Завдання на проектування видано 1 вересня 2019 року.

					ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Беручи до розрахунку різницю летючості води та гліцерину основну частину води відділяють з суміші випаровуванням.

Від сепаратору суміш надходить до куба випарювання 6 в якому розділяється більша маса води у вигляді водяної пари яку далі направляють на потреби виробництва. Відкуба випарювання 6 розчин направляють через фільтр 7 на якому з розчину відводять NaCl. Після центрифуги 7 водний розчин направляють у колону відгону води 8.

З колони 8 водяна пара проходить через холодильник 10 в якому вона конденсується та частково повертається в колону 8. Гліцерин з невеликою кількістю розчиненої в ньому води потрапляє у кип'ятильник 11 в якому ця суміш підігривається насиченою водяною парою.

Пари гліцерину що утворюються в кип'ятильнику 11 направляємо в колону відгону води 8 а концентрований розчин води та гліцерину направляємо на колону відгону важкої фракції 9. Пари гліцерину що утворюються у колоні 9 направляємо на конденсатор 12 після якого частина гліцерину що сконденсувалась повертається в колону 9 а інша частина направляється на продаж. Важку фракцію що утворюється в колоні 9 направляють в кип'ятильник 11 який підігривається насиченою водяною парою. Пари важкої фракції що утворюються в кип'ятильнику 11 направляють у колону 9, а отриманий гліцерин є готовим продуктом.

1.2 Вибір типу апаратів та їх місце в технологічній схемі

1.2.1 Вибір типу парогенератора та його місце в технологічній схемі

Парогенератор призначений для генерації парів гліцерину. В якості нагриваючого середовища застосовується водяна пара. Гліцерин, що нагривається, надходить у міжтрубний простір, а водяна пара поступає через патрубков в трубний простір, проходить по трубах і виходить через другий

					ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

патрубок.

Для даного процесу нам потрібний теплообмінний апарат, який максимально відповідає вимогам, які поставлені технологічними умовами.

За рахунок специфіки проходження теплообмінного процесу поміж парою води і гліцерином, теплообмінним апаратом було обрано парогенератор камерного типу з горизонтальним розміщенням пучка труб. Апарати даної конструкції є зручними в обслуговуванні і є досить надійними при експлуатації у роботах при умові високого тиску в міжтрубному просторі та значного напору температури [1].

Область де застосовується: хімічна, нафтопереробна промисловості.

Приймаємо апарат такого типу, за такі переваги:

- 1) велика площа теплообміну;
- 2) робота при високому тиску;
- 3) невеликий гідравлічний опір;

1.2.2 Вибір типу центрифуги та її місце в технологічній схемі

Для розділення суспензій під дію відцентрових сил з розміром частинок 1÷10 мкм рекомендується використовувати центрифугу осадження. При виробництві гліцерину утворюється саме така суспензія розчину води у гліцерині та хлориду натрію, з розміром кристалів 5 мкм.

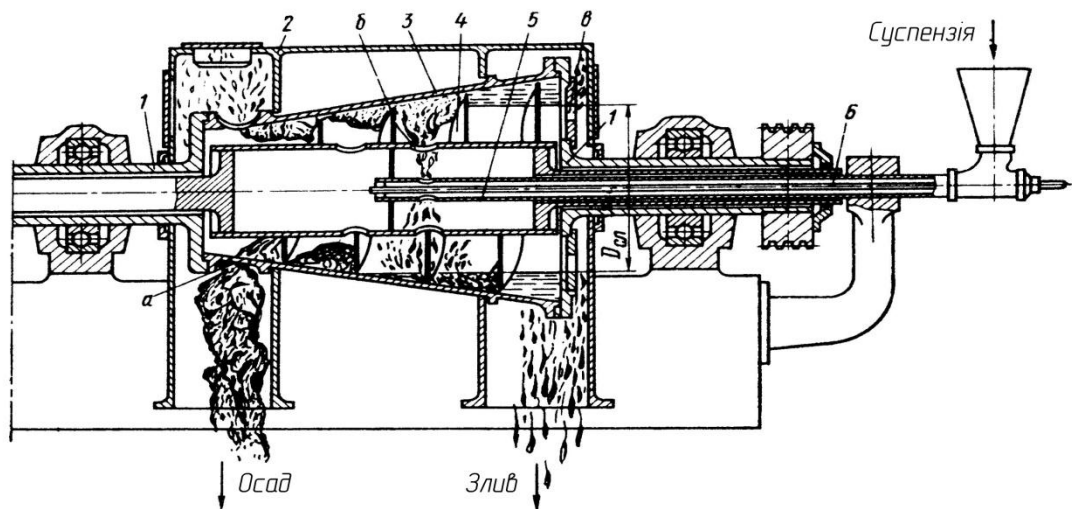
Вибір типу центрифуги потрібно проводити, аналізуючи властивості суспензії та висунуті технологічні вимоги до процесу центрифугування. У нашому випадку тверда фаза нерозчинна та неабразивна, нетоксична, вибухобезпечна.

Провівши аналіз вищезгаданих вимог, та даних про використання центрифуг в аналогічних умовах, приймаємо до розробки в технологічну схему центрифугу типу НОГШ (неперервної дії, осадова, горизонтальна, зі шнековим вивантаженням осаду). Такі центрифуги призначені здебільшого

					ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

для розділення суспензій з нерозчинною твердою. Широке використання осадових центрифуг пояснюється їх універсальністю. Їх успішно використовують для розділення суспензій з широким діапазоном розмірів частинок твердої фази.

Промивання осаду в цих центрифугах малоефективне. Їх головна перевага – неперервність процесу та висока продуктивність при низькій питомій витраті енергії та масі машини.



1 – порожниста цапфа; 2 – кожух; 3 – барабан; 4 – барабан шнека; 5 – труба подачі суспензії; 6 – труба промивної води; а – вивантажувальні вікна для осаду; б – отвори для суспензії; вікна для фугату

Рисунок 1.2 – Шнекова осадова центрифуга безперервної дії

До недоліків цих центрифуг необхідно віднести невисокий ступінь знеріднення осаду, неможливість проведення в машині його якісного промивання, а також швидкий знос шнека та ротора при обробці абразивних матеріалів. Але для процесу, що відбувається у нашому випадку, ці недоліки не становлять значних перепон у застосуванні саме цього типу центрифуги.

						ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

2 Технічна характеристика апаратів

2.1 Технічна характеристика парогенератора

тиск у трубному просторі, МПа	8,344;
тиск у міжтрубному просторі, МПа	0,101;
температура водяної пари, К	589,15;
початкова температура гліцерину, К	580,65;
загальна поверхня теплообміну, м ²	131;
загальна кількість труб, шт	240;
діаметр апарата, м	1,4;
зовнішній діаметр труб, м	0,025;
внутрішній діаметр труб, м	0,021;
довжина труб апарата, м	4;
товщина стінки апарата, м	0,01;
довжина апарата, м	6,420;
ширина апарата, м	1,420;
висота апарата, м	1,980;
маса апарата, кг	9350.

2.1 Технічна характеристика центрифуги

Продуктивність по суспензії G , кг/с:	1,5;
Масова концентрація твердих частинок у суспензії, $C_{ТВ}$, %:	1,5;
Робочий тиск, МПа:	0,1;
Швидкість обертання ротора центрифуги n , об/хв:	7500.

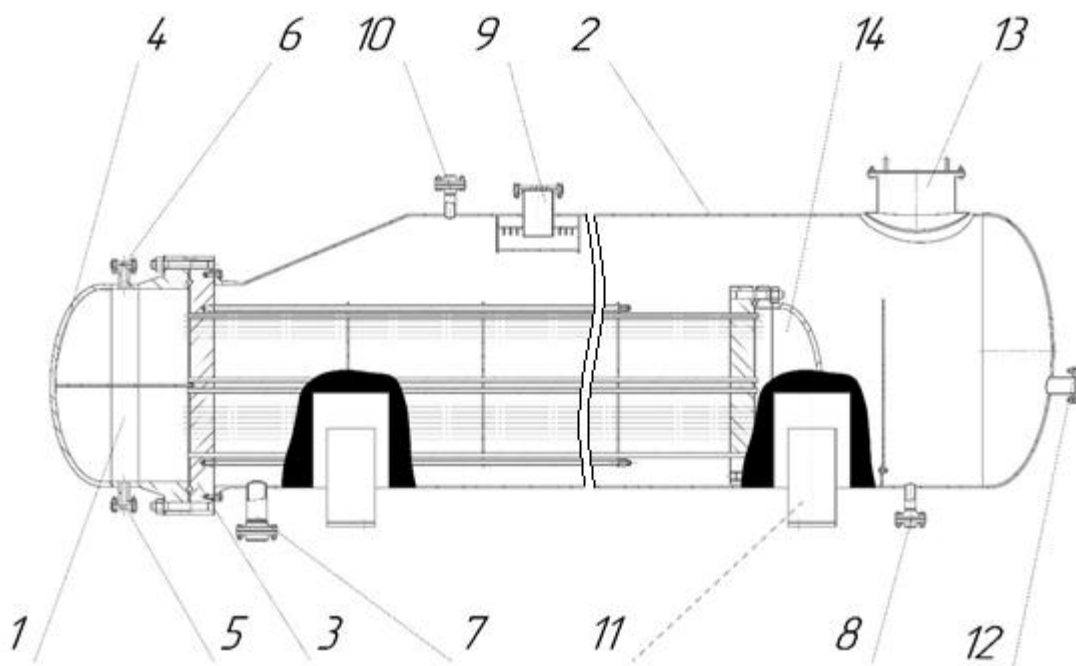
					ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 Опис та обґрунтування вибраної конструкції апаратів

3.1 Опис конструкції, основних складальних одиниць та деталей

3.1.1 Опис конструкції, основних складальних одиниць парогенератора

У магістерській дисертації розробляється конструкція парогенератора (рисунок 3.1.1), що використовується для випаровування кубового залишку колони ректифікації розділення суміші гліцерин – вода [1].



1 – розподільча камера; 2 – корпус парогенератора; 3– трубна решітка;
4– днище; 5 – штуцер виводу водяної пари; 6 – штуцерподачі водяної пари
; 7– штуцер подачі рідкого гліцерину; 8– штуцер виводу залишку гліцерину; 9
– штуцер виводу парів гліцерину; 10 – штуцер дренажний;
11 – опора; 12 – технічний штуцер ; 13 – люк; 14 – плаваюча головка.

Рисунок 3.1 – Схема парогенератора

						ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

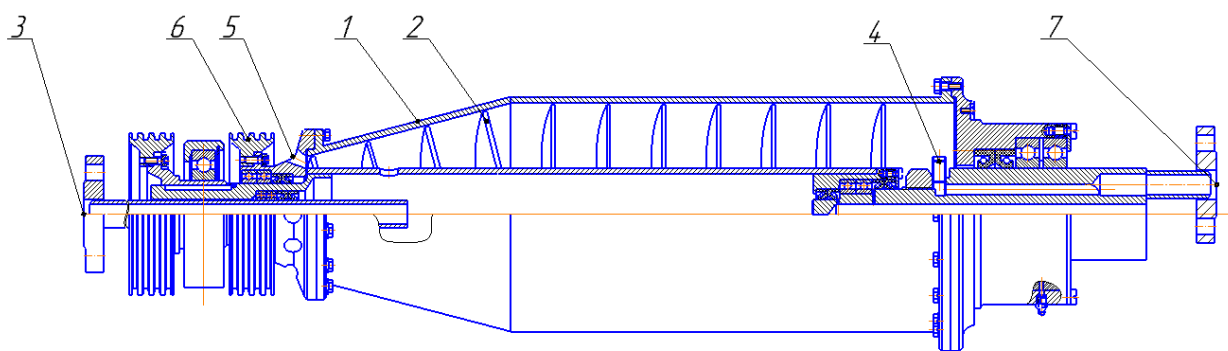
Випаровування води забезпечується водяною парою, яка подається через штуцер 6 у трубний простір парогенератора з температурою 589,15 К і тиском 8,344МПа. Через штуцер 7 в між трубний простір подається гліцерин.

Обтікаючи трубний пучок гліцерин нагрівається і утворюється пара, яка відводиться через штуцер 9, а залишки гліцерину виходять через штуцер 8. Трубочатка виконана у вигляді пучка труб з плаваючою головкою 14 для компенсації температурних деформацій. Корпус виконано циліндричної форми з паровим простором.

Якщо розглянути трубочатку та плаваючу головку як консольне защемлення, то на труби діють вигинаючі моменти, що спричинені силою ваги плаваючої головки. Щоб уникнути прогин та злам труб треба встановити підтримуючі перегородки по всій довжині труб з кроком 700 мм, які зменшують вигинаючі моменти, які діють на труби.

3.1.2 Опис конструкції, основних складальних одиниць центрифуги

У магістерській дисертації розробляється конструкція центрифуги (рисунок 3.2), що використовується для випаровування кубового залишку колони ректифікації розділення суміші гліцерин – вода.



1– корпус; 2 – шнек; 3 – штуцер подачі суспензії; 4 – спіраль Архімеда; 5 – вікно відведення осаду; 6 – шків; 7 штуцер відведення фугату.

Рисунок 3. 2 – Схема центрифуги

					ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Високопродуктивна шнекова центрифуга прямоточного виконання, часто використовується для зневоднення осаду побутових та промислових стічних вод на станціях аерації та інших галузях народного господарства.

Центрифуга складається з циліндричного корпусу 1, шнека 2, штуцера подачі суспензії 3, спіралі Архімеда 4; вікна відведення осаду 5; шківів 6; штуцера відведення фугату 7.

У місці переходу циліндра в конус є роз'їм. Цапфи одночасно слугують кришками, що закривають торці ротора, а також опорами шнека. Цапфи спираються на опори, жорстко закріплені на станині. В опорах ротора встановлені дворядні сферичні роликотішипники. Всередині ротора співвісне розташування шнеків, що транспортує осад до вивантажувальних вікон. Обертання шнеку передається ротором через шківів. Різниця швидкостей обертання шнека та ротора необхідна для примусового переміщення осаду вздовж внутрішньої поверхні ротора. Через порожнисту цапфу проходить живильна труба, по якій суспензія підводиться у внутрішню порожнину шнека, звідки через вікна надходить у ротор.

Тверда фаза випадає на стінки ротора та транспортується шнеком до вивантажувальних вікон, що знаходяться у меншого діаметру ротора. В кінці шляху осаду до вивантажувальних вікон, у зоні зневоднення, відбувається віджим вологи з осаду. Віджата тверда фаза через вивантажувальні вікна ротора викидається в приймальний відсік кожуха та під дією власної ваги падає униз. Освітлена рідка фаза (фугат) через спіраль Архімеда шнека зливається та штуцер виведення фугату 7 відводиться.

Труба живлення 3 призначена для подачі суспензії до центрифуги. Всередині труби живлення проходить трубка, призначена для подачі флокулянта у ротор.

					ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2 Вибір матеріалів

Вибір матеріалу, що обумовлений умовами експлуатації парогенератора (температура, величина навантаження, характер впливу середовища тощо), варто виконувати так, щоб за низької вартості і не дефіцитності матеріалу забезпечити ефективну технологію виготовлення виробу [2].

Працездатність виробу, тобто стан, при якому він здатен нормально виконувати свої функції, оцінюється критеріями міцності, пружності, зноса та корозійної стійкості. Слід враховувати, що дія корозії та високих температур знижує межу витривалості матеріалу.

Завдяки широкому спектру властивостей, обумовлених складом і хіміко-термічною обробкою, сталь найбільш розповсюджений конструкційний матеріал.

Для обраного апарата були обрані наступні матеріали: вузли, що контактують з водою слід виконувати із сталі 12X18H10T ГОСТ 5632-72. Ця сталь має такий склад – 0,012% вуглецю, 18% хрому, 10% нікелю, 0,5% титану, має незначні домішки кремнію та фосфору.

Час є основним матеріалом, що використовується для виготовлення технологічного обладнання. Широке застосування аустенітної хромонікелевої сталі в якості корозійностійкого, жаростійкого, жароміцного та криогенного конструкційного матеріалу обумовлено її корозійною стійкістю, високою технологічністю при гарячій та холодній пластичній деформації, гарною зварюваністю.

Для кріпильних виробів слід використовувати Ст35 ГОСТ 1050-88. Це вуглецева сталь звичайної якості, яка застосовується для виготовлення несучих металевих конструкцій, днищ, фланців, кріплень тощо. Легко зварюється і використовується при тисках до 1,6 МПа.

					ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Матеріал прокладки –гумазгідно з ГОСТ 7338-77. Вона має сукупність конструктивних властивостей – високу пружність, гідро-непроникність. Використовується для прокладок, обкладок тощо.

Центрифуга.

Для обраного апарата були обрані наступні матеріали: вузли, що контактують з водою слід виконувати із сталі 12Х18Н10Т ГОСТ 5632-72. Ця сталь має такий склад – 0,012% вуглецю, 18% хрому, 10% нікелю, 0,5% титану, має незначні домішки кремнію та фосфору [4].

3.3 Порівняння основних показників розробленої конструкції з аналогами.

3.3.1 Порівняння основних показників парогенератора з аналогами

Мета: порівняти конструкції парогенераторів що вже є в наявності з апаратом, що розробляється.

Порівняльні дані наведені в таблиці 3.3.1 за даними [3].

Таблиця 3.3.1 – Порівняльні характеристики теплообмінних апаратів

Основні технологічні показники	Горизонт. Фірми Теплотерм	U – образний фірми Energo Design	З двома нерухомим и трубними решітками фірми H.Stars	Апарат, що проектується (з плаваючою головою)
1	2	3	4	5
Робочий тиск, МПа	6,6 (3,5)	6,1(3)	5,9 (3)	8,35 (5)
Продуктивність G	0,8(5)	0,8(5)	0,8(5)	0,8(5)
Робоча температура, К	440(4)	460(4)	400(3)	589,15(5)
Вартість виготовлення, тис. грн..	52(3)	57(2)	33(5)	42(4)

Продовження табл. 3.3.1

1	2	3	4	5
Гідравлічний опір, Па	51000(3)	47000(4)	59000(2)	47000(5)
Сума балів	18,5	18	18	24

Висновок: було вибрано конструкцію теплообмінного апарату з плаваючою головкою, за його простоту у виробництві, при монтажі та експлуатації, має достатню площу теплообміну.

3.3.2 Порівняння основних показників центрифуги з аналогами

Мета: порівняти конструкції центрифуг, що вже є в наявності з апаратом, що розробляється.

Порівнювання наведено в таблиці 3.3.2 за даними [4].

Таблиця 3.3.2 – Порівняльна характеристика центрифуг

Технологічні показники	ОГШ-1001К	ОГШ-321К	Центрифуга, що проектується
Продуктивність кг/с	1,5 (5)	1,5 (5)	1,5 (5)
Внутрішній діаметр ротора, мм	800 (3)	320 (4)	200 (5)
Довжина, мм	1300 (1)	500 (3)	400 (5)
Оберти, об/хв	2390 (5)	1700 (4)	7500 (4)
Фактор розділення	1570 (3)	1450 (3)	3150 (5)
Об'єм, м ³	0,03 (2)	0,12 (4)	0,1 (4)
Площа поверхні фільтрації, м ²	0,61 (4)	1,06 (3)	1,39 (5)
Сумма балів	23	26	33

Висновок: за табличними даними, отримали результат, який доводить вибір вибраного типу центрифуги.

					ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.4 Патентне дослідження

3.4.1 Патентне дослідження центрифуги

Патентний пошук виконується для порівняння розробленого апарату з аналогами та перевірки патентної чистоти запропонованої конструкції. Результати пошуку наведені в Додатку Б.

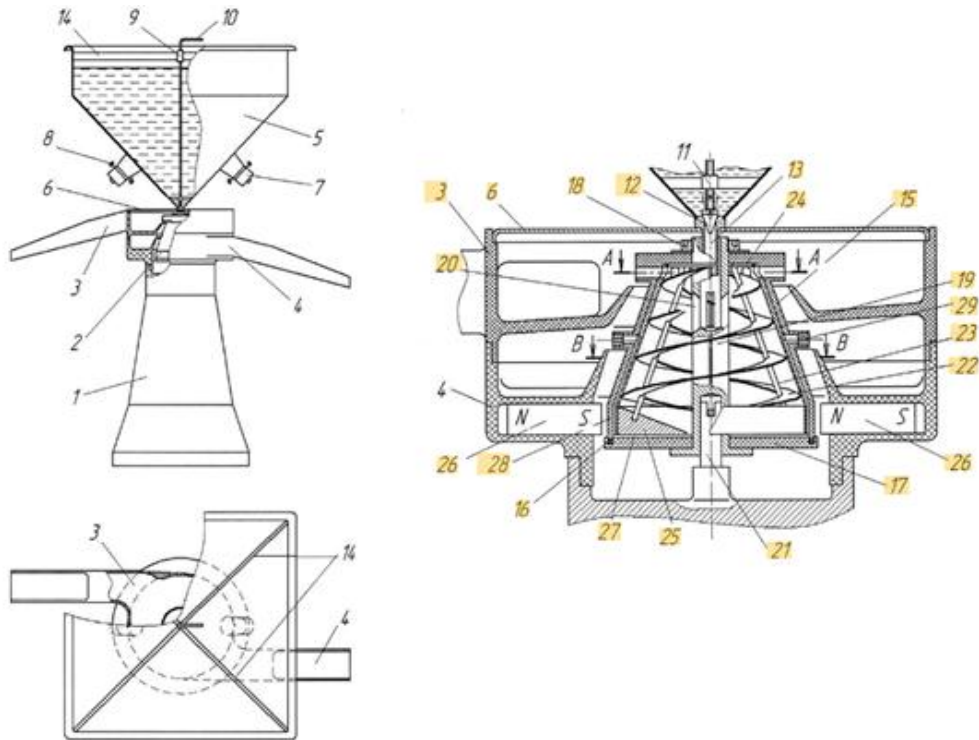
1. Центрифуга [5], зображена на рисунку 3.3.

Шнекова центрифуга для відділення з суспензії наночастинок, що складається з конусоподібного полого ротора з розташованим в ньому співвісно шнеком, лопаті якого по зовнішньому діаметру стосуються внутрішніх стінок ротора, пристроїв для введення оброблюваної суспензії всередину ротора і виведення з ротора двох фракцій суспензії з великими і дрібними частинками, а також приводу, що забезпечує обертання ротора з частотою не менше 8000 об / хв і швидкість шнека, меншу швидкості ротора, що забезпечує зрушення осідають під дією відцентрової сили на стін і ротора частинок в сторону отворів для викиду цих частинок з ротора, що відрізняється тим, що корпус і кришка ротора виконані з струмопоглинаючого матеріалу.

Шнек складається з двох симетрично розташованих лопатей у вигляді вирізаних з листа по спіралі секторальних смуг постійної ширини, з'єднаних між собою і розставлених по висоті ротора з рівним кроком і закріплених в такому положенні по внутрішньому діаметру смуг чотирма стійками, при цьому верхні кінці стійок і лопатей з'єднані з плоским кільцем, а нижні кінці стійок і лопатей шнека з'єднані з алюмінієвим кільцем, що має в перетині вид прямокутного трикутника, довгий катет якого звернений у бік нижньої кришки ротора, а короткий катет утворює зовнішню циліндричну поверхню алюмінієвого кільця, встановленого в зборі зі шнеком з можливістю обертання всередині ротора, при цьому зовні корпусу ротора, з двох сторін

					ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

навпаки кільця в безпосередній до нього близькості, симетрично в діаметральної площині розташовані два магніти з однаковим розташуванням полюсів.



1 – привід ротора; 2 – ротор; 3 – лоток зливу крупної фракції; 4 – лоток зливу дрібної фракції; 5 – піраміда; 6 – кришка; 7 – п'єзокерамічний випромінювач; 8 – контакти; 9 – втулка; 10 – рукоятка; 11,18 – гайка; 12 – корпусний клапан; 13 – зливна трубка; 14 – пластина; 15 – корпус; 16 – ущільнювань кільце; 17 – струмонепроникна кришка; 19 – верхній кінець вала; 20 – отвори; 21 – вал приводу; 22 – лопасті; 23 – стійки; 24 – кільце; 25 – кільце алюмінію; 26 – магніти; 27,28 – канавка; 29 – жиклер.

Рисунок 3.3 – Конструкція центрифуги

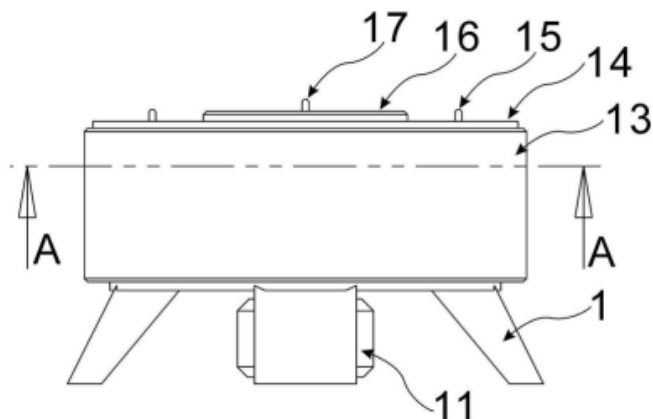
Переваги:

- невеликі габаритні розміри;
- безперервна дія;

Недоліки:

					ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Центрифуга має привід що під'єднаний напряму, з розташуванням електродвигуна унизу, що обертається навколо вертикальної осі.



1 – опора; 11 – двигун; 13, 14 – кришка; 15, 17 – ручка; 16 – зовнішня кришка.

Рисунок 3.5 – Конструкція центрифуги

Переваги:

- велика ефективність центрифуги;
- малі габарити;

Недоліки:

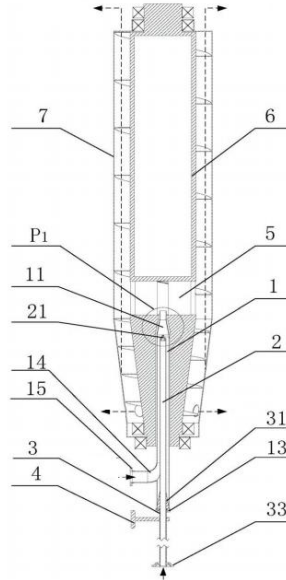
- складність обслуговування;

4. Центрифуга [8], зображена на рисунку 3.6.

Труба включає першу насадку, товсту циліндричну трубку, кришку, трубу вигину, фланець, перший струмінь з'єднаний з товстим циліндричним одним кінцем труби, а затискач закріплений на іншому кінці товстої циліндричної трубки, вигин труби розташований близько до кришки, а труба одним кінцем з'єднується з товстою циліндричною стороною труби, а внутрішня порожнина вигину труби з'єднана з порожниною товстої циліндричної трубки. Він включає другу насадку, яка буферизує рідинну трубу, тонку циліндричну трубку, а друга насадка розміщена в товстій циліндричній трубі, а тонка циліндрична трубка проходить через кришку і розташована в товстій циліндричній трубці, утворює кільцевий канал між тонкою циліндричною трубкою і товстою циліндричною трубою. Винахід

									ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

має переваги тим, що поліпшення змішаного ефекту матеріалу та флокулянта, що підлягають роз'єднанню, запобігає подачі трубопроводу зі стану, що сприяє роздільній ефективності декантера-центрифуги, що у свою чергу зменшує витрати на розділення.



1 – труба; 2 – буфер; 3,4,33 – вхідний штуцер; 5 – робоче середовище;
6 – циліндр; 7 – корпус; 11 – штуцер підводу суміші для розділення; 13, 31 –
труба; 15 – фланець

Рисунок 3.6 – Конструкція центрифуги

Переваги:

- енергоефективна;

Недоліки:

- значні габаритні розміри;
- шумність та вібрації.

5. Центрифуга [9], зображена на рисунку 3.7.

Центрифуга має декілька швидкостей, за допомогою яких вона досягає високих швидкостей, а також є мішалка на дні, яка не дає застоюватись матеріалу.

					ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Парогенератор [10] зображено на рисунку 3.8. Суть винаходу полягає в тому, що парогенератор містить корпус з камерою згоряння, змішувальну головку з порожнинами підведення компонентів палива, пояса подачі компонентів палива, з'єднані з відповідними порожнинами компонентів палива за допомогою каналів, при цьому пояси подачі компонентів палива виконані у вигляді декількох коаксиально встановлених обичайок, розташованих один по відношенню до одного з кільцевими зазорами, і утворюють замкнуті кільцеві порожнини, що відкриваються в камеру згоряння, причому кільцеві порожнини

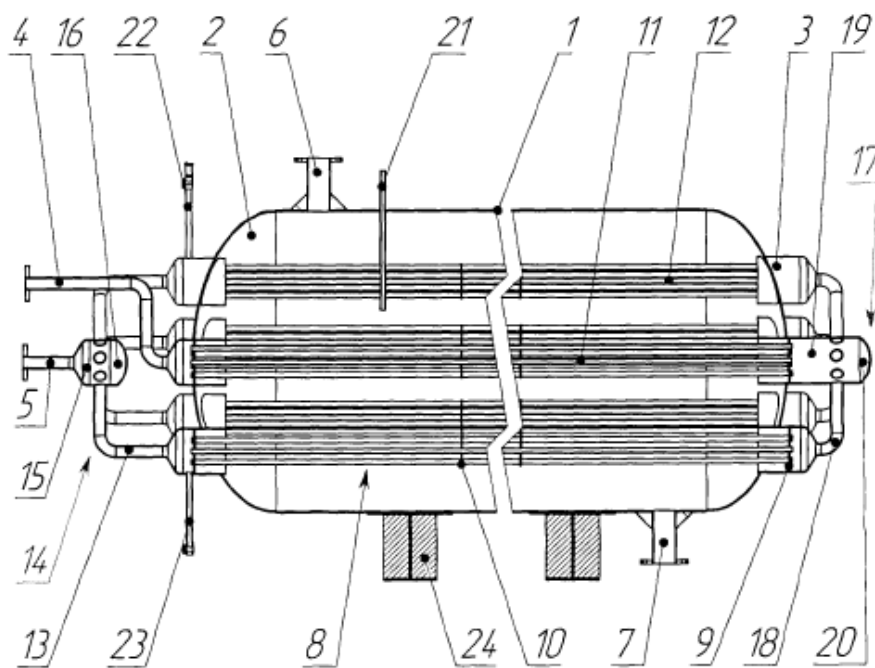
компонентів палива рівномірно чергуються між собою, при цьому в центральній частині головки, між поясами подачі компонентів, встановлено пояс подачі пароутворюючої рідини, порожнина якого відкривається в порожнину камери згоряння, при цьому на торцях обичайок з боку входу встановлені торцеві профільовані днища, скріплені між собою і з корпусом і утворюють послідовно розташовані торцеві кільцеві порожнини, причому довжина згаданих порожнин зменшується від вхідної частини камери згоряння до вихідній, при цьому в зазначених днищах і порожнинах виконані ізолювані

канали, що з'єднують згадані торцеві порожнини подачі компонентів палива через одну між собою, при цьому зазначені кільцеві порожнини компонентів палива з'єднані з відповідними порожнинами підведення компонентів через згадані торцеві порожнини, утворені профільованими днищами.

					ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

13 надходить в циліндр 15 збірного колектора 14 і виходить через патрубок відведення 5 в зворотний трубопровід трубної середовища. Таким чином по трубної середовищі теплообмінник є двухходовим.

Межтрубном середовище по вхідному патрубку 6 надходить в теплообмінник і рухається, проходячи по міжтрубному просторі теплообмінних елементів, через вихідний патрубок 7 в зворотний трубопровід межтрубном системи. За рахунок розташування вхідного і вихідного патрубків межтрубном середовища на протилежних кінцях корпусу зверху і знизу, відповідно, межтрубном середовище по відношенню до трубної середовищі в бічних пучках труб 12 рухається протитечією, що підвищує ефективність теплопередачі.



- 1 – корпус; 2 – днище; 3 – сідло; 4 – патрубок підводу;
 5 – патрубок відводу; 6 – вхідний патрубок; 7 – вихідний патрубок; 8 –
 трубний пучок; 9 – трубна решітка; 10 – перемичка; 11 – центральний
 трубний пучок; 12 – боковий трубний пучок; 13 – ввід сборного колектора;
 14 – вивід сборного колектора; 15,19 – циліндр;
 16,20 – кришка; 17 – розподільчий колектор; 18 – відвід.

Рисунок 3.9 – Парогенератор

						ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Переваги апарата:

- 1) невисока ємність металу;
- 2) висока швидкість теплоносія

Недоліки апарата:

- 1) великі габарити
- 2) складність ремонту

3. Парогенератор [12].

Гарячий компонент подається всередину корпусу 1 теплообмінника через патрубок введення 2 гарячого компонента і через торцеві порожнини 12 і канали 14 надходить в кільцеві порожнини 9 гарячого компонента. Гарячий потік компонента проходить через кільцеві порожнини 9 і віддає тепло стінок теплообмінних елементів 6, виконаним у вигляді декількох коаксиально встановлених обичайок 7. На виході з теплообмінника, гарячий потік збирається в аналогічних торцевих порожнинах 12 і через аналогічні канали 14 надходить у вихідний патрубок 4 виведення гарячого потоку.

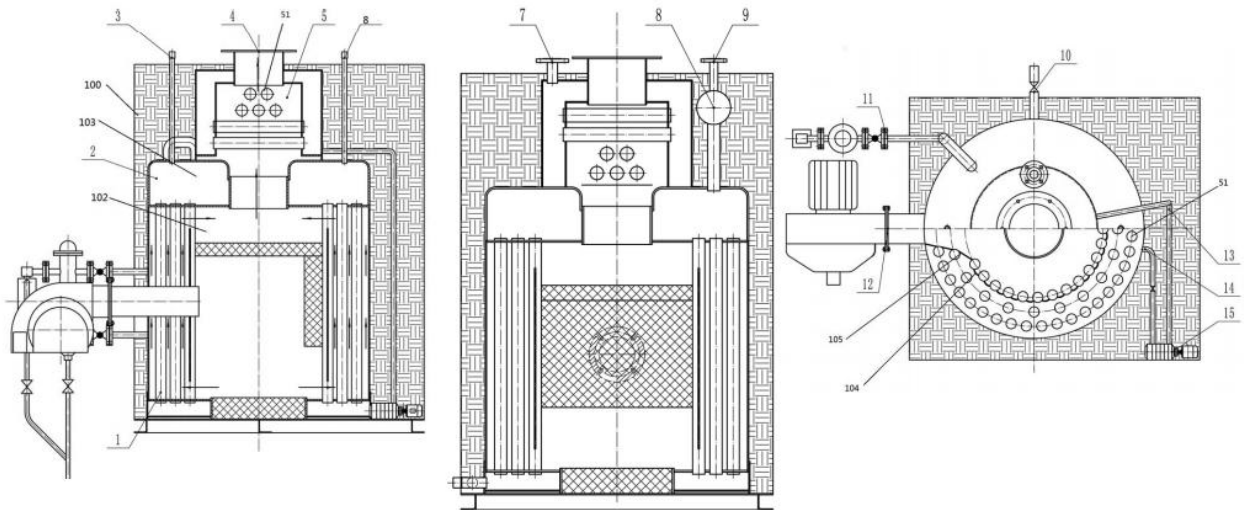
Холодний компонент подається всередину корпусу 1 теплообмінника через патрубок введення 3 холодного компонента потоку і через торцеві порожнини 13 і канали 15 надходить в кільцеві порожнини 10 холодного компонента. Холодний потік компонента проходить через кільцеві порожнини 10 і, за рахунок теплопередачі, знімає тепло із стінок теплообмінних елементів 6, виконаних у вигляді декількох коаксиально встановлених обичайок 7. На виході з теплообмінника, холодний потік збирається в аналогічних торцевих порожнинах 13 і через аналогічні канали 15 надходить в вихідний патрубок 5 виведення холодного компонента.

Додатковий компонент подається в пояс 16 подачі додаткового компонента, з одного боку взаємодіє з обечайкою 7 пояса 9 подачі гарячого компонента, з іншого боку з обечайкою 7 пояса 10 подачі холодного компонента. Проходячи через вказаний пояс, додатковий компонент набуває

					ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Схематичне зображення цього апарата зображено на рисунку 3.11.

Вертикальний парогенератор полягає в переробці для відпрацьованого тепла, після попередньої нагрівання води через енергозберігаючий прилад. Волога в парі відділяється за допомогою сепаратора, що уникає пари. Нагрівання пального відбувається спочатку в трубі енергоносія, вода нагрівається, а температура пари у водяній енергетичній трубі внутрішнього шару вища, а температура пари зовнішнього шару водопровідної труби низька. Температура підходить для забезпечення високої чистоти висока пари.



1 - водопровідна енергетична труба; 2 – ємність пари; 3- манометр; 4 – вивід пари; 5 - енергозберігаючий прилад; 6 - паровідвідний сепаратор; 7 - бак для подачі води; 8 - клапан; 9 - стопорний клапан; 10 – витяжний клапан; 11 – введення води; 12 – паливник; 13 – енергозберігаючий пристрій; 14 - вхідний отвір трубки для подачі енергії для води; 15 - водяний насос; 65 - труба для розділення пари та води; 66 - плита для розділення пари та води; 67 - вентиляція пари; 100 – оболонка; 102 - теплоізолювана чавунна плита; 104, 105- напрямна залізна пластина.

Рисунок 3.11 – Парогенератор

Переваги апарата:

						ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

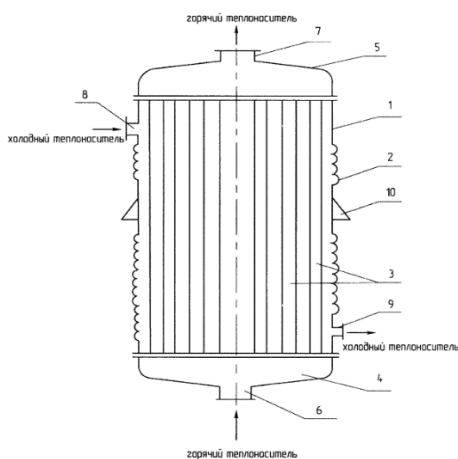
- 1) компактні габаритні розміри;
- 2) невелика ємність металу;

Недоліки апарата:

- 1) складність ремонту
- 2) мала кількість стандартних деталей;
- 3) великий гідравлічний опір.

5. Кожухотрубний теплообмінник з м'яким кожухом [14].

Схема даного кожухотрубного теплообмінника з м'яким кожухом представлена на рисунку 3.12.



1 – кожух, 2 – гофра, 3 – теплообмінні труби, 4 –колектор підводу гарячого теплоносія, 5 – колектор відводу гарячого теплоносія, 6 – патрубок підводу гарячого теплоносія, 7 – патрубок відводу відпрацьованого теплоносія, 8 – штуцер подачі холодного теплоносія, 9 – штуцер відводу холодного теплоносія; 10 – опора.

Рисунок 3.12 – Кожухотрубний теплообмінник з м'яким кожухом

Кожухотрубний теплообмінник з м'яким кожухом 1, що містить декілька теплообмінних труб 3, на кінцях яких розташовані колектори та патрубки 7,6 для розподілення та збору теплоносія 4,5 які розташовані в корпусі де на кінцях радіально розташовано встановлені штуцера підводу та відведення теплоносія 8,9.

					ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кожух зроблений із дюрітового рукава. Дюрітовий рукав виготовлений гофрованим.

Переваги апарата:

- 1) наявність роботи з значними перепадами температури;
- 2) значна продуктивність;
- 3) легкість у регулюванні.

Недоліки апарата:

- 1) невисока міцність теплообмінного апарату;
- 2) неможливість роботи під високим тиском.

Документація до патентного дослідження наведена у додатку Д.

Висновок: вибрана конструкція парогенератора, яку можна використовувати у процесі генерації гліцеринової пари. Така конструкція дозволить реалізувати інтенсивний процес теплообміну при невисоких втратах на гідравлічні опори, та така, яка забезпечить роботу при підвищеному тиску.

					ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції

4.1 Розрахунок парогенератора

4.1.1 Параметричний парогенератора

Метою розрахунку є визначення теплового навантаження парогенератора, розрахунок поверхні теплообміну, вибір типового парогенератора.

Схема апарата зображена на рисунку 4.1.

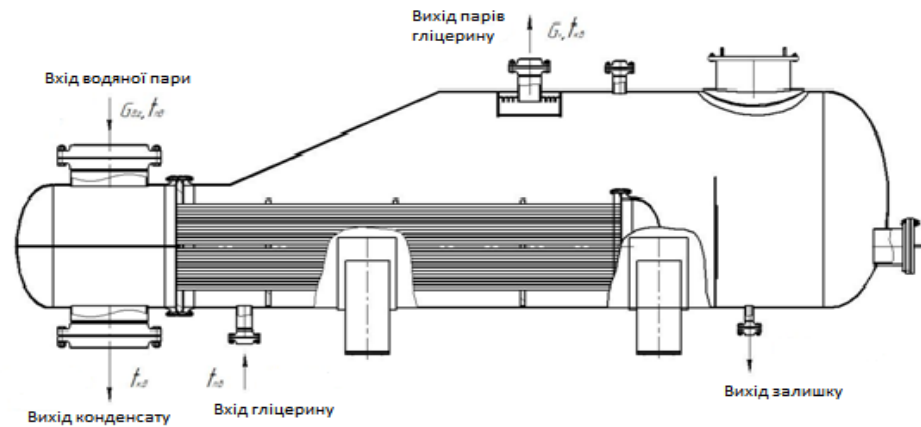


Рисунок 4.1 – Схема парогенератора

Вихідні дані:

Водянапара:

Тиск P , МПа

8,34;

Температура водяної пари на вході $t_{в.п.}$, К

589,15;

Витрати водяної пари $G_{в.п.}$, кг/с

0,38;

гліцерин:

Тиск P , МПа

0,101;

температура гліцерину на вході $t_{г.п.}$, К

580,65;

					ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Витрати гліцерину $G_{в.п.}$, кг/с	1,0
геометричні параметри труб:	
діаметр труби d , м	0,025;
товщина стінки труби, м	0,002;

Методика проведення даного розрахунку складена згідно [1].

Теплове навантаження парогенератора:

Розглянемо процес фазового переходу гліцерину з рідкого до газоподібного стану. Процес відбувається при температурі від $t = 580,65$ К до температури $t = 589,65$ К.

Визначимо кількість теплоти необхідної для переходу гліцерину з рідкого в газоподібний стан, Вт:

$$Q = G_{гл} \cdot r_{гл} \cdot 1,05 = 1 \cdot 732,7 \cdot 10^3 \cdot 1,05 = 7,693 \cdot 10^5,$$

де $r_{гл}$ – теплота пароутворення, $r_{гл} = 732,7$ кДж/кг.

Розрахунок необхідної площі теплообміну для нормального протікання процесу, m^2 :

$$F = \frac{Q}{K_{or} \cdot \Delta t} = \frac{769355}{500 \cdot 8,5} = 181,02$$

Визначаємо загальну довжину труб у теплообміннику, м:

$$nL = \frac{F}{\pi \cdot d_{зовн}} = \frac{181,02}{3,14 \cdot 0,025} = 2,305 \cdot 10^3,$$

де n – кількість труб, штук; L – довжина труби, м.

Щільність стікання конденсату по внутрішній стінці труби, кг/м·с:

$$\Gamma = \frac{G_{vp}}{nL \cdot 2} = \frac{0,38}{2,305 \cdot 10^3 \cdot 2} = 8,244 \cdot 10^{-5}$$

Критерій Рейнольдса плівки конденсату:

									ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

$$\text{Re}_{pl} = \frac{4 \cdot \Gamma}{\mu} = \frac{4 \cdot 8,244 \cdot 10^{-5}}{87,28 \cdot 10^{-6}} = 3,778$$

Розрахунок критерія Нюсельта:

$$\begin{aligned} Nu &= a \cdot \text{Re}_{pl}^{0,5} \cdot \left(\frac{\sigma}{\rho_p \cdot g \cdot d_{vn}^2} \right)^{0,3} \cdot \left(\frac{L}{d_{vn}} \right)^{0,35} = \\ &= 0,5 \cdot 3,778^{0,5} \cdot \left(\frac{0,0121}{46,25 \cdot 9,8 \cdot 0,021^2} \right)^{0,3} \cdot \left(\frac{2}{0,021} \right)^{0,35} = 2,064 \end{aligned}$$

Розрахунок приведеної товщини плівки конденсату, м.:

$$\sigma_{priv} = \left(\frac{\mu^2}{\rho_p^2 \cdot g} \right)^{0,33} = \left(\frac{(87,28 \cdot 10^{-6})^{0,2}}{46,25^2 \cdot 9,8} \right)^{0,33} = 7,851 \cdot 10^{-5}$$

Коефіцієнт тепловіддачі α_1 зі сторони водяної пари, Вт/м²·К:

$$\alpha_1 = \frac{Nu \cdot \lambda}{\sigma_{priv}} = \frac{2,064 \cdot 0,549}{7,851 \cdot 10^{-5}} = 1,444 \cdot 10^4$$

Коефіцієнт тепловіддачі на поверхні труб для бульбашкового кипіння:

$$\begin{aligned} \alpha_2 &= 0,075 \cdot \left[1 + 10 \cdot \left(\frac{\rho_{gl}}{\rho_{pg}} - 1 \right)^{\frac{2}{3}} \right] \cdot \left(\frac{\lambda_{gl}^2 \cdot \rho_{gl}}{\mu_{gl} \cdot \sigma_{gl} \cdot T_{kip.gl}} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot q^{\frac{2}{3}} = \\ &= 0,075 \cdot \left[1 + 10 \cdot \left(\frac{1060}{1,969} - 1 \right)^{\frac{2}{3}} \right] \cdot \left(\frac{285^2 \cdot 1060}{0,4242 \cdot 1 \cdot (290 + 273)} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot 4250^{\frac{2}{3}} = 1,612 \cdot 10^3 \end{aligned}$$

З урахуванням опору стінки і забруднення її з обох поверхонь коефіцієнт теплопередачі:

$$\begin{aligned} K &= \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda_{st}} + r_{st1} + r_{st2} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{1,444 \cdot 10^4} + \frac{0,002}{24} + \frac{1}{5800} + \frac{1}{3000} + \frac{1}{1,612 \cdot 10^3}} = 782,144 \\ q &= K \cdot \Delta t = 782,144 \cdot 8,5 = 6,648 \cdot 10^3, \end{aligned}$$

де Δt – різниця температур теплоносіїв, $\Delta t = 8,5$ К.

										ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

Перевіряємо розбіжність значень питомого теплового потоку, поточної та попередньої ітерації:

$$\varepsilon_q = \frac{|q_{or} - q|}{q} \cdot 100\% = \frac{|4250 - 6648,2261|}{6648,2261} \cdot 100\% = 36,073\%$$

Друга ітерація.

Розрахунок необхідної площі теплообміну для нормального протікання процесу, м²:

$$F = \frac{Q}{q} = \frac{769355}{6,648 \cdot 10^3} = 115,72$$

Визначаємо загальну довжину труб у теплообміннику, м:

$$nL = \frac{F}{\pi \cdot d_{zovn}} = \frac{115,72}{3,14 \cdot 0,025} = 1,473 \cdot 10^3$$

Щільність стікання конденсату по внутрішній стінці труби, кг/м·с:

$$\Gamma = \frac{G_{vp}}{nL \cdot 2} = \frac{0,38}{1,473 \cdot 10^3 \cdot 2} = 1,29 \cdot 10^{-4}$$

Критерій Рейнольдса плівки конденсату:

$$Re_{pl} = \frac{4 \cdot \Gamma}{\mu} = \frac{4 \cdot 1,29 \cdot 10^{-4}}{87,28 \cdot 10^{-6}} = 5,91$$

Розрахунок критерія Нюсельта:

$$\begin{aligned} Nu &= a \cdot Re_{pl}^{0,5} \cdot \left(\frac{\sigma}{\rho_p \cdot g \cdot d_{vn}^2} \right)^{0,3} \cdot \left(\frac{L}{d_{vn}} \right)^{0,35} = \\ &= 0,5 \cdot 5,91^{0,5} \cdot \left(\frac{0,0121}{46,25 \cdot 9,8 \cdot 0,021^2} \right)^{0,3} \cdot \left(\frac{2}{0,021} \right)^{0,35} = 2,582 \end{aligned}$$

Коефіцієнт тепловіддачі α_1 зі сторони водяної пари, Вт/м²·К:

$$\alpha_1 = \frac{Nu \cdot \lambda}{\sigma_{priv}} = \frac{2,582 \cdot 0,549}{7,851 \cdot 10^{-5}} = 1,805 \cdot 10^4$$

Коефіцієнт тепловіддачі на поверхні труб для бульбашкового кипіння:

									ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Критерій Рейнольдса плівки конденсату:

$$Re_{pl} = \frac{4 \cdot \Gamma}{\mu} = \frac{4 \cdot 1,492 \cdot 10^{-4}}{87,28 \cdot 10^{-6}} = 6,84$$

Розрахунок критерія Нюсельта:

$$Nu = a \cdot Re_{pl}^{0,5} \cdot \left(\frac{\sigma}{\rho_p \cdot g \cdot d_{vn}^2} \right)^{0,3} \cdot \left(\frac{L}{d_{vn}} \right)^{0,35} =$$

$$= 0,5 \cdot 6,839^{0,5} \cdot \left(\frac{0,0121}{46,25 \cdot 9,8 \cdot 0,021^2} \right)^{0,3} \cdot \left(\frac{2}{0,021} \right)^{0,35} = 2,778$$

Коефіцієнт тепловіддачі α_1 зі сторони водяної пари, Вт/м²·К:

$$\alpha_1 = \frac{Nu \cdot \lambda}{\sigma_{priv}} = \frac{2,778 \cdot 0,549}{7,851 \cdot 10^{-5}} = 1,942 \cdot 10^4$$

Коефіцієнт тепловіддачі на поверхні труб для бульбашкового кипіння:

$$\alpha_2 = 0,075 \cdot \left[1 + 10 \cdot \left(\frac{\rho_{gl}}{\rho_{pg}} - 1 \right)^{\frac{2}{3}} \right] \cdot \left(\frac{\lambda_{gl}^2 \cdot \rho_{gl}}{\mu_{gl} \cdot \sigma_{gl} \cdot T_{kip.gl}} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot q^{\frac{2}{3}} =$$

$$= 0,075 \cdot \left[1 + 10 \cdot \left(\frac{1060}{1,969} - 1 \right)^{\frac{2}{3}} \right] \cdot \left(\frac{285^2 \cdot 1060}{0,4242 \cdot 1 \cdot (290 + 273)} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot 7694,413^{\frac{2}{3}} = 2,395 \cdot 10^3$$

З урахуванням опору стінки і забруднення її з обох поверхонь коефіцієнт теплопередачі:

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda_{st}} + r_{st1} + r_{st2} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{1,942 \cdot 10^4} + \frac{0,002}{24} + \frac{1}{5800} + \frac{1}{3000} + \frac{1}{2,395 \cdot 10^3}} = 945,117$$

$$q = K \cdot \Delta t = 945,117 \cdot 8,5 = 8,033 \cdot 10^3$$

Перевіряємо розбіжність значень питомого теплового потоку, поточної та попередньої ітерації:

$$\varepsilon_q = \frac{|q_{or} - q|}{q} \cdot 100\% = \frac{|7694,413 - 8033,496|}{8033,496} \cdot 100\% = 4,221\%$$

					ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок необхідної площі теплообміну для нормального протікання процесу, м²:

$$F = \frac{Q}{q} = \frac{769355}{8,033 \cdot 10^3} = 95,766$$

Висновок: в ході розрахунку в якості парогенератора було обрано кожухотрубний парогенератор з плаваючою головкою з кількістю труб $n = 240$ шт., довжина труб $L = 4$ м., питома поверхня теплообміну $F=131$ м², зовнішній діаметр теплообмінних труб $d_{\text{зовн.}}=0,025$ м., внутрішній діаметр теплообмінних труб $d_{\text{вн.}}= 0,021$ м., кількість ходів $n = 2$.

4.1.2 Розрахунок трубної решітки

Мета розрахунку: розрахувати товщину трубної решітки та перевірити міцність кріплення труб у трубній решітці.

Схема кріплення труб до трубної решітки зображена на рисунку 4.2.

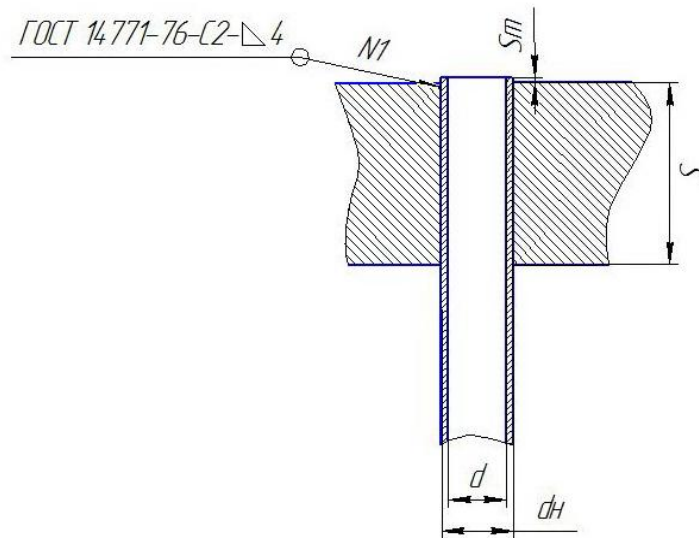


Рисунок 4.2– Схема кріплення труб до трубної решітки

Вихідні дані:

Діаметр камери D_k , м

1,4;

Труби $d_n \times S$, мм

25x2;

					ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Кількість трубок n , шт	240;
Крок труб t , мм	55;
Матеріал трубної решітки	12X18H10T;
Розрахунковий тиск у трубному просторі P_t , МПа	8,344;
Розрахунковий тиск у між трубному просторі P_m , Мпа	0,101;
Розрахунок ведеться за методикою [15].	

Вибираємо тип закріплення труб в трубній решітці – зварювання.

Загальний переріз розподільчої камери, m^2 :

$$F = \frac{\pi \cdot D_K}{4} = \frac{3,14159 \cdot 1,4^2}{4} = 1,539 ,$$

Загальний поперечний перетин труб, m^2 .:

$$F_0 = \frac{\pi \cdot d_H^2}{4} = \frac{3,14159 \cdot 0,025^2}{4} = 0,24 ,$$

Коефіцієнт ослаблення решітки отворами:

$$\varphi_0 = \frac{F \cdot F_0}{F} = \frac{1,539 - 0,24}{1,539} = 0,844 ,$$

Розрахункова товщина трубної решітки, мм.:

$$S_{RP} = 0,5 \cdot D_K \sqrt{\frac{|P_T - P_M|}{[\sigma]_p \cdot \varphi_0}} = 0,5 \cdot 1,4 \cdot \sqrt{\frac{|8,434 - 0,101|}{172,5 \cdot 0,844}} = 0,121[m] = 121 ,$$

Виконавча товщина трубної решітки, мм.:

$$S_R = S_{RP} + C = 121 + 2 = 123 ,$$

З конструктивних міркувань приймаємо, мм:

$$S_R = 125 .$$

Висновок: розраховано товщину трубної решітки – 125 мм.

4.1.3 Розрахунок штуцерів

Метою розрахунку є визначення основних параметрів і вибір стандартних штуцерів. Розрахункова схема зображена на рисунку 4.3.

					ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

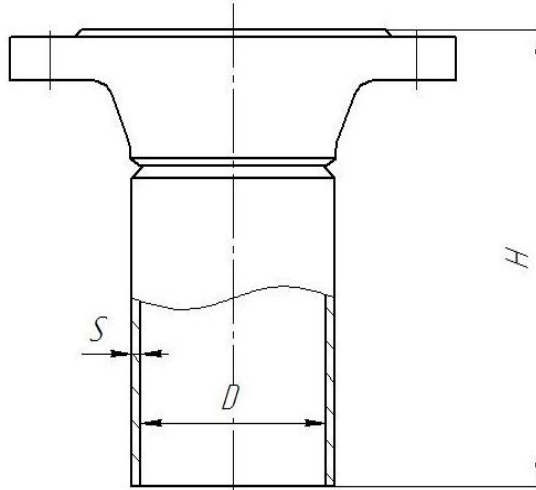


Рисунок 4. 3 – Розрахункова схема штуцера

Вихідні дані:

Довжина труб $L, м$	4;
Тиск в трубному просторі $P, МПа$	8,344;
Тиск в міжтрубному просторі $P, МПа$	0,101;
Масова витрата пари $G_{в.п.}, кг/с$	0,38;
Масова витрата гліцерину $G_{гл.}, кг/с$	1,0;
Методика розрахунку згідно[16].	

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

Розрахунок діаметра штуцера для входу та виходу водяної пари, мм.:

$$d_{шт.в.п.} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{в.п.}}{\rho_{в.п.} \cdot \pi \cdot \omega_{рек.}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,38}{46,25 \cdot 3,14159 \cdot 10}} = 0,038[м] = 38,$$

де $\rho_{в.п.}$ - густина водяної пари за температури $T = 589,15 K$, $\rho_{в.п.} = 46,25 \text{ кг/м}^3$ [10];

$\omega_{рек.}$ – рекомендована швидкість для водяної пари, $\omega_{рек.} = 10 \text{ м/с}$.

Розрахунок діаметра штуцера для рідкого гліцерину, мм.:

$$d_{шт.гл.} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{гл.}}{\rho_{гл.} \cdot \pi \cdot \omega_{рек.}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,00}{1060 \cdot 3,14159 \cdot 0,15}} = 0,079[м] = 79,$$

					ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.1.4 Розрахунок товщини теплової ізоляції

Мета: розрахувати товщину теплової ізоляції.

Розрахункова схема наведена на рисунку 4.4.

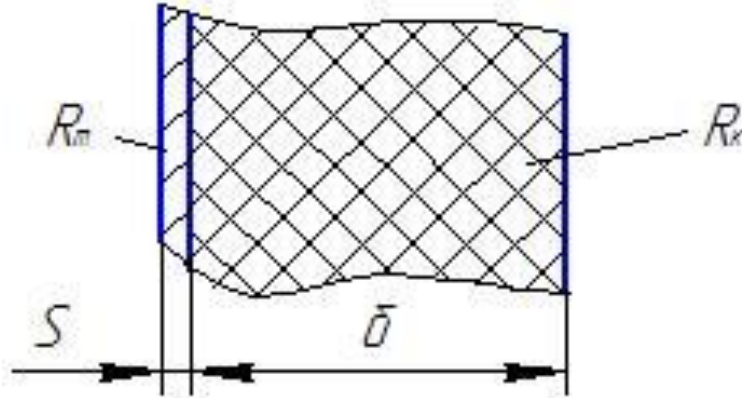


Рисунок 4. 4 – Розрахункова схема

Вихідні дані:

Матеріал 12X18H10T;

Діаметр корпусу D, м 1,4;

Температура розчину t_w , °C 316.

Товщину теплової ізоляції розраховуємо за методикою [15].

Середня температура теплоізоляційного шару для об'єктів, розташованих на відкритому повітрі, становить, °C:

влітку:

$$t_m = \frac{t_w + 40}{2} = \frac{316 + 40}{2} = 178 \text{ °C},$$

взимку:

$$t'_m = \frac{t_w}{2} = \frac{316}{2} = 158 \text{ °C}.$$

Теплопровідність теплоізоляційного шару в конструкції

влітку:

					ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\lambda_k = 0,049 + 0,0002 \cdot t_m = 0,049 + 0,0002 \cdot 178 = 0,085 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}),$$

взимку:

$$\lambda'_k = 0,049 + 0,0002 \cdot t'_m = 0,049 + 0,0002 \cdot 158 = 0,081 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}).$$

Оскільки $\lambda_k > \lambda'_k$, то розраховується тільки для літніх умов:

$$\lambda_k = 0,085 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К}).$$

Опір теплопередачі теплоізоляційної конструкції

$$R_{tot} = \frac{t_w - t_e}{q \cdot K_1} = \frac{316 - 20}{68 \cdot 1} = 4,353 \text{ (м}^2 \cdot \text{К)}/\text{Вт}.$$

де q – нормована поверхня щільності теплового потоку, Вт/м²К.

Для території України $K_1 = 1,0$.

Термічний опір теплоізоляційної конструкції:

$$R_k = R_{tot} - \frac{1}{\alpha_e} - R_m = 4,353 - \frac{1}{7} - 0 = 4,21 \text{ м}^2\text{К}/\text{Вт},$$

де $\alpha_e = 7 \text{ Вт}/\text{м}^2\text{К}$, коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні ізоляції до оточуючого середовища, за умови що апарат встановлений в приміщенні.

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

Товщина теплоізоляційного шару δ_k :

$$\delta_k = \lambda_k \cdot R_k = 0,085 \cdot 4,21 = 0,356 \text{ м}.$$

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

Тоді за формулою товщина δ_1 :

$$\delta_1 = \delta_k \cdot K_c \cdot \frac{d + \delta_k}{d + 2 \cdot \delta_k} = 0,356 \cdot 1,2 \cdot \frac{1,416 + 0,356}{1,416 + 2 \cdot 0,356} = 0,356 \text{ м}.$$

де $d = D + 2 \cdot S = 1,4 + 2 \cdot 0,08 = 1,416 \text{ м}$, зовнішній діаметр.

											Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЛН81мп.065134.001 ПЗ						

Висновок: Відповідно до ГОСТ 21880-94 теплоізоляційного шару виконується з мінераловатного прошивного матеріалу марки 125, товщина становить 400 мм.

4.1.5 Розрахунок товщини стінки циліндричної обичайки під дією внутрішнього тиску

Мета: розрахувати товщину стінки циліндричної обичайки під дією внутрішнього тиску з урахуванням додатків на корозію і перевірити її міцність.

Методика проведення даного розрахунку складена згідно [17] і передбачає розрахунок товщини обичайки лише від дії внутрішнього тиску.

Розрахункова схема обичайки наведена на рисунку 4.5.

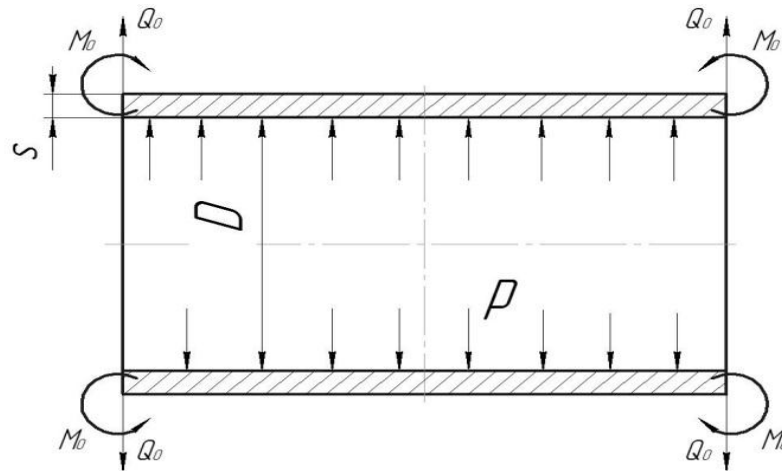


Рисунок 4.5 – Розрахункова схема циліндричної обичайки

Вихідні дані:

розрахунковий тиск P_R , МПа	0,101;
діаметр обичайки D , м	1,4;
матеріал	12X18H10T;
допустиме напруження матеріалу обичайки $[\sigma]$, МПа	172,5.

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

Розрахункова товщина стінки, м.:

$$S_R = \frac{P_R \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - P_R} = \frac{0,101 \cdot 1,4}{2 \cdot 172,5 \cdot 0,9 - 0,101} = 0,0045,$$

де $\varphi = 0,9$ – коефіцієнт міцності зварного шва [16];

Виконавча товщина стінки обичайки, мм.:

$$S = S_R + C_1 + C_2 + C_3 = 0,45 + 0,5 + 0,5 + 0 = 1,49,$$

де C_1 – прибавка на компенсацію корозії та ерозії, мм,

$$C_1 = v \cdot \tau = 0,05 \cdot 10 = 0,5,$$

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, $C_3 = 0$ [16].

Приймаємо $S_R = 8$ мм, рекомендовану [16] з метою забезпечення міцності обичайки.

Допустимий внутрішній надлишковий тиск:

$$[P] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi \cdot (S - C)}{D + S - C} = \frac{2 \cdot 172,5 \cdot 0,9 \cdot (8 - 1)}{1400 + 8 - 1} = 1,545 \text{ [МПа]}$$

Перевірка умови міцності $P \leq [P]$:

$$0,101 \text{ МПа} \leq 1,545 \text{ МПа.}$$

Умова міцності виконується.

					ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.1.6 Розрахунок товщини циліндричної обичайки з умови міцності за безмоментною теорією у випадку, коли обичайка навантажена зовнішнім тиском

Метою розрахунку є визначення товщини стінки обичайки, що знаходиться під дією зовнішнього тиску.

Розрахункова схема наведена на рисунку 4.6.

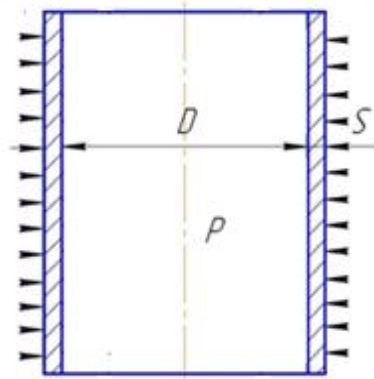


Рисунок 4.6 – Розрахункова схема циліндричної обичайки, навантаженої зовнішнім тиском

Вихідні дані:

Діаметр D , м	1,4;
Довжина L , м	4;
Тиск p_R , МПа	0,1;
Матеріал	Сталь 12X18H10T

Розрахунок проведено за методикою, наведеною в літературі [16].

Коефіцієнт K_2 визначаєм по номограмі [10].

$$K_1 = \frac{n_y \cdot P}{2,4 \cdot 10^{-6} \cdot E} = \frac{1,5 \cdot 0,1}{2,4 \cdot 10^{-6} \cdot 1,95 \cdot 10^5} = 0,3207,$$

де $n_y = 1,5$ - коефіцієнт запасу міцності, $E = 1,95$ - модуль пружності.

$$K_3 = \frac{L}{D} = \frac{4}{1,4} = 2,857,$$

					ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вихідні дані:

Діаметр апарата D , м

1,4;

Тиск p_R , МПа

0,101;

Матеріал

Сталь 12X18Н10Т

Розрахунок проведено за методикою, наведеною в літературі [16].

Внутрішній радіус кривизни у вершині днища R_e :

$$R_e = \frac{D^2}{4 \cdot h_b} = \frac{1,4^2}{4 \cdot 0,35} = 1,4 \text{ м,}$$

де

$$h_b = 0,25 \cdot D = 0,25 \cdot 1,4 = 0,35 \text{ м.}^?$$

Допустиме напруження матеріалу кришки за розрахункової температури [6],

за розрахункової температури $t = 310,5^\circ$ [19].

$$[\sigma] = 172,5 \text{ МПа.}$$

Розрахунковий коефіцієнт міцності зварного шва ϕ_p .

$$\phi_p = 0,9.$$

Розрахункова товщина стінки днища S_R .

$$S_R = \frac{p \cdot R_e}{2 \cdot [\sigma] \cdot \phi_p - 0,5 \cdot p} = \frac{0,101 \cdot 1,4}{2 \cdot 0,9 \cdot 172,5 - 0,5 \cdot 0,101} = 4,555 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

Додаток до розрахункової товщини для компенсації корозії і ерозії c_1 :

$$c_1 = 0,5 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Виконавча товщина стінки кришки у першому наближенні S_θ^1 .

$$S = S_R + C_1 = 4,555 \cdot 10^{-4} + 5 \cdot 10^{-4} = 9,555 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

Додаток до розрахункової товщини на компенсацію мінусового допуску c_2 :

$$c_2 = 0,6 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Технологічний додаток до розрахункової товщини c_3 :

					ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$c_3 = 0.$$

Сума додатків розрахункової товщини c :

$$c = c_1 + c_2 + c_3 = (0,5 + 0,6 + 0) \cdot 10^{-3} = 1,1 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Виконавча товщина стінки днища:

$$S = S_R + c = (0,455 + 1,1) \cdot 10^{-3} = 1,555 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Допустимий внутрішній надлишковий тиск:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \phi_p \cdot (S - C)}{R_e + 0,5 \cdot (S - C)} = \frac{2 \cdot 172,5 \cdot 0,9 \cdot (8 - 1,1) \cdot 10^{-3}}{1,4 + 0,5 \cdot (8 - 1,1) \cdot 10^{-3}} = 1,527 \text{ МПа.}$$

17. Перевірка умови міцності

$$[p] \geq p,$$

$$1,527 \text{ МПа} \geq 0,101 \text{ МПа}.$$

Висновок: умова міцності виконується, отже вибрана товщина стінки 0,008 м забезпечує міцність кришки апарата в умовах робочих навантажень.

4.2 Розрахунок центрифуги

4.2.1 Параметричний розрахунок центрифуги

Метою розрахунку є визначення визначальних розмірів центрифуги, розрахунок часу осадження.

Вихідні дані:

Продуктивність по суспензії G , кг/с:	1,5;
Масова концентрація твердих частинок у суспензії, $C_{\text{ТВ}}$, %:	1,5;
Розмір кристалів, мкм:	0,15;
Робочий тиск, МПа:	0,1;
Швидкість обертання ротора центрифуги n , об/хв:	7500.

Методика проведення даного розрахунку складена згідно [17].

					ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Об'ємна витрата суспензії, м³/с:

$$V = \frac{G}{\rho} = \frac{1,5}{1000} = 0,0015 .$$

Кутова швидкість, рад/с:

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 7500}{60} = 785,398 .$$

Лінійна швидкість ротора, м/с:

$$W(d = D) = \frac{\omega D}{2} \quad (4.1)$$

Фактор розділення:

$$Fr(d) = \frac{\omega^2 d}{2g}, \quad (4.2)$$

де d – діаметр вільної поверхні суспензії, м.

Швидкість осадження в полі відцентрових сил, м/с:

$$W_{i\bar{n}}(d) = \frac{d_s^2 (\rho_s - \rho_l) g}{18 \cdot \mu} Fr(d), \quad (4.3)$$

де μ – динамічна в'язкість суспензії, Па·с; $\rho_s = 2165$ – густина твердої фази, кг/м³;

Приймаємо: H – висота шару рідини, м; $d = 0,5D$, де d – діаметр вільної поверхні суспензії, м, D – внутрішній діаметр ротора, м; $L = 2D$ – довжина циліндричної частини ротора, м.

Час перебування суспензії у центрифугі, с:

$$\tau_{\text{перебування}} = \frac{\pi \left[\frac{D^2}{4} - \frac{(0,5 \cdot D)^2}{4} \right] \cdot 2D}{V} .$$

Час осадження, с:

$$\tau_{oc} = \frac{H}{W_{oc}(d)}$$

					ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Fr = \frac{\omega^2 d}{2g} = \frac{785,398 \cdot 0,1}{2 \cdot 9,8} = 3,147 \cdot 10^3.$$

За (4.3) швидкість осадження в полі відцентрових сил, м/с:

$$W_{oc} = \frac{d_s^2 (\rho_s - \rho_l) g}{18 \cdot \mu} Fr = \frac{(10^{-6})^2 \cdot (2165 - 1000) \cdot 9,8}{18 \cdot 282,5 \cdot 10^{-6}} \cdot 3,147 \cdot 10^3 = 7,066 \cdot 10^{-3}$$

Перевірка: умови застосування закону Стокса: критерій Рейнольдса менше 0,2, а критерій Архімеда 3,6:

$$Re = \frac{W(d) \cdot ds}{\frac{\mu}{\rho l}} = \frac{7,066 \cdot 10^{-3}}{\frac{282,5 \cdot 10^{-6}}{1000}} = 0,025 \ll 0,2$$

$$Ar = \frac{d_s^2 \cdot (\rho_s - \rho_l) \cdot \rho_l \cdot g}{\mu^2} = \frac{(10^{-6})^3 \cdot (2165 - 1000) \cdot 1000 \cdot 9,8}{(282,5 \cdot 10^{-6})^2} = 1,431 \cdot 10^{-4} \ll 3,6$$

Висновок: в ході розрахунку було визначено кутову швидкість суспензії та розрахунок часу осадження.

Обґрунтування модернізації центрифуги

Модернізація вузла відводу фугату вимагає обґрунтування методики його розрахунку, при цьому особливість процесу полягає у зануренні щілини входу до спірального каналу відводу фугату під кутом, що відповідає спіралі Архімеда. Така задача робить невизначеними напірну характеристику пристрою, тому створення методики розрахунку та втрати потужності при встановленні такого пристрою актуальним.

					ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2.2 Розрахунок потужності

Метою розрахунку є визначення витрат потужності на обертання ротора центрифуги.

Розрахункова схема центрифуги зображено на рисунку 4.11.

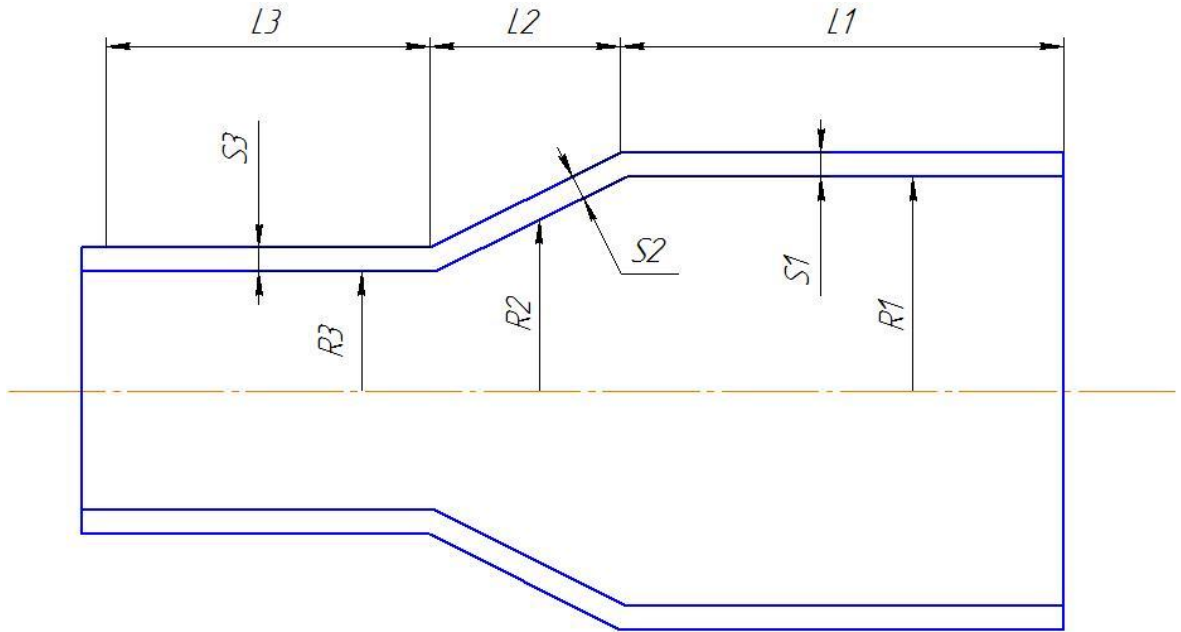


Рис. 4.11 - розрахункова схема центрифуги

Вихідні дані для розрахунку:

Частота обертання барабана n , об/хв:	7500
Внутрішній радіус суспензії $R_в$, м:	0,05;
Зовнішній радіус барабана $R_з$, м:	0,01;
Товщина стінки барабана S , мм:	0.008;
Висота барабана ротора L , м :	0,4;
Густина суспензії $\rho_м$, кг/м ³ :	2165;
Швидкість цапфи вала w , м/с :	78,5;
Густина металу $\rho_с$, кг/м ³ :	7850;

Розрахунок проведено за методикою наведеною в [17].

Визначаємо масу обичайки ротора, кг:

$$M_{об} = \rho_с \cdot V_{об} = 7850 \cdot 2,011 \cdot 10^{-3} = 15,783,$$

де $V_{об}$ – об'єм обичайки, м³:

										ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							

$$N_1 = \frac{T_1 + T_2}{\tau} = \frac{2,277 \cdot 10^4 + 1,259 \cdot 10^3}{120} = 200,251,$$

де τ – тривалість пускового періоду, $\tau = 120$ с.

Визначення потужності, що витрачається на тертя валу у підшипниках,
Вт:

$$N_2 = \lambda \cdot M_1 \cdot \omega \cdot 9,81 = 0,03 \cdot 15,7833 \cdot 78,5 \cdot 9,81 = 3146,359,$$

де M_1 – маса всіх обертових частин разом із завантаженням, кг:

$$M_1 = M + m + m_1 = 29,53 + 10 + 2 = 41,533,$$

де m_1 – інші малогабаритні елементи, $m_1 = 2$ кг.

Потужність, що витрачається на тертя стінки барабану об повітря, Вт:

$$N_3 = 2,94 \cdot 10^{-3} \cdot \beta \cdot R_3^2 \cdot \omega^3 \cdot \rho_{\text{п}} = 2,94 \cdot 10^{-3} \cdot 2,3 \cdot 0,1^2 \cdot 78,5^3 \cdot 1,204 = 39,383,$$

де β – коефіцієнт опору, $\beta = 2,3$,

$\rho_{\text{п}}$ – густина повітря при робочій температурі, $\rho_{\text{п}} = 1,204$.

Повна витрата потужності:

$$N_{\text{T}} = N_1 + N_2 + N_3 = 200,25 + 3146,359 + 39,383 = 3385,994 \text{ Вт.}$$

З урахуванням к.к.д. ($\eta_{\text{T}} = 0,9$) передаточного механізму, Вт:

$$N = \frac{N_{\text{T}}}{\eta_{\text{T}}} = \frac{3385,994934}{0,9} = 3818.$$

Так як центрифуга стандартна то беремо електродвигун типу АИР100S2 потужністю 4 кВт, який іде з нею в комплекті.

4.2.3 Розрахунок ротора центрифуг на міцність

Метою розрахунку є визначення напруження ротора та перевірити, чи виконується умова міцності.

Вихідні дані:

радіус ротора R , м 0,1;

					ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

довжина циліндричної частини ротора L , м	0,4;
частота обертання ротору n , об/хв	7500;
радіус зливу R_1 , м	0,05;
допустиме напруження для матеріалу ротора $[\sigma]$, Па	$182 \cdot 10^6$;
густина матеріалу ротора ρ , кг/м ³	7850;
густина суспензії ρ_c , кг/м ³	2165;

Розрахунок ведемо за методикою, що викладена в [16]. На рисунку 4.12 наведена схема прикладання внутрішніх сил до циліндричної обичайки:

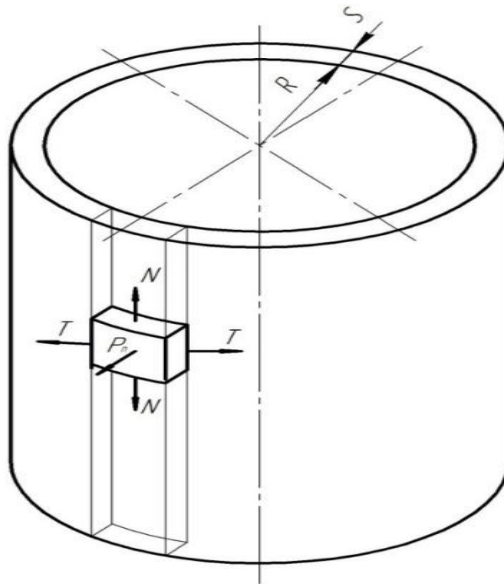


Рисунок 4.12 – Схема прикладання сил.

Розрахунок ведеться в безмоментній зоні.

Кутова швидкість:

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}, \text{ рад/с} \quad (4.4)$$

Лінійна швидкість ротора:

$$w = \omega R, \text{ м/с} \quad (4.5)$$

Умовний коефіцієнт заповнення ротора:

					ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновок: за результатами розрахунків було визначено розрахункову товщину стінки ротора центрифуги, яку прийняли $S = 8$ мм, та перевірена умова міцності ротора, були знайдено радіальне зміщення стінки ротора ($\Delta = 5,752 \cdot 10^{-5}$ м) під час роботи.

4.2.4 Розрахунок конічної частини обичайки ротора центрифуги в безмоментній зоні

Мета розрахунку: розрахувати товщину стінки конічної частини обичайки ротора в безмоментній зоні.

Методика розрахунку згідно з [16].

Розрахункова схема зображена на рисунку 4.13.

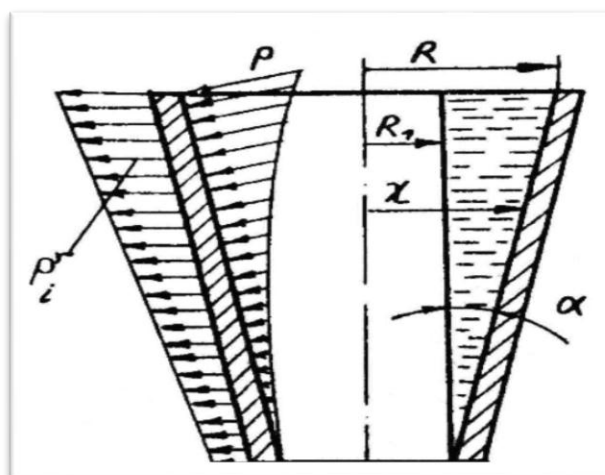


Рисунок 4.13 – Схема навантажень на конічну обичайку

Вихідні дані:

Найбільший внутрішній радіус ротора R , м	0,2;
Коефіцієнт заповнення ψ	0,5;
Кутова швидкість ротора ω , рад/с	785,398;
Густина суспензії ρ_c , кг/м ³	2165;
Матеріал ротора	сталь 12X18H10T

									ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Густина матеріалу ротора ρ , кг/м ³	7850;
Модуль повздовжньої пружності E , МПа	$2,05 \cdot 10^5$;
Коефіцієнт Пуассона μ	0,3;
Допустиме напруження матеріалу обичайки ротора [σ], МПа	182;
Коефіцієнт міцності зварних швів ϕ	0,9;
Кут конуса обичайки α , град.	14;
Прибавка до розрахункової товщини стінки c , м	0,0005.

Розрахункова товщина стінки конічної обичайки у безмоментній зоні:

$$S_{\text{кр}} = \frac{\rho_c \cdot \omega^2 \cdot R^3 \cdot \psi}{2 \cdot ([\sigma] \cdot \phi - \rho \cdot \omega^2 \cdot R^2) \cdot \cos \alpha} =$$

$$= \frac{2165 \cdot 785,398^2 \cdot 0,2^3 \cdot 0,5 \cdot 10^{-6}}{2 \cdot \left(182 \cdot 0,9 - \frac{7850 \cdot 785,398^2 \cdot 0,2^2}{10^6} \right) \cdot \cos 14^\circ} = 0,0042 \text{ м.}$$

Враховуючи прибавки:

$$S = S_{\text{кр}} + c = 0,0042 + 0,0005 = 0,0047 \text{ м.}$$

З конструкційних міркувань приймаємо товщину стінки $S = 0,008 \text{ м.}$

Допустима кутова швидкість конічної частини обичайки ротора центрифуги з умови її міцності:

$$[\omega]_{\text{к}} = \frac{1}{R} \cdot \sqrt{\frac{[\sigma] \cdot \phi}{\frac{\rho_c \cdot \psi \cdot R}{(2 \cdot (S - c) \cdot \cos \alpha) + \rho}}} =$$

$$= \frac{1}{0,2} \cdot \sqrt{\frac{182 \cdot 0,9 \cdot 10^6}{\frac{2165 \cdot 0,5 \cdot 0,2}{(2 \cdot (0,008 - 0,0005) \cdot \cos 14^\circ) + 7850}}} = 824,308 \text{ рад/с.}$$

Тоді:

									ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

$$\omega < [\omega]_k;$$

$$785,398 \text{ рад/с} < 824,308 \text{ рад/с}.$$

Таким чином умова міцності конічної частини обичайки ротора центрифуги виконується.

Висновок: у результаті розрахунку ми отримали товщину стінки конічної обичайки, для якої виконується умова міцності в безмоментної зоні з врахуванням прибавок. Враховуючи стандартний ряд та вимоги до транспортування приймаємо значення $S = 0,008 \text{ м}$.

					ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

Сучасний розвиток науки і техніки приносить принципові нововведення у всі сфери матеріального виробництва, суттєво змінюючи технологічні процеси та матеріали що використовуються, предмети та знаряддя праці [18]. Введені в експлуатацію апарати має бути відповідним усім вимогам, що сформульовані в галузевих стандартах, а також в затверджених інстанціями інструкціях, правилах і нормах. Темою магістерської дисертації є «Розроблення парогенератора та центрифуги для модернізації установки виробництва синтетичного гліцерину». Пульти управління регенератора знаходяться в приміщенні, площею 30 м² і об'ємом 81 м³ та висотою 2,7 м.

Шкідливими і небезпечними факторами при роботі та обслуговуванні провітрювача є:

- 1) повітря робочої зони;
- 2) електрична безпека;
- 3) пожежна безпека.

Повітря робочої зони.

Відповідно до параметрів роботи регенератора маємо приміщення без надлишкового виділення тепла.

В процесі регенерації тепла повітря видаляються двоокис і окис вуглецю. Гранично допустима концентрація цієї речовини 20 мг/м.

Такий параметр повітря робочої зони задовільняють ДСН 2.3.7.051-99. Регулювання цього параметру відбувається у холодну пору року за рахунок опалення з температурою теплоносія 70-90 °С, а в теплий час року вентиляцією та кондиціонуванням.

Електрична безпека

Устаткування, що розробляється в дисертації, буде міститись у приміщенні за нормальної температури та вологості повітря. Підлога

					ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

приміщення залізобетонна. За ПУЕ таке місце належить до приміщень з підвищеною небезпекою. За пультом керування напруга $U = 230$ В. Тип електромереж - змінний із глухо заземленою нейтраллю.

Основними заходами від ураження електричним струмом є:

1. Недоступність елементів установки, що знаходяться під напругою.
2. Застосування ізоляції струмопровідних частин пульта керування ($R \geq 0,5$ мОм). Ізоляція створює умови безпечності за рахунок великих опорів, які перешкоджають проникненню великих струмів через ізоляцію.
3. При роботі з електроінструментами застосовування індивідуальних захисних засобів, таких як діелектричні рукавички і калоші, гумові килимки, ізольовані підставки.

Забороняється:

- проводити роботи на незанулених вузлах лінії;
- проводити ремонт лінії без вимкнення електричної мережі;
- залишати лінію, що працює без нагляду;
- допускати до роботи людей, які не пройшли навчання і не були ознайомлені з правилами техніки безпеки.

Так як маємо установку з глухо заземленою нейтраллю, то використовуємо захисне занулення (рисунок 5.1).

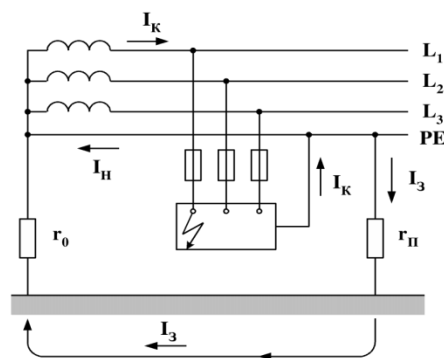


Рисунок 5.1 – Захисне занулення

Вимоги до занулення полягають в наступному: провідники занулення повинні вибиратись так, щоб при замиканні на корпус чи на нульовий захисний провід виникав струм короткого замикання, який перевищує

									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ЛН81мп.065134.001 ПЗ

номінальний струм плавкого елемента найближчого запобіжника не менше чим в три рази.

В аварійному режимі:

$$I_{к.з.} = \frac{U_{\phi}}{z + r_0} = \frac{220}{0,2 + 0,4} = 366,67 \text{ A} > 300 \text{ A}$$

Параметри відповідають ГОСТ 12.1.030-87.

Пожежна небезпека та надзвичайні ситуації

Пожежна характеристика матеріалів: під час роботи установки використовуються тверді матеріали(пластмаси, гофра).

Випробування та експлуатація лінії виконується при дотриманні правил пожежної безпеки. Температура самозаймання пінопласту складає 491⁰С, тобто самозаймання неможливе, оскільки температурний режим роботи регенератора від -20 °С до +40 °С.

Причинами, що можуть призвести до займання, маємо найімовірніші:

- несправне живлення електроенергією;
- коротке замикання струму;
- відкритий вогонь;
- застосування легкозаймистих речовин, їхнє зберігання поблизу установки.

Запобігання запаленням забезпечується такими заходами:

- дотримання технологічних норм і правил експлуатації;
- догляд за територією відповідно до вимог пожежної безпеки;
- обмежити застосування вогня на відкритому місці;
- створення місць для паління;
- інструктаж для робітників;
- слідкування за справністю устаткування;
- наявність засобів протипожежної сигналізації.

Для погашення вогнища при вимкненому електроустаткуванні застосовують вуглекислотні вогнегасники ОП-10.

									ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Для гасіння ввімкнених електромереж застосовують порошкові вогнегасники з речовинами ОПС-10 і ОППС-100.

Для персонального захисту персоналу в приміщенні знаходяться універсальний ізолювальній протигаз УІП-1.

Пожежна небезпека зберігання горючих газів в балонах

Аміак у скрапленому стані зберігається під тиском насиченої пари, якій відповідає температури зовнішнього середовища, у середньолітражному балоні. Для збереження аміаку - товстостінні транспортні балони на 40 л, під внутрішнім тиском $P=2,0$ МПа.

ГОСТ 949-73.

Склад газу у балонах категорії "А", наявні горючі газу.

Можливість виникнення ВНС:

Всередині балонів:

- при зарядці балонів з-під ГГ киснем або стисненим повітрям і навпаки, при неповному вивільненні газу з балона;
- в приміщеннях, під навісами, на відкритих площадках - несправність вентиляції, вентилі залишили відкритими, порушення цілості балона (непровар швів при виготовленні, порушення зварного шва при високих тисках, дефект металу, корозія металу, механічне руйнування балонів, підвищення тиску при нагріванні балонів).

Можливість вибуху та розривів балонів. Причиною вибухів та розривів може бути - перегрів балонів.

Перегриви можуть виникати від сонячного випромінювання, розташування балонів біля приладів опалення або ж при пожежах. Балони із скрапленими газами як правило вибухають при температурах 200-300°C:

- втома металу від високого тиску;
- зменшення міцності від корозії;
- переповнення балонів.

					ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Переповнення виникає при перебільшені коефіцієнта заповнення скрапленим газом.

Утворення ВНС на складах балонів з горючими газами можливе через нещільності вентилів балонів та при їх розривах.

Таким чином, середовище біля місць балонного збереження горючих газів буде характеризуватися такою зоною класу: в приміщеннях - 2 (В-Іа).

Наявність джерел запалювання.

Найбільш характерними джерелами запалювання є іскри від співударів металу, розряди статичної та атмосферної електрики.

Наявність різноманітних шляхів розповсюдження пожеж газоповітряними хмарами, розливом скрапленого газу, звичайним вибухом або детонацією, а також розлітанням балонів або їх уламків при вибухах.

Умовами, що ускладнюють гасіння пожежі- небезпека отруєння, обвал конструкцій.

Таким чином, місця балонного збереження газів як горючих так і негорючих мають достатньо високу пожежну небезпеку і вимагають відповідного протипожежного захисту.

В приміщенні, де розташовується установка, на відстані 30 метрів одне від одного повинні бути встановлені пожежні гідранти з рукавами довжиною до 15 м. Довжина прольоту до пожежного виходу немає перевищувати 30 метрів.

Кількість евакуаційних виходів-не має бути менша двох. Шириною двері евакуаційного виходу мають бути два метри. Двері евакуаційного виходу повинні відкриватись на зовні (рисунок 5.2).

					ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

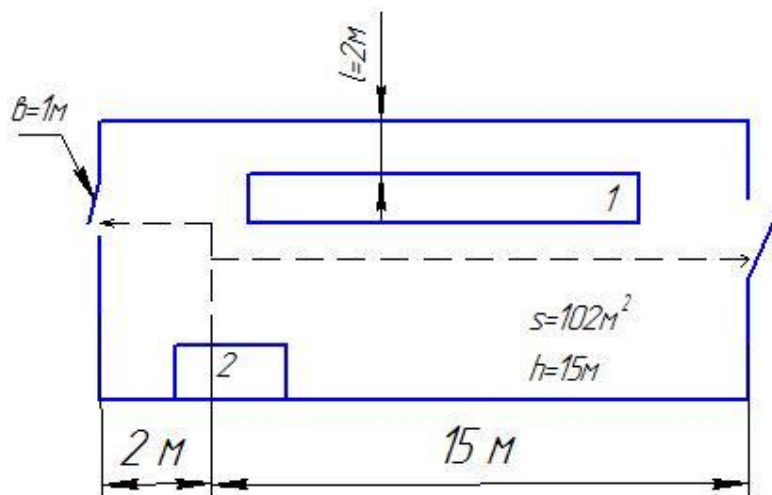


Рисунок 5.2– План евакуації

Відповідно до закону про охорону праці і національної програми по охороні праці, виробничі будівлі, споруди, устаткування, технологічні процеси повинні відповідати вимогам, що забезпечують безпечні умови праці.

					ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 Рекомендації з монтажу та експлуатації парогенератора та центрифуги

6.1 Рекомендації, щодо монтажу та експлуатації парогенератора

Теплообмінні горизонтальні апарати встановлюють здебільшого на фундамент вантажопідйомними кранами або щоглами. Кількість кранів визначають масою й жорсткістю монтованого [19].

Стропують обладнання за монтажні вушки або штуцери, а без них – канатними петлями за корпус. При цьому можуть бути застосовані спеціальні пристрої (наприклад, траверси). Під час монтажу потрібно стежити за тим, щоб місця стропування не збігалися з посадковими поверхнями апарата. Без вантажопідйомного устаткування іноді циліндричні горизонтальні апарати встановлюють на фундамент накочуванням, а апарати з поперечним перерізом будь-якої форми – затягуванням на фундамент по похилій площині (пандусу) на дерев'яних або металевих санях. Часто вантажо підйомні пристрої, що застосовують для монтажних робіт, залишають і для проведення подальшого ремонту обладнання.

Монтаж колонних апаратів з підтяганням нижньої частини виробу називають способом піднімання. За верхню частину піднімають, а нижню частину, покладену на полозки, підтягають під час монтажу лебідкою або трактором таким чином, щоб вантажні поліспасти весь час розміщалися майже вертикально. Цей спосіб також використовують для монтажу повністю складених апаратів.

Апарат після становлення на місце необхідно провести перевірку відхилень від проектних осей та відміток в горизонтальному та вертикальному напрямках.

При монтажі окремих частин необхідно звернути увагу на розташування фланцевих з'єднань та їх відхилення від проектних відміток.

					ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Особливості монтажу комплектуючих деталей та агрегатів полягає в тому, щоб при монтажі співпадали всі роз'ємні з'єднання. Важливо, щоб співпадали з'єднання трубопроводів.

Після закінчення монтажних-збиральних робіт парогенератор має пройти випробування. Спочатку проводять підготовчі роботи, пов'язані з оглядом та перевіркою стану всіх частин та вузлів апарата. При цьому особливу увагу необхідно звернути на присутність в конструкції арматури, приладів, кришок, заглушок, болтів, прокладок та інших деталей, які забезпечують герметичність системи.

Для управління роботою і забезпечення нормальних умов експлуатації апарат споряджений: приборами для вимірювання тиску і температури середовища; запобігачами пристроями від підвищення допустимого тиску; запорною трубою арматурою на підводящих і відводящих трубопроводах; показниками рівня рідини.

Запобігачі пристрої на апараті встановлюються для того, щоб у ньому не підвищився тиск вище допустимого.

Запобігачі пристрої повинні встановлюватися на штуцерах або приєднувальних трубопроводах у безпосередній близькості до апарату в містах зручних для його огляду.

Вимоги до випробувань. Розрізняють випробування на заводі, що виготовив апарат та вимоги при періодичному огляді апарату. Випробування апаратів проводять гідравлічно на проний тиск.

Величину пробного тиску при випробуванні вимірюють у верхній точці апарату, де встановлюють манометр. Пробний тиск витримують на протязі 5 хв., після чого тиск зменшують до робочого, і при робочому тиску проводять огляд та обстукування зварних швів.

У тих випадках, коли провести гідравлічне випробування неможливо через великі напруження в стінках або фундаменті апарату, або при важкості видалення води після випробування апарату дозволяється

					ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

проводити пневматичне випробування на такий же пробний тиск. При цьому через підвищену небезпеку пневматичного випробування люди повинні знаходитись в безпечних місцях. Після зниження тиску до робочого проводять огляд і перевірку щільності зварних швів мильною піною. Обстукування швів під тиском при пневматичному випробуванні забороняється.

При проведенні випробування повітрям необхідно спочатку провести продувку апарату водяною парою до повної очистки його від вибухонебезпечних продуктів, якщо такі продукти були в апараті.

Апарат вважається таким що витримав випробування якщо при випробуваннях не було падіння тиску по манометру, течі, краплин, потіння або пропускання газу або рідини через зварні шви; після випробування не помічаються остаточної деформації в елементах апарата; не знайдено причини розриву.

Результати пробного випробування оформлюються актом і заносяться до паспорту апарату.

6.2 Рекомендації, щодо монтажу та експлуатації центрифуги

З механічної точки зору центрифуги зі шнековим вивантаженням осаду є цілком надійними машинами, але для забезпечення їхньої нормальної роботи необхідно як при виготовленні, так і при експлуатації дотримувати деякі умови.

У центрифугах цього типу внаслідок деякої різниці у швидкостях обертання шнека і ротора динамічна невірноваженість останніх періодично складається, унаслідок чого вібрація центрифуги виникає під дією сумарної невірноваженості ротора і шнека.

					ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При спостереженні за роботою центрифуг (у тому числі і добре збалансованих) завжди легко можна визначити на слух відносне число оборотів шнека по наростанню і загасанню вібрацій центрифуги.

Через наявність великих обертових мас, неврівноваженість яких періодично складається, необхідно при виготовленні шнекових центрифуг забезпечувати висока якість балансування.

Однак навіть добре збалансовані центрифуги можуть попадати в режим неприпустимої вібрації.

Найбільш частою причиною виникнення вібрації добре збалансованих центрифуг є незадовільний стан фундаменту.

Для запобігання можливості появи надмірних вібрацій фундамент під центрифугу повинний виготовлятися досить масивним і міцним. Розмір фундаменту залежить від ваги та габаритів центрифуги. Найкраще центрифуги цього типу спирати на бетонні стовпи, розташовані на першому поверсі будинку. Підстави стовпів повинні знаходитися нижче поверхні землі і спиратися на ґрунт.

Незважаючи на те, що умови зведення фундаменту на першому поверсі є більш легшими й у зв'язку з цим переважно встановлювати центрифугу саме на першому поверсі, усе-таки по технологічних розуміннях центрифуги іноді розміщують на верхніх поверхах будинків. В останньому випадку важливо щоб на верхніх поверхах підлога і балки були досить міцними для сприйняття ваги установки, причому мінімальна вага, на який вони повинні бути розраховані, відповідає приблизно вчетверо ваги всього устаткування установки.

Центрифуга звичайно ставиться на бетонну подушку товщиною не менш 150 мм, розташовану на перекритті. Іноді балки перекриття, на якому встановлюється центрифуга, облицьовуються бетоном, що поглинає вібрацію.

					ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Часто в добре збалансованої і встановленої на міцному фундаменті центрифуги через деякий проміжок часу поступово з'являється дисбаланс, що може виникнути внаслідок ряду причин, з яких найбільше часто зустрічається скупчення осаду в непрацюючих живильних відділеннях шнека (у цьому випадку потрібна промивання осаду) і великий зазор між цапфами шнека і втулками, на які спирається шнек. Зазор може з'явитися як у новій центрифугі, так і такої, що пропрацювала тривалий період часу. У першому випадку причиною появи зазору є погрішність чи виготовлення неправильна посадка. В умовах експлуатації це буває рідко, тому що звичайно такий недолік усувається заводом-виготовлювачем після перших же спробних іспитів на заводському стенді. Другий випадок, тобто поява великого зазору в процесі експлуатації, зустрічається значно частіше і виникає внаслідок поступового зносу втулки підшипника шнека. Після заміни втулки, що зносилися, шнекова відстійна центрифуга починає працювати спокійно і без вібрацій.

Для того щоб максимально продовжити термін служби центрифуги, необхідно піддавати її періодичному огляду і не рідше двох раз на рік розбирати для ретельної перевірки окремих вузлів. При обробці деяких продуктів, не значні перевантаження центрифуги й інтенсивного зносу поверхонь, що стикаються з осадом, період між повними розбираннями центрифуги для огляду може бути подовжений до року, тоді як для інших продуктів, може знадобитися демонтаж кожні два чи три місяці. Особливу увагу при огляді варто приділяти редуктору, підшипникам і виткам шнека.

Особливо продукт, що інтенсивно вивантажується, звичайно налипає на кришці кожуха центрифуги.

Одним зі способів видалення завислого продукту з відсіку кожуха є промивання струменем рідини. Якщо по будь-яким причинам промивання неприпустиме, для тієї ж цілі може бути використане стиснене повітря чи компресорно-вібраційний пристрій.

					ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7 Рівень стандартизації та уніфікації

При конструюванні машин та апаратів для хімічної і нафтопереробної промисловості варто максимально використовувати стандартні, нормалізовані й уніфіковані конструктивні елементи, деталі та вузли [20].

Наявність достатньо високого рівня стандартизації та уніфікації вузлів і деталей апарата значно знижує вартість його виготовлення, зменшує витрати по ремонту, експлуатації і при необхідності переходу на нові режими роботи.

Рівень стандартизації та уніфікації центрифуги

Загальна кількість деталей $N = 734$, з них стандартних $n_c = 653$, запозичених $n_z = 62$.

Коефіцієнт стандартизації:

$$K_c = \frac{n_c}{N} = \frac{653}{734} = 0,89.$$

Коефіцієнт уніфікації:

$$K_y = \frac{n_c + n_z}{N} = \frac{653 + 62}{734} = 0,97.$$

Рівень стандартизації та уніфікації парогенератору

Загальна кількість деталей $N = 1467$, з них стандартних $n_c = 1284$, запозичених $n_z = 78$.

Коефіцієнт стандартизації:

$$K_c = \frac{n_c}{N} = \frac{1284}{1467} = 0,76.$$

Коефіцієнт уніфікації:

$$K_y = \frac{n_c + n_z}{N} = \frac{1284 + 78}{1467} = 0,92.$$

					ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Проведено аналіз потенційних техніко-економічних переваг ідеї порівняно із пропозиціями конкурентів:

- визначено перелік характеристик ідеї та техніко-економічних властивостей;
- визначено попереднє коло конкурентів, що вже існують на ринку, та проведено збір інформації щодо значень техніко-економічних показників для ідеї власного проекту та проектів-конкурентів;
- проведено порівняльний аналіз показників: для власної ідеї визначено показники, що мають а) гірші значення (W, слабкі); б) аналогічні (N, нейтральні) значення; в) кращі значення (S, сильні) (таблиця 8.2).

Таблиця 8.1 - Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

Техніко-економічні характеристики	Нині наявні послуги на ринку				W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
	Мій проект	Energy Saving Solutions	uxiLanxingPressure Vessel Co.,	CHULZ - TECHNOLOGY			
1	2	3	4	5	6	7	8
Консалтингові інженерні послуги в хімічній та галузі виробництва	має	має	має	має	-	-	+ Проект в порівнянні має більший спектр послуг
1	2	3	4	5	6	7	8

Продовження табл. 8.2

					ЛН81мп.065134.001 ПЗ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

8.2 Технологічний аудит ідеї проекту

В межах даного підрозділу проведено аудит способу, за допомогою якого можна реалізувати ідею проекту та наведено його у таблиці 8.3 [22].

Таблиця 8.2 - Технологічна здійсненність ідеї проекту

Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
Надання інженерних аутсорсингових послуг по модернізації центрифуг	Розробка та створення сайту, а також послуга оренди офісу, у якому наявна відповідна комп'ютерна техніка, що може забезпечити належну безперебійну роботу персоналу. До інтелектуальних ресурсів підприємства належать інтелектуальна праця та інтелектуальні продукти. Останні можуть і будуть запатентовані якнайшвидше після їхнього створення.	Всі технології існують і використовуються для проектування центрифуг, шляхом заміни звичайних шнеків на модернізовані	Технології є доступні.

За результатами аналізу видно, що можливості технологічної реалізації проекту, та методи реалізації є можливими.

					ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Основними учасниками ринку є державні та приватні конструкторські відділи, які виконують роботу тільки на власні підприємства та організації, що виконують аутсорсингові послуги в сфері інжинірингу, аудиту та аутсорсингу [23].

Таблиця 8.4 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап - проекту

Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
Кількість головних гравців, од	4
Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	100 тис.грн/ум.од
Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Масштабність
Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	ДСТУ, ГОСТ, ISO
Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	54%

За результатами аналізу таблиці 8.4 можна зробити висновок що є можливість входження на ринок.

Економічні та соціальні тенденції ринку:

На даний момент ринок знаходиться на стадії введення. Вхід України до Європейського Союзу вимагає збільшення конкурентоспроможності промисловості та введення нових інноваційних технологій та інвестицій.

Для опису ринку інжинірингу було використано дослідження по ємності ринку в Україні, млн. дол. за рік рисунок 8.1.

					ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження табл. 8.8

1	2	3
3. За галузевою ознакою внутрішнього галузева	Товари замінники відрізняються типом, наповненням	Надання покращеного товару
4. Конкуренція за видами товарів рно - видова	Клієнт вибирає кращу продукцію за властивостями або задоволення своїх потреб	Просування та демонстрація товару, його переваг з урахування потреб клієнта
5. За характером конкурентних переваг нецінова	Диференціація ціни, надійність	Спостереження за продукцією на ринку. Регулювання якості товару
6. За інтенсивністю - марочна	Підвищення каналів збуту, створення власного імені	Реклама в інтернеті. Збільшення ділових контактів

Після аналізу конкуренції проводиться більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі (таблиця 8.9).

					ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 8.9 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товаризамінники
Складові аналізу	Підприємства які займаються аутсорсингом промислових підприємств	Конкурентом можуть стати студенти технічних вузів або схожі підприємства-новатори	Постачальники мають вплив на напрям по продажу товарів, але на надання послуг вони не впливають	Цінова чутливість покупців. Прагнення нових технологій.	На даний момент аналогів майже немає
Висновки:	Їх перевага це досвід та відоме ім'я. За рахунок іновацій, спілкування з клієнтом надає змогу отримати клієнтів	Існує можливість виходу на ринок, а з цим існує можливість зустріти схожі підприємства-новатори	Від постачальника буде залежати вартість на комплектуючі. Але в свою чергу є низка можливих постачальників	Ціна та якість, як співвідношення має бути не співмірним	Даний пункт не є важливим для підприємства, тому що надається спектр послуг

На основі аналізу конкуренції, а також із урахуванням характеристик ідеї проекту вимог споживачів до товару та факторів маркетингового середовища визначається та обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності. Аналіз оформлюється за таблиця. 8.10. [26].

Таблиця 8.10 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

									ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Сильною стороною нашого проекту є договірна ціна, надійність, та комплексний підхід. Слабкою стороною може стати швидкість.

Таблиця 8.12 – формулювання управлінської проблеми SWOT-аналіз

Сильні сторони	Слабкі сторони
<ul style="list-style-type: none"> - енергозбереження та ресурсозбереження; - доступна вартість впровадження проекту; - адаптованість послуг на суміжні ринки; - ціна; - надійність; - інженерні послуги; - дослідження та аналіз. 	<ul style="list-style-type: none"> - низький рівень фінансування; - програш іноземним компаніям; - зменшення постачальників за умови кризи; - швидкість; - фінансова звітність.
Можливості	Загрози
<ul style="list-style-type: none"> - вихід на закордонний ринок; - створення нових тенденцій; - залучення молодих вчених; - зміна ціни на робочі матеріали. 	<ul style="list-style-type: none"> - аварії техногенного походження; - економічна криза;

Визначені альтернативи аналізуються з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів (таблиця 8.13). [28].

Таблиця 8.13 – Альтернативи ринкового стартап-проекту

Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
Товар з мінімальними вратами	70%	Максимум рік
Підписання догостогокових контрактів	89%	Максимум рік

Після аналізу обираємо альтернативу підписання довгострокових контрактів.

8.4 Розроблення ринкової стратегії стартап-проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів (табл. 8.14).

Таблиця 8.14 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу в сегмент
Приватні і промислові підприємства біохімічній, фармацевтичній та харчовій галузях	80%	75%	Конкуренція не велика	Висока
Державні промислові підприємства біохімічній, фармацевтичній та харчовій галузях	45%	50%	Висока конкуренція	Середня

Для здобуття репутації компанії потрібно починати з приватних компаній, а в подальшому розповсюджувати на державні підприємства. Вибрано стратегію концентрованого маркетингу для охоплення ринку.

					ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Надалі розробляється трирівнева маркетингова модель товару: уточнюється ідея послуги, його фізичні складові, особливості процесу його надання (таблиця 8.19). Орієнтовний перелік можливих характеристик товару наведено у методиці.

До основних техніко-економічних характеристик товару відносяться:

- Економічні – вартість обслуговування, витратних матеріалів, ремонту, знижки;
- Надійності – безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність;
- Технологічні – оптимізація витрат матеріалів, праці, коштів;
- Транспортабельності – пристосованість продукції до транспортування, операцій перевезення;
- Екологічності – характеризують рівень негативного впливу на довкілля;

Формуємо три рівні товару: товар за задумом, товар у реальному виконанні та товар із підкріпленням. Далі розглядаємо техніко-економічні характеристики кожного рівню товару, отримані дані вносимо до таблиці 8.25/

Таблиця 8.19 – Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
1	2		
I. Послуга за задумом	Надання високо кваліфікованого аутсорсингу; зменшення витрат матеріальних і людських ресурсів		
II. Послуга у реальному виконанні	Властивості/характеристики	/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	1. Економічності: зниження затрат на ремонт обладнання; 2. Призначення: хімічні, харчові	/+	+ /+ /+ /+ /+

	та біохімічні виробництва; 3. Технологічні: оптимізації витрат праці, коштів. 4. Безпека: відповідність нормативам; 5. Екологічність: відповідність нормативам.		
Якість: нормативи, міжнародні та вітчизняні стандарти ДСТУ, ISO, DIN та інші.			

Захист буде організовано за рахунок захисту ідеї товару у патентному відомстві.

Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар (таблиця 8.20).

Таблиця 8.20 – Визначення меж встановлення ціни

Рівень цін на товари – замітники	Рівень цін на товари – аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
Договір	Немає	200 тис. грн/міс	Верхня: 30000 грн Нижня: 10000 грн

Наступним кроком є визначення оптимальної системи збуту, в межах якого приймається рішення (таблиця 8. 21).

Таблиця 8.21 – Формування системи збуту

Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу на збуту	Оптимальна система збуту
Замовлення проекту	Швидкість виконання, гарантія, надійність, доставка	Однорівнева	Власні сили

При визначенні оптимальної системи збуту було вирішено, що ми будемо проводити збут власними силами.

					ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Останньою складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів (таблиця 8.23).

Таблиця 8.22 - Концепція маркетингових комунікацій

Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікації, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
Орієнтована на швидке та ефективне спілкування	Інтернет, виставки, друкована продукція	Надання довіреної послуги; Чим довше партнерство, тим лояльніші ціни;	Демонстрація переваг послуг залежно від напряму зацікавленості	Офіційний стиль. Наочна демонстрація даних(розрахунки, графіки, діаграми).

Результатом пункту 8.5 створено ринкову програму, що включає в себе концепції товару, збуту, просування та попередній аналіз можливостей ціноутворення, спирається на цінності та потреби потенційних клієнтів, конкурентні переваги ідеї, стан та динаміку ринкового середовища, в межах якого буде впроваджено проект, та обрану альтернативу ринкової поведінки.

8.6 Висновки до розділу

Після проведення аналізу було визначено перспективи впровадження з огляду на потенційні групи споживачів, стан конкуренції на ринку, бар'єри входження та конкурентоспроможність проекту. Поява даного проекту є актуальною через малу кількість компаній, які надають аналогічний спектр послуг, і має перспективи росту на ринку який відновлюється.

									ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

У проведеному аналізі було визначено стратегії збуту, та вплив основних факторів на попит послуг, які надаються нашим проектом. Та згідно отриманих даних у нашого проекту є:

- можливість ринкової комерціалізації проекту, оскільки надані послуги наявний попит, динаміка ринку, рентабельність роботи на ринку;
- перспективи впровадження для потенційних груп клієнтів, таких як малі, середні підприємства, що займаються виготовленням центрифуг та суміжні підприємства;
- для ринкової реалізації проекту альтернативою впровадження доцільно обрати ремонт/удосконалення існуючих центрифуг підприємств.

					ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

У магістерській дисертації за освітньо-професійною програмою магістерської підготовки на тему: “Розроблення парогенератора та центрифуги для модернізації установки виробництва гліцерину” було модернізовано конструкцію центрифуги шляхом встановлення розвантажувального пристрою, що запобігає контакту фугату з атмосферою і дозволяє зменшити незворотні втрати продукту.

Описано технологічну схему, проведено вибір типів апаратів, описано їх конструкцію, виконано порівняння з аналогами та патентну проробку. Виконано параметричні розрахунки, та розрахунки основних вузлів і елементів на міцність.

Виконано параметричний розрахунок центрифуги та обрано конструкцію, що забезпечує найбільшу продуктивність при найменших капітальних та експлуатаційних витратах. Виконано параметричний розрахунок парогенератора та розрахунки основних вузлів і елементів на міцність. Перевірили конструкції центрифуги та парогенератора, що відповідають вимогам безпеки праці та промислової санітарії.

Розроблено стартап-проект впровадження запропонованої модернізації.

Розроблено систему автоматичного регулювання параметрів блоку виробництва гліцерину.

Розроблено технологічний процес виготовлення трубної решітки, спроектовано пристрій для свердління отворів.

Виконано 8 креслень та специфікації до них. За результатами дисертаційної роботи отримано позитивне рішення на отримання деклараційного патенту України на корисну модель, результати оприлюднено на 3 міжнародних конференціях студентів та опубліковано статтю у фаховому журналі, в якому з наукової точки зору було доведено доцільність модернізації методом двух- та трьохвимірною проектування в

					ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

програмі SolidWorks та КОМПАС-3D, а також математичного обґрунтування.

					ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Выводы

В магистерской диссертации по образовательно-профессиональной программе магистерской подготовки на тему "Разработка центрифуги и парогенератора для модернизации установки производства глицерина" была модернизирована конструкция центрифуги, путем установки разгрузочного устройства, который предотвращает контакт фугата с атмосферой и позволяет уменьшить безвозвратные потери продукта.

Описано технологическую схему, проведен выбор типов аппаратов, описаны их конструкции, выполнено сравнение с аналогами и патентную проработку. Выполнено параметрические расчеты, и расчеты основных узлов и элементов на прочность.

Выполнено параметрический расчет центрифуги и выбрано конструкцию, обеспечивающую наиболее продуктивным при наименьших капитальных и эксплуатационных затратах. Выполнено параметрический расчет парогенератора и расчеты основных узлов и элементов на прочность. Проверено конструкции центрифуги и парогенератора, отвечающие требованиям безопасности труда и промышленной санитарии.

Разработан стартап-проект внедрения предложенной модернизации.

Разработана система автоматического регулирования параметров блока производства глицерина.

Разработан технологический процесс изготовления трубной решетки, спроектировано устройство для сверления отверстий.

Выполнено 8 чертежей и спецификации к ним. По результатам диссертационной работы получено позитивное решение на получение декларационного патента Украины на полезную модель, результаты обнародованы на 3 международных конференциях студентов и опубликована статья в профессиональном журнале, в котором с научной точки зрения было доказано целесообразность модернизации методом двух- и трехмерного

					ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

проектирования в программе SolidWorks и КОМПАС-3D , а также математического обоснования.

					ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Conclusions

In the master's thesis on educational and professional program of master's training on the topic "Development of centrifugal machine and steam generator for modernization of synthetic glycerol production plant", the design of the centrifugal machine was modernized by installing a discharge device that prevents contact of the centrifuge effluent with atmosphere and reduces the irreversible loss of product.

The technological scheme is described, the types of devices are selected, their construction is described, comparisons with analogues and patent examination are made. Parametric calculations were performed, as well as calculations of the basic nodes and elements for strength.

Parametric calculation of the centrifugal machine was performed and the design was selected to provide the highest productivity at the lowest capital and operating costs. Parametric calculation of the steam generator and calculations of the basic components and strengths were carried out. Checked the design of the centrifugal machine and steam generator that meet the requirements of occupational safety and industrial sanitation.

The startup project of implementation of the proposed modernization has been developed.

The system of automatic regulation of parameters of the production unit of synthetic glycerol has been developed.

The technological process of manufacturing of the tube plate is developed, the device for drilling of openings is designed.

Eight drawings and their specifications are made. The result of the dissertation is an improvement concerning patent for one utility model. The results were published at 3 international student's conferences. Also, an article in a professional journal was published. This article proved the feasibility of modernization by two- and three-dimensional design in the program SolidWorks

					ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

and 3D COMPASS by scientific point of view as well as it contains mathematical justification of it.

					ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перелік посилань

1. Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: 1991.-496с
2. 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
3. Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 1991 – 496 с.
4. Тимонин А.С., Основы конструирования и расчёта химико-технологического и природоохранного оборудования. – Москва: 2002
5. Патент RU 1920112 U1 МПК В04В 1/08 (2006.01), В04В 3/04 (2006.01) Шнековая центрифуга для отделения из суспензии ноночастиц / Малкин В.С // Оpubл. 30.08.2018
6. Патент № CN 109772600 А, Китай, G01N 1/38(2006.01), В04В 5/12(2006.01), В04В 7/02(2006.01), опубл. 21.02.2019.
7. Патент № CN 120163387 А, Китай, В04В 7/00(2006.01), В04В 7/00(2006.01), В04В 1/00(2006.01), заявлено 26.06.2019, опубл. 27.08.2019
8. Патент № CN 110170385 А, Китай, В04В 5/00(2006.01), В04В 9/08(2006.01), В04В 1/00(2006.01), заявлено 29.05.2019, опубл. 20.08.2019
9. Патент № CN 110170385 А, Китай, В04В 5/00(2006.01), В04В 9/08(2006.01), В04В 1/00(2006.01), заявлено 26.05.2019, опубл. 28.06.2019.
10. Пат. RU2700702 С1 МПК F22В 1/00. ПАРОГЕНЕРАТОР /Черниченко В.В // Оpubл. 06. 12. 2018
11. Пат. RU188608 U1 МПК А01К 59/06. Парогенератор/ Черниченко В.В., // Оpubл. 06. 12. 2018
12. Пат. RU 270311 С1 МПК F28D 7/1607 ТЕПЛООБМЕННИК / Абубикеров

					ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Д.Р. // Оpubл. 25.12.2018

13. Пат. CN208920032U МПК F28D 7/10 (2019.05) Вертикальний парогенератор / 刘亮// Оpubл. 31.05.2019
14. Пат. RU 186 512 U1 МПК F28D 7/00 КОЖУХОТРУБНЫЙ ТЕПЛООБМЕННИК С МЯГКИМ КОЖУХОМ / Голованчиков А.Б., Прохоренко Н.А., Дулькин Б.А.,// Оpubл. 03.11.2018
15. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков В.Н. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. – Л.: Химия, 1987. – 576 с.
16. Лашинский А. А., Толчинский А. Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры - Л.: Машиностроение, 1970. – 752 с
17. Иоффе И.Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии: Учебник для техникумов. -Л.: Химия, 1991. -352с., ил.
18. Жидецкий В.Ц., Джигирей В.С., Мельников О.В. Основы охорони праці. 2-е вид., стеріотип. – Львів: Афіша, 2000. – 348 с.
19. Мікульонок І.О. Монтаж, експлуатація та ремонт обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв: Навч. посібник. – К.: ІЗМН, 1998.–256с
20. Дунин-Барковский И. В. Взаимозаменяемость, стандартизация и технические измерения: Учебник./— М.: Издательство стандартов, 1987, 352 с., ил. 5112
Задольський А. М. ,Щаповаленко О. О. Методичні вказівки до виконання економічної частини дипломних проектів бакалаврів. Київ, 2010
21. Маркетинг стартап-проектів [Електронний ресурс] : навчальний посібник для усіх спеціальностей другого освітнього ступеню «магістр» / С. О. Солнцев, О. В. Зозульов, Н. В. Юдіна, Т. О. Царьова, Н. В. Язвінська ; за заг. ред. С.О. Солнцева ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,2 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 218 с. URL : <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/27437>
22. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс] : Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів

					ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28

- 23.Юдіна Н.В. Міждисциплінарні платформи стартап-проектів [Електронний ресурс] // Міждисциплінарні дискусії : Матеріали науково-теоретичного семінару «Міждисциплінарні дослідження: теоретико-методологічні виміри», 5 грудня 2017 р. – Київ, Київський національний університет імені Тараса Шевченка Інститут міжнародних відносин Навчально-науковий центр «Синтез». – 2017. – С. 20-24. - Режим доступу [http://mail.iir.edu.ua/uploads/files/tezi%20ceminar%20synthesis%205%2012%202017%20final%20\(1\).pdf](http://mail.iir.edu.ua/uploads/files/tezi%20ceminar%20synthesis%205%2012%202017%20final%20(1).pdf).
- 24.Юдіна Н. В. Визначення циклічних залежностей в економіці України на основі аналізу окремих макроекономічних показників. Економічний Вісник НТУУ «КПІ». №13(2016). <http://ev.fmm.kpi.ua/article/view/80084/75643>
- 25.Юдина Н. В. Антикризисные маркетинговые инструменты инновационного развития предприятий / Н.В. Юдина // Маркетинг и финансы. – 2014. – Т. 1. – С. 60– 72.
- 26.Юдіна Н.В. Управління майбутнім на основі концепції інноваційного розвитку // Антикризисное управління економікою України: нові виклики. Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, КНЕУ ім. В.Гетьмана, 15-17 грудня 2015 року). – 2015. - С. 124-127. – Режим доступу : http://futureslog.com.ua/blog_konferencia_kneu_2015_12_15.phtml
- 27.Юдіна Н. В. «Дорожня карта» підприємства у контексті футурології техногенної економіки. Традиції і інновації. [Електронний ресурс] / Н. В. Юдіна // Інновації та фундаментальні науки в умовах техногенної економіки : зб. матеріалів міждисциплінар. наук.-практ. конф., Київ, 25 листоп. 2016 р. / [уклад. Л. І. Юдіна]. – К., 2016. – Режим доступу : <http://futureslog.com.ua/publish/2/Zbirnyk.pdf#page=6>.

										ЛН81мп.065134.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							