

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 апарату з мішалкою та дефлегматора для модернізації установки виробництва гліцерину

Виконала студентка 6-го курсу, групи ЛН-81мп

Тищенко Катерина Віталіївна _____

Керівник дисертації канд. техн. наук, старш. викл. Я. Г. Двойнос _____

Консультанти:

охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

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

розробка стартап-проекту

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

кондуктор для свердління фланця муфти мішалки

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

автоматичний контроль і керування процесом

канд. техн. наук, доцент А.Ю. Сазонов _____

Рецензент _____

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

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації
немає запозичень з праць інших авторів
без відповідних посилань
Студентка _____ Тищенко К.В.
(підпис)

Київ – 2019

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ

“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ

імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО ”

Інженерно-хімічний факультет

Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв

Освітньо-кваліфікаційний рівень – «Магістр»

спеціальність: 133 - Галузеве машинобудування

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Я.М.Корнієнко

« ___ » _____ 2019 р.

ЗАВДАННЯ

на магістерську дисертацію студентці

Тищенко Катерині Віталіївні

1. Тема дисертації : «Розроблення апарату з мішалкою та дефлегматора для модернізації установки виробництва гліцерину»

керівник дисертації Двойнос Я.Г. кандидат технічних наук, старший викладач затверджені наказом по університету від “01” листопада 2019 р. № 3807-с

2. Термін подання студентом дисертації : 1 грудня 2019 р.

3. Вихідні дані до дисертації : температура води на вході до дефлегматора $T_1=293,2$ К, тиск – атмосферний, температура води на виході з теплообмінника $T_1=348,2$ К, гарячий теплоносій – бінарна суміш пари води та гліцерину з

ректифікаційної колони, витрата 2,4 кг/с, масова концентрація води у суміші – 95%. Тиск в апараті з мішалкою 0,1 МПа, температура розчину води після апарату з мішалкою: $T_1=368,2$ К, масова концентрація $\text{Ca}(\text{OH})_2$ – 0,25%, Na_2CO_3 – 0,25%.

4. Зміст пояснювальної записки:

а) основна частина: обґрунтувати вибір конструкцій, апарату з мішалкою, виконати розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкцій, технологічний, параметричний, розрахунки на міцність і надійність елементів конструкцій цих апаратів;

б) маркетинг стартап - проектів: створити стартап - проект модернізованого апарату;

в) охорона праці: провести аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів, запропонувати заходи щодо обмеження їх дії, викласти основні правила безпечної експлуатації установки у надзвичайних ситуаціях;

г) частина автоматичного керування: скласти схему автоматизованого керування установкою та специфікацію приладів;

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

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): технологічна схема установки – А1, схема автоматичного керування – А1, складальні креслення: дефлегматор – А1, апарат з перемішуючим пристроєм – А0, кресленик складальний трубного пучка – А2, корпус – А1, корпус – А1, кришка – А2, кришка – А2, кондуктор для свердління фланця муфти мішалки – А1, ілюстрація технічної ідеї патенту – А2, ілюстрація технічної ідеї патенту та результати моделювання – 2хА1.

6. Консультанти розділів дисертації:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консульта нта	Підпис, дата	
		завдан ня видав	завда ння прийн яв
Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	Ковтун І. М.		
Розробка стартап-проекту	Юдіна Н. В.		
Технологія виготовлення кондуктор для свердління фланця муфти мішалки	Двойнос Я. Г.		
Автоматичний контроль і керування процесом	Сазонов А. Ю.		

7. Дата видачі завдання: 01 вересня 2019 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів проекту	Приміт ка
2	3	4	
	Переддипломна практика. Узгодження теми, вихідних даних, визначення джерел інформації. Добір матеріалів. Складання звіту з практики. (Під час проходження практики необхідно виконання креслень орієнтовним обсягом – 5...7 форматів А1)	01.0 9.2019	
	Патентне дослідження. Формування ідеї модернізації. Створення стартап-проєкту.	27.0 9.2019	
	Обґрунтування актуальності проєкту. Опис установки. Схема установки. Вибір і опис конструкцій теплообмінника та мішалки. Технічна характеристика установки, апаратів.	01.1 0.2019	
	Виконання моделювання запропонованої модернізації	10.1 0.2019	
	Параметричні розрахунки: визначення основних розмірів апаратів. Розрахунок гідравлічного опору апаратів	16.1 0.2019	
	Розробка складальних креслень апаратів і їх складальних одиниць. Добір конструктивних параметрів конструктивних елементів апаратів	19.1 0.2019	
	Розрахунки на міцність. Розробка програм і супроводжуючих документів. Виконання схем	21.1 0.2019	
	Консультації відповідно до графіку з питань охорони праці, економіки, технології машинобудування, автоматизації	05.1 1.2019	
	Уточнення графічної частини проєкту і	18.1	

	специфікацій	1.2019	
0	Оформлення пояснювальної записки. Перевірка відповідності проекту діючим нормам за змістом і оформленням. Підготовка до захисту. Складення плану викладення доповіді, окремих питань	25.1 1.2019	

	2	3	4
1	Попередній захист проекту	01.1 2.2019	
2	Корегування проекту за результатами попереднього захисту. Отримання рецензії, відзиву. Підготовка до захисту	05.1 2.2019	

Студент _____ К.В.Тищенко
(підпис)

Керівник магістерської дисертації _____ Я.Г. Двойнос
(підпис)

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

освітня програма(спеціалізація): Обладнання хімічних,
нафтопереробних та целюлозно-паперових виробництв

**на тему: Розроблення апарату з мішалкою та дефлегматора для
модернізації установки виробництва гліцерину**

Київ – 2019

РЕФЕРАТ

УДК 665.65

Магістерська дисертація на тему «Розроблення апарату з мішалкою та дефлегматору для модернізації установки виробництва гліцерину». НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»; Керівник Я. Г. Двойнос – К.:2019. – 152 с.: іл. 29. Виконавець. К. В. Тищенко – 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 керування процесом.

НАГРІВ, ДЕФЛЕГМАТОР, ГЛІЦЕРИН, МІШАЛКИ, ОХОЛОДЖЕННЯ,
ГЛІЦЕРИН, ТУРБУЛЕНТНИЙ РЕЖИМ

Реферат

УДК 66.063.8

Магистерская диссертация на тему «Разработка аппарата с мешалкой и дефлегматора для модернизации установки производства глицерина» / КПИ им. Игоря Сикорского; Руководитель Я.Г. Двойнос. - М., 2019. - 200 с. Исполнила - К.В. Тищенко. - Библиогр. : с. 133.

Пояснительная записка состоит из введения, восьми глав, заключения и списка ссылок из 35 наименований. Общий объем записки составляет 200 страниц, из них 133 страниц основного текста, 47 рисунков, 50 таблиц.

Цель магистерской диссертации - проектирование дефлегматора, мешалки для схемы производства глицерина.

Записка содержит описание технологического процесса, выбор типа аппарата дефлегматора и мешалки, их место в технологической схеме, техническую характеристику аппаратов, обоснование выбора конструкций аппаратов, проектируемых и принцип действия их основных сборочных единиц и деталей, сравнение основных показателей разработанной конструкции аппаратов с аналогами, патентное исследование конструкций аппаратов. Приведены мероприятия по охране труда, рекомендации по монтажу и эксплуатации. Проведена модернизация установки и разработано стартап проект.

Проведены расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность конструкций дефлегматора и мешалки. Определен уровень стандартизации и унификации. Разработан автоматическую схему управлением процессом.

НАГРЕВ, ДЕФЛЕГМАТОР, ГЛИЦЕРИН, МЕШАЛКИ, ОХЛАЖДЕНИЯ, ОБЕЧАЙКИ, ТЕМПЕРАТУРНЫЙ РЕЖИМ, ТУРБУЛЕНТНОМ РЕЖИМЕ.

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: K. V. Tyschenko - 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

Зміст

Перелік скорочень, умовних позначень та термінів.....	22
Вступ.....	23
1 Призначення та область використання установки виробництва гліцерину.	24
1.1 Опис технологічного процесу.....	24
1.2 Вибір типу установки, апаратів, їх місце в технологічній схемі.....	25
2. Технічна характеристика основних апаратів лінії.....	28
3. Опис та обґрунтування вибраних конструкцій апаратів.....	30
3.1 Конструкція і принцип дії апаратів, основних складальних одиниць та деталей.....	30
3.2 Порівняння основних показників розробленої конструкції з аналогами..	32
3.3 Вибір матеріалів елементів конструкцій апаратів.....	41
3.4 Патентний огляд конструкцій основного обладнання установки.....	41
4 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкцій	55
4.1 Розрахунок дефлегматора.....	55
4.2 Розрахунок діаметра штуцерів.....	61
4.3 Розрахунок трубної решітки.....	63
4.4 Розрахунок стійкості циліндричної обичайки під дією опорних навантажень.....	66
4.5 Розрахунок товщини теплової ізоляції.....	76
4.6 Параметричний розрахунок мішалки.....	79
4.7 Тепловий розрахунок мішалки.....	81
4.8 Розрахунок вала апарата з мішалкою.....	90
4.9 Розрахунок вала мішалки на жорсткість.....	91
4.10 Розрахунок вала на міцність.....	98
4.11 Розрахунок опор мішалки.....	101

					ЛН81мп.065111.001ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив	Тищенко				Розроблення апарату з мішалкою та дефлегматора для модернізації установки виробництва гліцерину	Лит.	Аркуш	Аркушів
Перевірів	Двойнос							
Т. Контр.						КПІ ім. Ігоря Сікорського» ІХФ, каф. МАХНВ		
Н. Контр.								
Затверд.	Двойнос							

4.12 Розрахунок зварного шва	105
5 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	108
6 Рекомендації щодо монтажу та експлуатації апаратів установки	119
7 Рівень стандартизації та уніфікації	122
8 Розроблення стартап проекту.....	125
Висновок.....	Ошибка! Закладка не определена.
Выводы	Ошибка! Закладка не определена.
Conclusion.....	154
Перелік посилань.....	156
Додаток А	160
Технологія виготовлення кондуктора для свердління фланця муфти мішалки	160
Додаток Б.....	161
Автоматичний контроль і керування процесом	161
Додаток В	162
Документація до патентного дослідження	162
Додаток Г Комп'ютерна програма та результати розрахунку зварного шва	174
Додаток Д.....	180
Патенти, які використані в патентному дослідженні	180
Додаток Е	181
Публікації автора.....	181

Перелік скорочень, умовних позначень та термінів

Умовні скорочення:

ККД – коефіцієнт корисної дії.

Умовні позначення:

V_p – робочий об'єм, м³;

ρ – густина, кг/м³;

T – температура, К;

d_m – діаметр відкритої турбінної мішалки, м;

H, h – висота, м;

b – ширина, м;

C – прибавка до розрахункової товщини, м;

D, d – діаметри, м;

m – маса, кг;

N – потужність, Вт;

P – тиск;

n – частота обертання, с⁻¹;

F – площа, м²;

G – продуктивність, кг/с;

K – коефіцієнт теплопередачі, Вт/м²·К;

Q – теплове навантаження, Вт;

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

λ – теплопровідність, Вт/(м·К);

Критерії:

Nu – критерій Нуссельта;

Re – критерій Рейнольдса;

Pr – критерій Прандтля.

Вступ

Гліцерин є прозорою, безбарвною, дуже густою, в'язкою, без запаху, важчою за воду рідиною. Здатність речовини утворювати комплекси з гідрооксидами металів, на відміну від одноатомних спиртів, дає широке застосування у різних галузях.

При звичайному атмосферному тиску гліцерин кипить при 290 °С. Змішується з водою в будь-якій пропорції. Температура спалаху гліцерину становить 150°С, температура самозаймання — 362 °С. Гліцерин поглинає вологу з повітря та утримувати її, може увібрати до 40% води від своєї маси. Через це гліцеринова крапля на руці дає враження легкого нагріву.

Хімічні властивості гліцерину зумовлюють широке його використання у хімічній промисловості, шкіряному виробництві та текстильній промисловості, застосовується в тютюновій промисловості. Продукти реакції гліцерину з фталевою кислотою разом з спиртом перетворюються в електроізоляційний лак.

Метою даної роботи удосконалення схеми виробництва гліцерину, проведення розрахунків технічних характеристик та розрахунків, що підтверджують надійність роботи конструкції; порівняння основних показників обраної конструкції з аналогами; провести патентне дослідження; аналіз відповідності розробленого апарату вимогам охорони праці; визначити рівень стандартизації та уніфікації, скласти рекомендації з монтажу та експлуатації апарату.

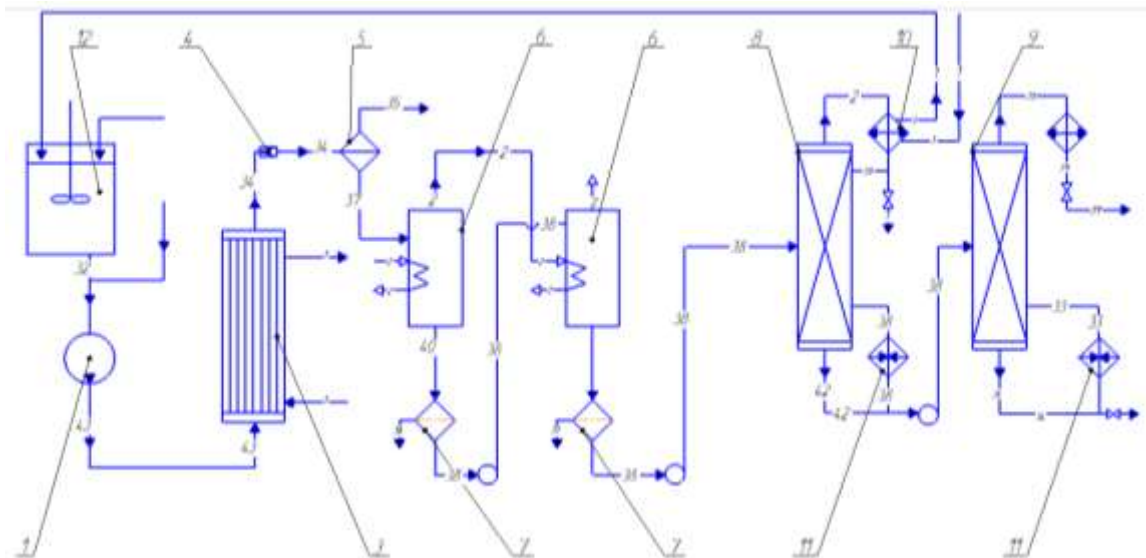
Виконати техніко-економічне обґрунтування модернізації апарату та розроблення креслення технологічної схеми виробництва гліцерину, складальні креслення апаратів та елементів їх конструкцій.

Завдання на магістерську дисертацію одержано 1 вересня 2019 року під час проходження переддипломної практики в ІТТФ НАН України.

1 Призначення та область використання установки виробництва гліцерину

1.1 Опис технологічного процесу

Модернізовану технологічну схему лінії виробництва гліцерину показано на рисунку 1.1 [1].



1 – мотор для перегону суміші; 2 – теплообмінник; 3 – абсорбер; 4 – дросель;
5 – розділювач ; 6 –куби для пару; 7 –відстійники; 8,9 – ректифікаційна
колона ; 10 – дефлегматор; 11 – підігрівачі; 12 –спіральна мішалка

Рисунок 1.1 – Технологічна схема лінії виробництва гліцерину

Вода та 5—6% -ний розчинник соди змішуються в спіральна мішалці 12 до 0,6—1 Па, потім емульгують у з епіхлоргідрином під час перегону суміші 1, де і закачують її через теплообмінник 2 у абсорбер 3. У ньому протікають більш прості реакції, утворюється гліцерин та його ефіри. Реакційну суміш дроселюють у дроселі - 4 до атмосферного тиску, а в розділювачі 5 відокремлюють газорідну фазу (CO_2 і водяні пари) від рідини (водний розчин гліцерину, його ефірів, NaCl)

Через велику різницю в летучості гліцерину та води, вода відокремлюється підігрівом до моменту кипіння та утворення пару: далі рідина прямує поетапно до кубів для пару 6, які працюють в вакуумі та обігриваються стороннім паром, соковим паром. Потім після обігріву від кожного з апаратів 6 рідина надходить у відстійники 7, де відділяється NaCl.

Приблизно 80% -ий гліцерин після випарювання піддають ректифікації в колоні 8 для відділення залишків води і 5 колоні 9 для видалення із високою температурою ефірів гліцерину, залишився в кубі. Дистилят останньої колони являє собою 38-99% -ий гліцерин. Його часто піддають додатковому очищенню (знебарвлення), адсорбуючи пофарбовані домішки активованим вугіллям.

Готовий продукт гліцерину поступає в бункер для подальшого розподілу чи зберігання.

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

У схемі виробництва гліцерину встановлюємо апарат з мішалкою для того щоб сода мала однорідну структуру та теплообмінник підігріву тієї ж речовини.

Область застосування: хімічна, виробництво будівельних матеріалів.

В якості підігрівача встановлюємо дефлегматор для генерації води обігріву мішалки. В якості охолоджуючого теплоносія застосовуються вода. Пари гліцерину, що конденсуються, надходить у міжтрубний простір, а вода поступає через патрубок в трубний простір і прямує до мішалки. Використання трубного пучка з компенсатором дозволяє компенсувати температурні деформації.

Область застосування: хімічна промисловість.

Мішалка.

Перемішування залежить від таких факторів, як температура, кислотність середовища, що перемішується, тривалість перемішування, конструкція та матеріал обладнання в якому відбувається процес.

Виходячи з вимог і аналізу літературних даних, обрано циліндричний змішувач із еліптичним днищем і кришкою. У якості перемішуючого пристрою взята конструкція рамочна, змійовик у апараті забезпечить необхідний температурний режим. Для максимального обмеження попадання в апарат та інших речовин застосовуються механізми ущільнення та спеціальні ущільнюючі матеріали. У якості ущільнення валу мішалки взято подвійне торцеве ущільнення.

Таким чином, описаний вище змішувач повністю задовольняє поставлені вимоги та забезпечує оптимальні умови проведення процесу приготування розчину.

Дефлегматор.

Розроблюваний апарат стоїть після ректифікаційної колони, там відбувається конденсація парів води з гліцерином.

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

Він призначений для конденсації водяних парів.

Виходячи з вимог і аналізу літературних даних, обрано теплообмінник дефлегматор-конденсатор. Враховуючи, що при великих поверхнях теплообміну, висота (довжина) теплообмінника може бути достатньо великою, доцільно застосовувати горизонтальний-ти ходовий теплообмінний апарат. Вода, що підігрівається, надходить в трубний простір, а пари води в міжтрубний простір. Різниця середніх температур теплоносіїв перевищує 50 градусів, тому приймаємо конструкцію з компенсатором.

Таким чином, описаний вище теплообмінник повністю задовольняє поставлені вимоги та забезпечує оптимальні умови проведення процесу теплообміну при охолодженні парів води.

2. Технічна характеристика основних апаратів лінії

Технічні дані дефлегматора наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1– Технічні дані дефлегматора.

Параметри	Одиниці виміру	Значення
Витрата гліцерину, G_1	кг/с	2,4
Тиск в трубному просторі, p	МПа	0,1
Тиск в міжтрубному просторі, p	МПа	0,1
Температура конденсату, T_1	К(°С)	372,894(99,894)
Початкова температура води, T_2	К(°С)	293,2 (20,05)
Кінцева температура води, T_3	К(°С)	348,2(75,05).
Діаметр апарату, D	м	1
Товщина стінок апарату, s	мм	6
Загальна поверхня теплообміну, F	м ²	202
Загальна кількість труб, n	шт	666
зовнішній діаметр труб, $d_{\text{зовн}}$	мм	25
внутрішній діаметр труб, $d_{\text{вн}}$	мм	21

Технічні дані апарату з мішалкою наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Технічні дані апарату з мішалкою.

Параметри	Одиниці виміру	Значення
Продуктивність за водою, G	кг/с	3,8
Тиск в апараті, p	МПа	0,1

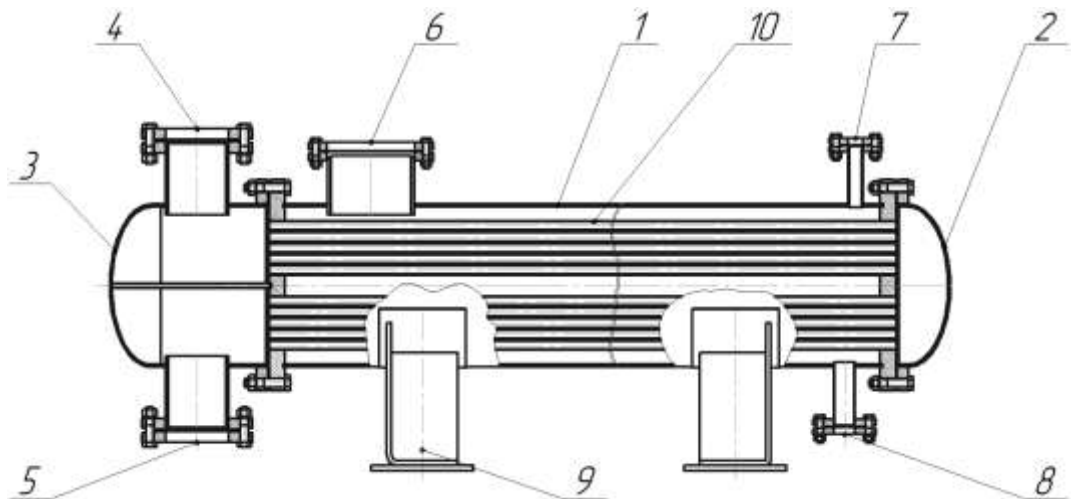
Продовження таблиці 2.2 – Технічні дані апарата з мішалкою.

Початкова температура води на вході до зміювика, T_1	К	348
Температура води на виході зміювика, T_2 ,	К	319
Початкова температура розчину соди, T_3	К	293,15
Діаметр апарата, D	м	1,8
Поверхня теплообміну, F_1	м ²	6,2
Коефіцієнт заповнення апарату		0,8
Товщина стінок апарата, s	мм	8
Маса апарата, m	кг	3740
Діаметр перемішуючого пристрою, $d_{\text{міш}}$	м	0,630

3. Опис та обґрунтування вибраних конструкцій апаратів

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

Дефлегматор, конструктивна схема якого наведена на рисунку 3.1[2], призначений для охолодження гліцерину водою. Теплообмінний апарат має такий склад: циліндрична обичайка 1, до якого з двох сторін кріпляться трубні решітки 4 і 5. В трубних решітках щільно закріплено пучок труб 8. До кожуха за допомогою фланців приєднані болтами кришки 2 і 3(камери). Ущільнення створюється прокладками.



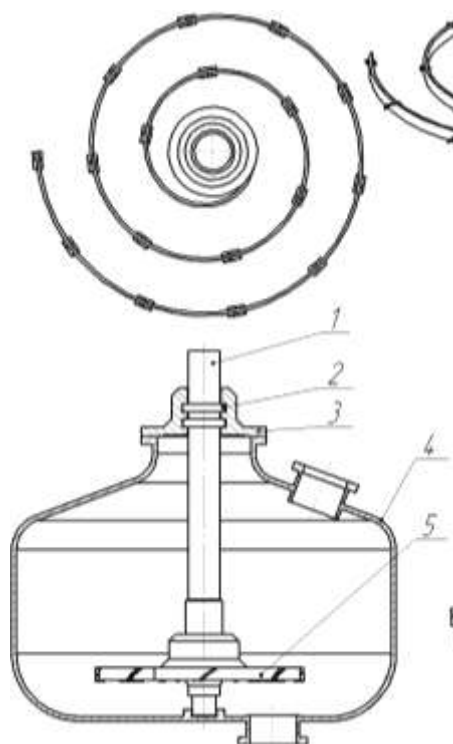
- 1 – корпус; 2 – кришка; 3 – розподільча камера; 4, 5 – штуцера входу та виходу охолоджуючої води; 6 – штуцер входу пари;
7 – технологічний штуцер; 8 – штуцер виходу конденсату;
9 – опора; 10 – трубний пучок

Рисунок 3.1– Конструктивна схема дефлегматора

Для вводу та виводу теплоносіїв до кришок приварені патрубки 6 і 7. Щільність з'єднання труб з трубною решіткою забезпечується вальцюванням.

Основними вимогами при конструюванні теплообмінного апарата є: забезпечення найбільш високого коефіцієнта теплопередачі при можливо меншому гідравлічному опорі; компактність і найменша витрата матеріалів; надійність і герметичність у поєднанні з розбірністю і доступністю поверхні теплообміну для механічного очищення її від забруднень; уніфікація вузлів і деталей; технологічність механізованого виготовлення широких рядів поверхонь теплообміну для різного діапазону робочих температур, тисків тощо.

Апарат з перемішуючим пристроєм, конструктивна схема якого наведена на рисунку 3.2 [3], призначений для перемішування соди з водою. Процес відбувається при певній температурі, тому застосовано ізоляцію.



1 – вал мішалки; 2 – ущільнення; 3 – кришка апарату; 4 – корпус апарату;
5 – мішалка з гнучкими спіральними елементами

Рисунок 3.2 – Конструктивна схема апарату з мішалкою

Апарат з мішалкою складається з корпусу 1, до якого приварена оболонка 2. За допомогою фланців приєднана еліптична кришка 4. Компоненти завантажують через штуцера. Для вводу та виводу соди, до корпусу приварені штуцера. Для перемішування суміші апарат має перемішуючий пристрій 5.

Сода, що подається в апарат з температурою 20°C, поступає через штуцер, при цьому змішується з водою.

3.2 Порівняння основних показників розробленої конструкції з аналогами.

Дефлегматор

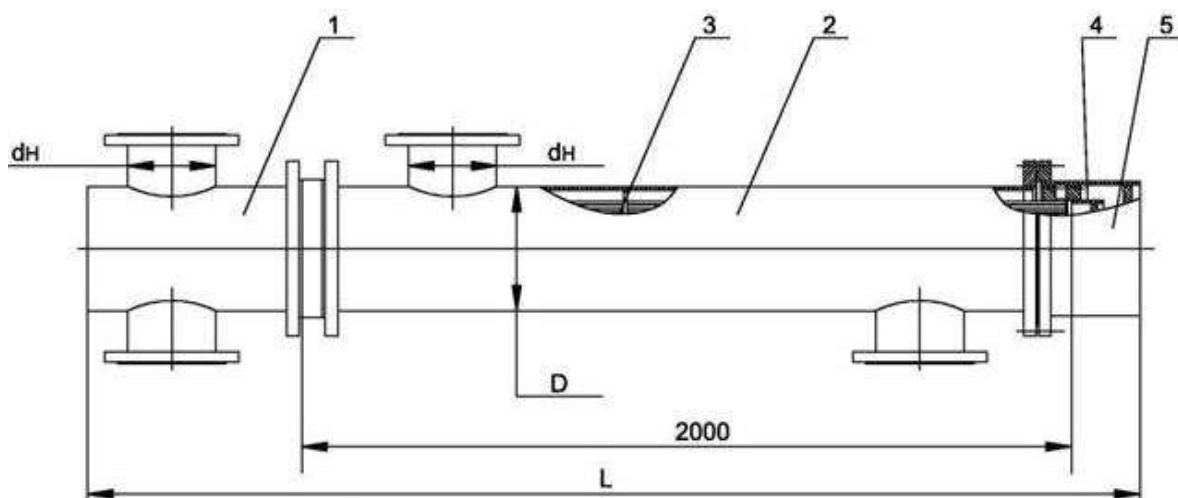
Конструкція дефлегматора повинна задовольняти ряд вимог, що залежать від технології виробництва гліцерину. Для виробництва гліцерину важливо, щоб дефлегматор мав велику площу теплопередачі, малу різницю тисків і температур середовищ, і щоб різні теплоносії не змішувались між собою.

Дефлегматор зображений на рисунку 3.3[4].

Застосовуються в процесах нагріву. Потужність нагріву до 1500 кВт, мають від 1 до 4 незалежних контурів по теплоносію, 3 діафрагми на різні відстані, які залежать від робочих умов води, і 3 різних положення підключення води. Застосування спеціальних вискоелективних труб дозволяє збільшити експлуатаційні можливості для підвищення потужності нагріву приблизно на 10%.

Конструкція кожухотрубних дефлегматорів компанії «Альфа-Лаваль» базується на результатах досліджень, призначених забезпечити механічну міцність і опір вібрації та корозії. Конструкція пучка труб забезпечує теплове розширення між трубами і кожухом, що дозволяє уникнути будь-яких напружень. Завдяки цьому рішення, пучок труб можна виймати з кожуха для огляду і технічного обслуговування і орієнтувати таким чином,

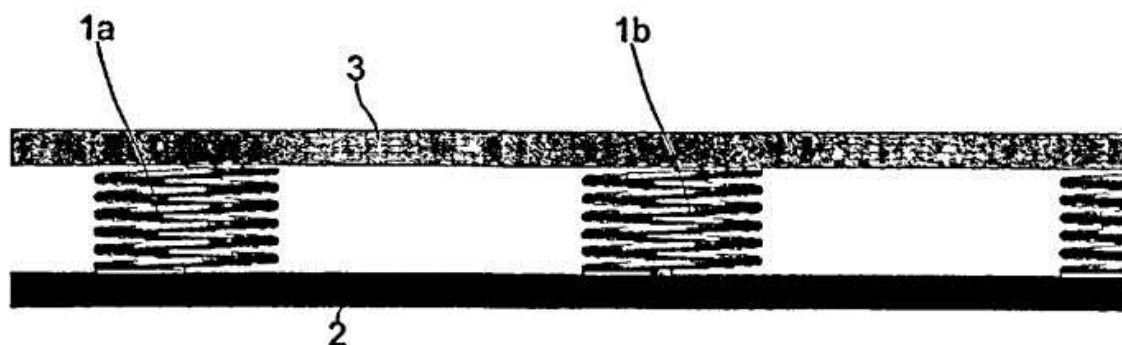
щоб змінити положення штуцера для подачі води.



1,5 – знімна камера; 2 – кожух; 3 – трубчатка; 4 – розподільча камера

Рисунок 3.3– Дефлегматор

На верхньому і нижньому кінцях теплообмінника його труби об'єднані в одну або кілька труб. Змієвикові теплообмінники найбільш ефективно використовувати для нагріву і — охолодження. Зображений на рисунку 3.4[5].

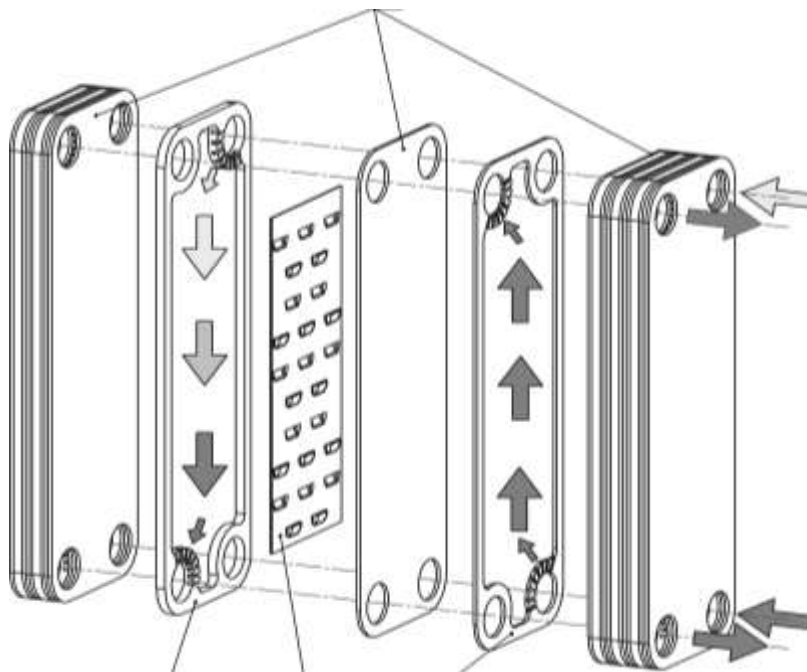


1a,1b – конструкційні елементи, 2,3 – проміжні деталі

Рисунок 3.4 – Змієвиковий теплообмінник

Ця теплообмінна техніка придатна для процесів, що протікають під високою температурою і тиском, але такий теплообмінник працює лише при легких теплових навантаженнях. Змієві теплообмінники підходять для нагріву та охолодження рідин, паро-рідинних середовищ.

Поверхня теплообміну пластинчастих теплообмінників (рисунок 3.5)[6] менше забруднюється, ніж у попередніх аналогів, що пояснюється високою турбулентністю плаву, яка виникає завдяки поліровано-рифленим пластинам. Як зазначалося раніше, у пластинчастих теплообмінників є компактність і висока коефіцієнт теплопередачі. Область застосування пластинчастих теплообмінників і їх недолік – процеси теплообміну між рідинами.



1,2 – набір пластин; 2, 4– корпус; 3– прокладка

Рисунок 3.5 – Пластинчастий теплообмінник

Найпростішим типом є дефлегматор (рисунок 3.3) [4]. У цих теплообмінниках сумарне поперечному перерізі труб доволі велике, що дозволяє створювати високий тиск і температуру в трубах. Тому такі апарати доцільно використовувати для процесу випаровування.

Порівняльні характеристики вище наведених апаратів наведенні в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Порівняльні характеристики теплообмінників

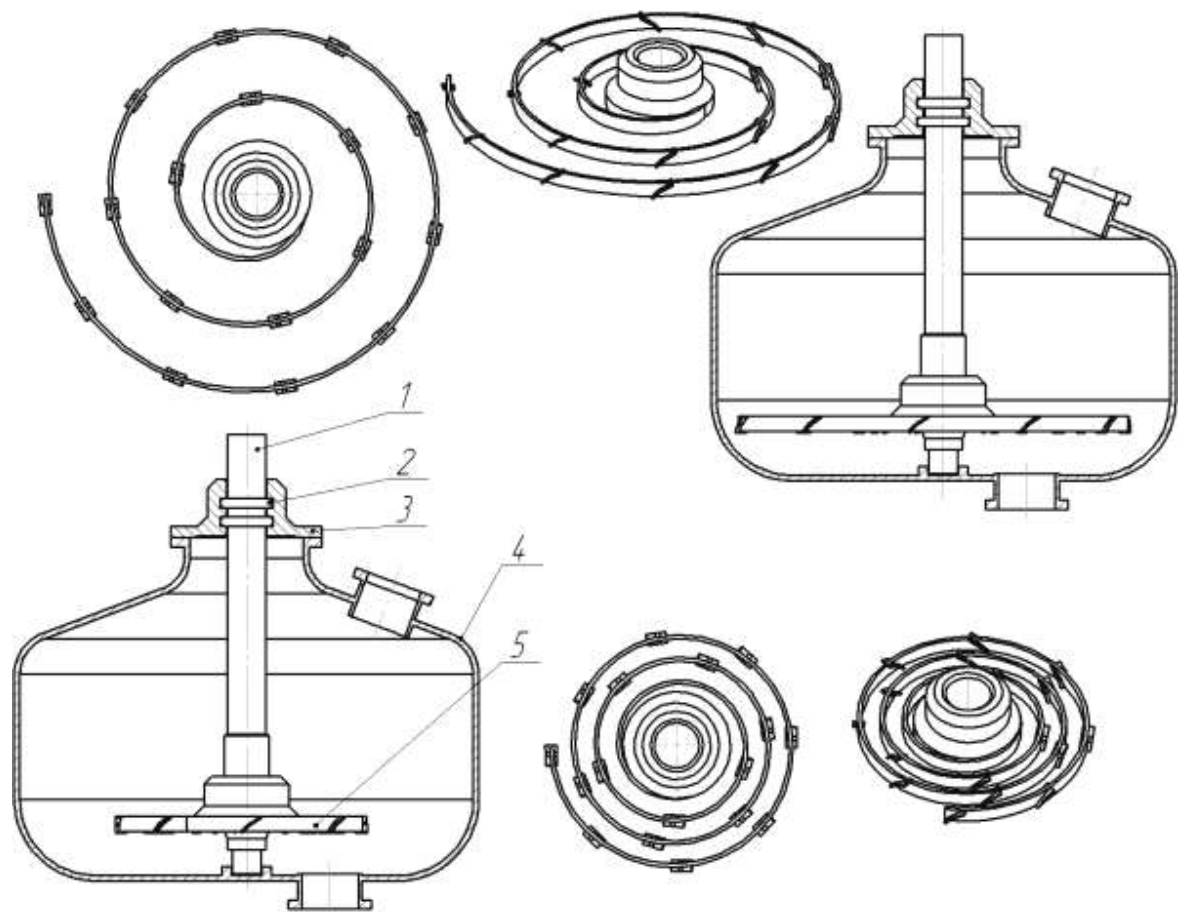
Основні технологічні показники	Дефлегматор (апарат, що проектується)	Змієвиковий теплообмінник	Пластинчастий теплообмінник
Тиск, МПа	1,5 (3)	1,6 (4)	1,7 (5)
Висота апарата, м (бали)	0,864 (3)	1,6 (1)	1,2 (2)
Продуктивність G (бали)	4,96 (5)	4,96 (4)	4,96 (4)
Робоча температура, °С	105 (3)	95 (2)	90 (1)
Вартість виготовлення, тис. грн.	92 (5)	130 (3)	105 (4)
Гідравлічний опір, Па	31410(5)	50000(3)	50000(3)
Сума балів	24	17	19

Використання у даному проекті вище згаданих конструкцій теплообмінників не є доцільним, так, як розроблюваний апарат набрав найбільшу кількість балів.

Мішалка

Перемішування рідких середовищ широко застосовується в різних галузях промисловості: у хімічній промисловості для приготування суспензій, емульсій, пін та розчинів, у фармацевтичній, харчовій промисловості, та інших. Серед перемішуючих пристроїв для рідких середовищ найбільшого поширення набули механічні перемішуючі пристрої (ПП).

Типову конструкцію перемішуючого пристрою з гнучкими спіральними елементами наведено на рис. 3.6, [7]. Переваги конструкції в можливості старту після занурення мішалки під шар осаду, реалізації пульсаційного режиму роботи для підняття осаду та широкому діапазоні робочих швидкостей і відповідно, гідродинамічних режимів роботи.



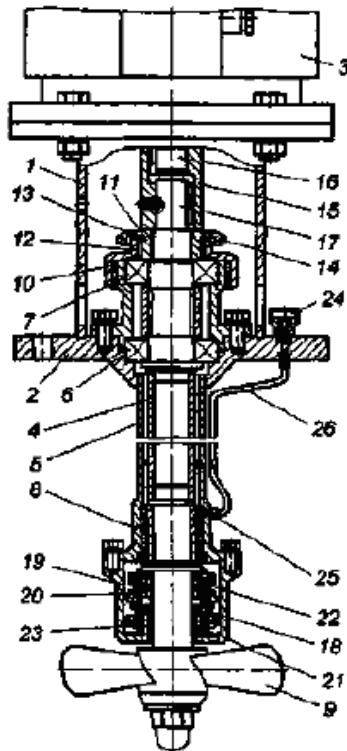
1 – вал мішалки; 2 – ущільнення; 3 – кришка апарату; 4 – корпус апарату;
5 – мішалка з гнучкими спіральними елементами

Рис. 3.6– Типова конструкція апарату з мішалкою, що містить гнучкі спіральні елементи.

Швидкохідні використовуються для циркуляційного перемішування рідин з малою та середньою в'язкістю з метою інтенсифікації дифузійних процесів (розчинення, насичення газом) і теплообміну зі зміювиками.

Відмінністю їх є відносно невеликий діаметр, і відносно велику відстань між ПП і днищем апарату. До швидкохідних ПП відносяться: лопатева, гвинтова, пропелерна, турбінна.

Перемішуючий пристрій на рисунку 3.7 показаний приклад виконання мішалки з торцевого ущільнення.[8]



1 – корпус; 2 – кріпильний фланець; 3 – електродвигун; 4 – вал;
 5 – опорна труба; 6, 7 – радіальні підшипники; 8 – підшипник
 ковзання; 9 – крильчатка; 10 – нерухома кришка; 11 – притискна гайка;
 12 – патрубок; 13 – захисний козирок; 15 – муфта; 16 – вихідний кінець
 вала; 17 – вхідний кінець вала; 18 – манжета; 19 – корпус сальника;
 20 – ущільнювальний кінець сальника; 21 – опорний патрубок;
 22 – кільце; 23 – пружина; 24 – маслянична; 25 – сопло;
 26 – трубопровід.

Рисунок 3.7– Зображення мішалки з торцевим ущільненням

Заявлена мішалка містить у собі корпус 1 із кріпильним фланцем 2. На корпусі встановлений електродвигун 3. Робочий вал 4 мішалки розміщений усередині нерухомої опорної труби 5, прикріпленої до фланця 2. Один кінець вала (верхній) встановлений на радіально упорних підшипниках кочення 6 і 7, а другий (нижній) - на кінцевому опорному підшипнику ковзання 8, розташованому на консольному кінці опорної

труби 5. Поруч з підшипником 8 (відразу ж за ним) на консольному кінці робочого вала закріплена крильчатка 9. Над верхнім підшипником 7 у корпусі встановлена нерухома кришка 10. Верхній підшипник 7 кріпиться до робочого вала 4 мішалки за допомогою притискної гайки 11. Нерухома кришка 10 забезпечена осьовим патрубком 12, розташованим вздовж осі вала. У радіальному зазорі між осьовим патрубком 12 і закріпленою на валу притискною гайкою 11 підшипника додатково виконане лабіринтове ущільнення. Притискна гайка 11 забезпечена захисним козирком 13, розташованим над лабіринтовим ущільненням. На бічній поверхні козирка виконані ребра 14, наприклад у виді виступів, розділених пазами, розташованими радіально валу мішалки. Притискна гайка 11 розміщена під муфтою 15. Муфта виконана цільною і зв'язує між собою вихідний кінець 16 вала електродвигуна 3 із вхідним кінцем 17 робочого вала 4 мішалки.

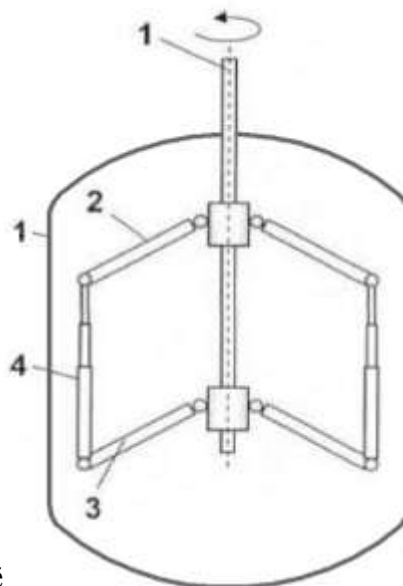
Для забезпечення герметичності робочої ємності торцеве ущільнення робочого вала розміщено між кінцевим підшипником 8 опорної труби 5 і крильчаткою 9 і наділено нерухомою манжетою 18. Остання виконана з міцного гнучкого матеріалу (наприклад спеціальної гуми), розташована в корпусі 19 сальника і герметично закріплена між ущільнювальним кінцем 20 і внутрішнім та між ущільнювальним кільцем 20 і внутрішнім опорним патрубком 21 корпуса сальника, крізь який пропущений робочий вал мішалки.

Переваги такої конструкції є спрощення конструкції вузла приводу. Установка замість диска нерухокої манжети, герметично закріпленої в корпусі сальника між підгорнутим пружиною ущільнювальним кільцем і внутрішнім опорним патрубком корпуса сальника, дозволило створити гнучку систему регулювання зусилля і щільності притиснення рухливого і

нерухомого ущільнювальних кілець у процесі роботи і, у такий спосіб підвищити надійність торцевого ущільнення вала.

Недоліком є складність конструкції.

Схема апарата з мішалкою зображена на рисунку 3.8. [9]. Мішалка містить вертикальний вал із шарнірно закріпленими на ньому на двох рівнях поперечними лопатями, кінці яких шарнірно з'єднані поздовжніми лопатями, при цьому поперечні лопаті встановлено з можливістю їх фіксації в потрібному положенні. Поздовжні лопаті виконано регульованої довжини. Залежно від потрібного режиму внутрішнього діаметра апарата, висоти шару рідини в апараті, а також властивостей зазначеної рідини регулюванням кута повороту поперечних лопатей 2 і 3, а також змінюванням довжини поздовжніх лопатей 4 (або всіх лопатей 2-4) надають мішалці потрібних розмірів і форми для забезпечення потрібної гідродинаміки рідини, що перемішується. Після цього вмикають привод вала мішалки і здійснюють перемішування рідини в апараті.



1 – вертикальний вал; 2, 3 – поперечні лопаті; 4 – поздовжні лопаті;
5 - корпус

Рисунок 3.8–Мішалка

Порівняльна характеристика розроблюваної мішалки з його найближчими аналогами наведена у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Порівняльна характеристика мішалок

Основні технологічні показники	Мішалка , що проєтується	Мішалка з торцевим ущільненням	Циліндрично-конічна
Продуктивність апарата, м ³ /год (бали)	3,8, (5)	3,8, (5)	3,8, (5)
Об'єм апарата, м ³ (бали)	5, (5)	5,4, (5)	4,5, (4)
Потужність на валу мішалки, кВт (бали)	3, (5)	3, (5)	3, (5)
Конструктивні розміри (бали)	5,043x2,588, (5)	15x3,2, (5)	5,5x2,5, (4)
Сума балів	20	15	18

Використання у даному проєкті вище згаданих конструкцій мішалок не є доцільним, так, як розроблюваний апарат набрав найбільшу кількість балів.

Висновок: провівши порівняння розроблених апаратів з їх найближчими аналогами ми пересвідчуємось, що розроблені варіанти дефлегматора та апарату з мішалкою є найкращими по обраним критеріям якості.

3.3 Вибір матеріалів елементів конструкцій апаратів

Вибір матеріалів для виготовлення дефлегматора

Корпус дефлегматора, трубні решітки, труби, розподільчі камери та запірні арматури виготовлені зі сталі 8X18H10T згідно з [10]. Сталі мають найбільше застосування, оскільки вони краще за інші матеріали задовольняють необхідним вимогам. За хімічним складом й механічними властивостями сталі марки 8X18H10T мають відповідати вимогам [10].

Вибір матеріалів для виготовлення апарата з мішалкою

Оскільки у виробництві гліцерину присутні агресивні середовища, то у відповідності з рекомендаціями вибираємо для вузлів і деталей, що можуть контактувати з ними сталь 8X18H10T [10].

Болти виготовляються із якісної вуглецевої сталі марки 35 [10] які використовуються для деталей машин з підвищеними вимогами.

Шайби виготовляються із сталі Ст3 [11]; межа міцності такої сталі при розтягуванні не менше 380 – 470 МПа. Прокладки виготовляються із пароніту ПОН-А [12].

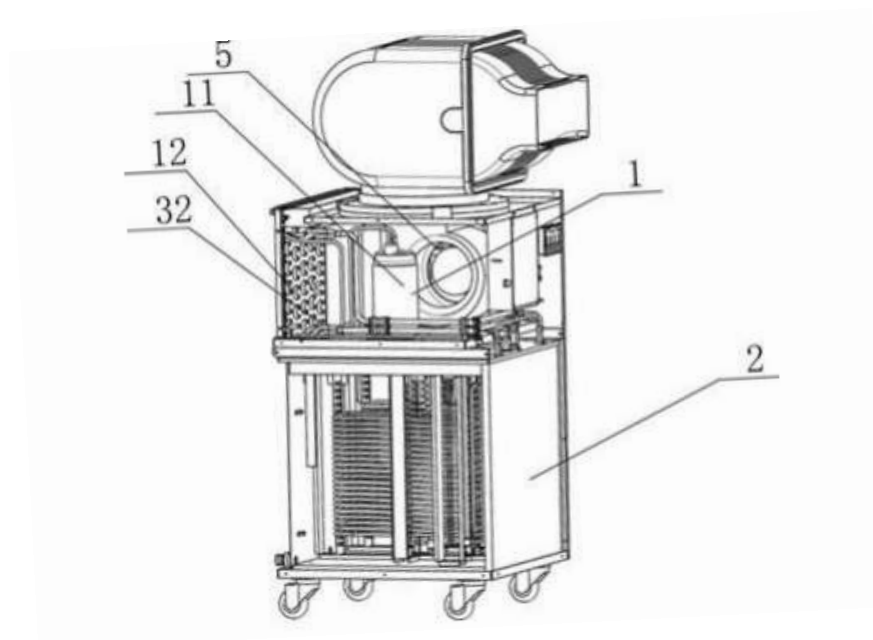
3.4 Патентний огляд конструкцій основного обладнання установки

Мета – провести патентний огляд апаратів, які за принципом дії схожі з розроблюваними апаратами. Було проведено патентний пошук для перевірки патентної чистоти розроблюваної конструкції. В результаті пошуку було відібрано конструкції, описи яких наведено нижче для детального розгляду.

Основними вимогами при конструюванні дефлегматора є: забезпечення найбільш високого коефіцієнта теплопередачі при можливо малому гідравлічному опорі; компактність і найменша витрата матеріалів; надійність і герметичність у поєднанні з розбірністю і доступністю поверхні теплообміну

для механічного очищення її від забруднень; уніфікація вузлів і деталей; технологічність механізованого виготовлення широких рядів поверхонь теплообміну для різного діапазону робочих температур, тисків та т. ін.

Є багато видів конденсаційних апаратів, які застосовують для конденсації. Основною задачею є вибір конденсатора, в якому при мінімальних гідравлічних опорах реалізовувалася найбільша щільність теплового потоку. При цьому конструкція повинна бути патентна чистота, та проста. Система охолодження зображена на рисунку 3.9 працює наступним чином[13]:



1 – система охолодження; 2 – система холодного накопичення;
5 – компресор; 11 – компресор; 12 – конденсатор; 32 – теплообмінник

Рисунок 3.9 – Система охолодження рідин

Конденсатор і теплообмінник комбінований холодний вентилятор холодного акумулятора, включаючи систему охолодження 1, систему холодного накопичення 2, система охолодження 1 включає конденсатор 12, , включає теплообмінник 32, , а система охолодження 1 включає вхід повітря і

вихід повітря, вхід для повітря. Конденсатор¹² і теплообмінник³² розташовані на вході повітря і на виході повітря з холодильної системи 1.

Між горловиною, встановленою комбінацією тепловий модуль обміну, комбінація тепловий модуль обміну близький до входу повітря у верхній корпус, і описаний холодний. Конденсатор¹² - мідна труба з трьох рядків з лівого боку на комбінації тепловий модуль обміну та теплообмінник³² комбіновано теплообмінний модуль. Правий бік двома рядами мідної труби, три ряди мідних труб конденсатору 12 і рівновіддалений масив з двох рядів мідних труб теплообмінник 32, поєднання. Тепловий модуль обміну внутрішнім порожнистим і комбінувати тепловий модуль обміну і виготовляється з використанням металевих міді та алюмінію.

Переваги:

- 1) інтенсифікується процес теплообміну;
- 2) простота конструкції;
- 3) збільшується поверхня тепловіддачі внутрішньої поверхні труб.

Недоліки:

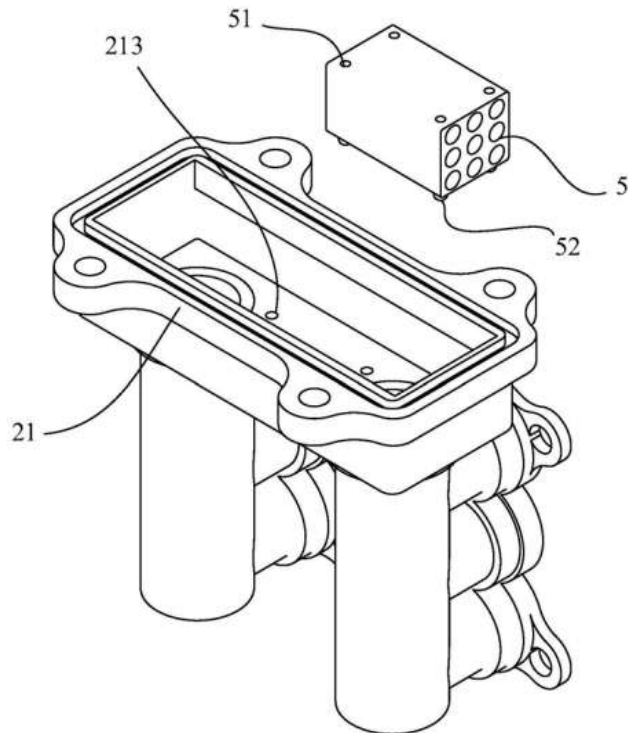
- 1) складність очищення апарату;
- 2) підвищується гідравлічний опір;
- 3) зростає товщина стінки, що негативно впливає на процес теплообміну.

На рисунку 3.10 зображено конденсаційний теплообмінник з функцією самоочищення [14].

Даний винахід відноситься до типу конденсації теплообмінники з функцією самоочищення.

Теплообмінник з'єднується з фланцем дна. Основні відходи тепла та сажі для використання низькотемпературних димових газів. Латентний конденсат пари в газі нагріваються. Димовий газ після теплообміну безпосередньо відводиться з димоходу. Утримується низький вхід конденсованої води. Рідкий диск забезпечений відводом для води на дні рідини, що несе рідину, а

конденсовану воду скидається в обладнання для очищення стічних вод за допомогою відводу води, обробляє п'яти рядом до стандартних.



5 – фільтр; 21 – постамент; 51 – компресор; 52 – фільтр; 213 – конденсатор.

Рисунок 3.10 – Конденсаційний теплообмінник з функцією самоочищення

Зазвичай його обмінюють тепло через доступ до робочих засобів, таких як вода у існуючих конденсатор-труба. Але в постійній експлуатації Серед подорожі блокування, яке легко виготовити в трубопроводі. Особливо при довжині циркуляції конденсатор труба довша, її легко виробляти, перекриваючи Місяць, причини Конденсатор труба не може працювати нормально. Однак, тоді можна обмежитися обмеженням простору, фільтруючи в фільтрувальному пристрої зовнішнього налаштування, а зовнішній фільтр-пристрій не може бути легким.

Переваги:

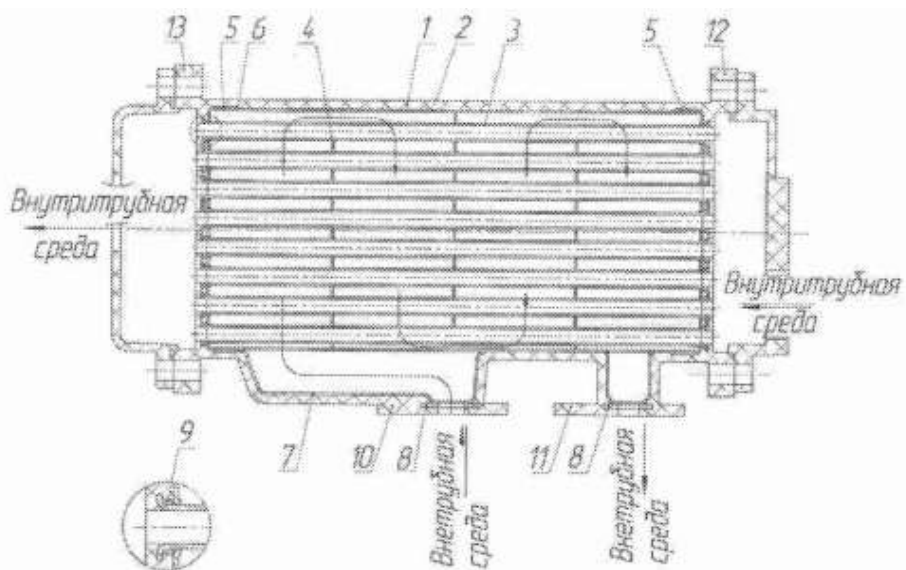
- 1) значна поверхня теплообміну при незначних габаритах апарату;
- 2) незначна товщина плівки конденсату на пластинах;
- 3) незначна металоємність.

Недоліки:

- 1) складність конструкції;
- 2) не може працювати за значних тисків;
- 3) значний гідравлічний опір.

Кожухотрубний теплообмінник [15].

Схема даного апарату представлена на рисунку 3.11. В теплообмінник в міжтрубний простір подається у міжтрубне середовище через патрубок 10 який знаходиться в нижній частині теплообмінника.



- 1 – корпус; 2 – кожух; 3 – теплообмінні трубки; 4 – поперечні перегородки; 5 – трубні решітки; 6 – шов; 7 – перехідник; 8 – фланці;
9 – дистанційні втулки; 10 – патрубок підводу міжтрубного середовища;
11 – патрубок відводу міжтрубного середовища; 12 – колектор підводу трубного середовища; 13 – колектор відводу трубного середовища.

Рисунок 3.11 – Кожухотрубний теплообмінник

Проходячи через міжтрубний простір міжтрубне середовище змінює напрямок руху завдяки встановленим поперечним перегородкам 4. Проходячи через міжтрубний простір міжтрубне середовище віддає енергію трубному середовищу яке протікає по теплообмінним трубам 3, після чого відпрацьоване трубне середовище через патрубок відводу міжтрубного середовища 11 видаляється з апарату.

Переваги апарата:

- 1) компактні габаритні розміри;
- 2) низька металоємність;
- 3) простота управління.

Недоліки апарата:

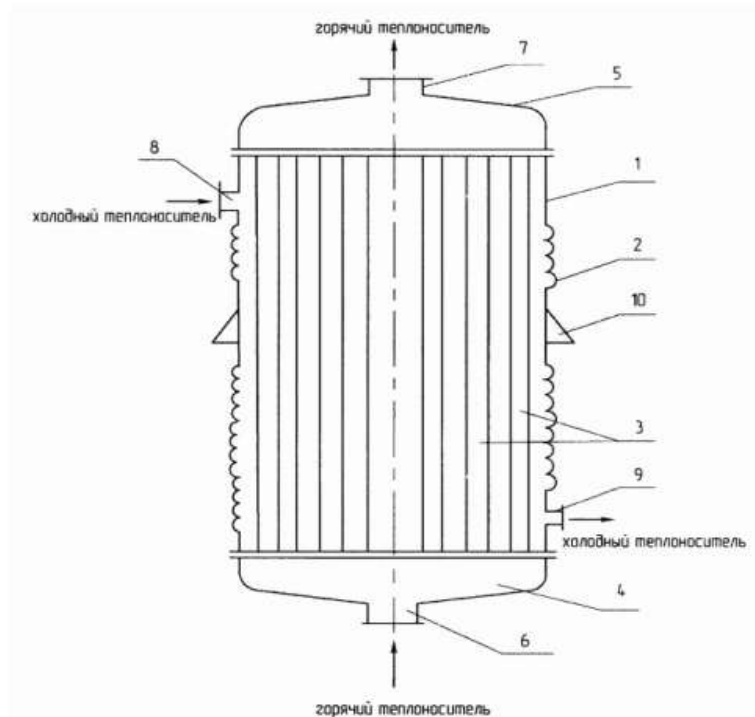
- 1) мала площа контакту;
- 2) мала продуктивність;
- 3) низька кількість стандартних деталей;
- 4) великий гідравлічний опір.

Кожухотрубний теплообмінник з м'яким кожухом [16].

Схема даного кожухотрубного теплообмінника з м'яким кожухом представлена на рисунку 3.12. 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 на кінцях якого розташовані радіально встановлені штуцера підводу та відведення теплоносія 8,9. Сам кожух виконаний із дюрітового шлангу. Дюрітовий шланг виготовлений гофрованим, а теплообмінні труби виготовлені із матеріалу який володіє ефектом пам'яті.

Переваги апарата:

- 1) можливість роботи з великими температурними перепадами;
- 2) велика продуктивність;



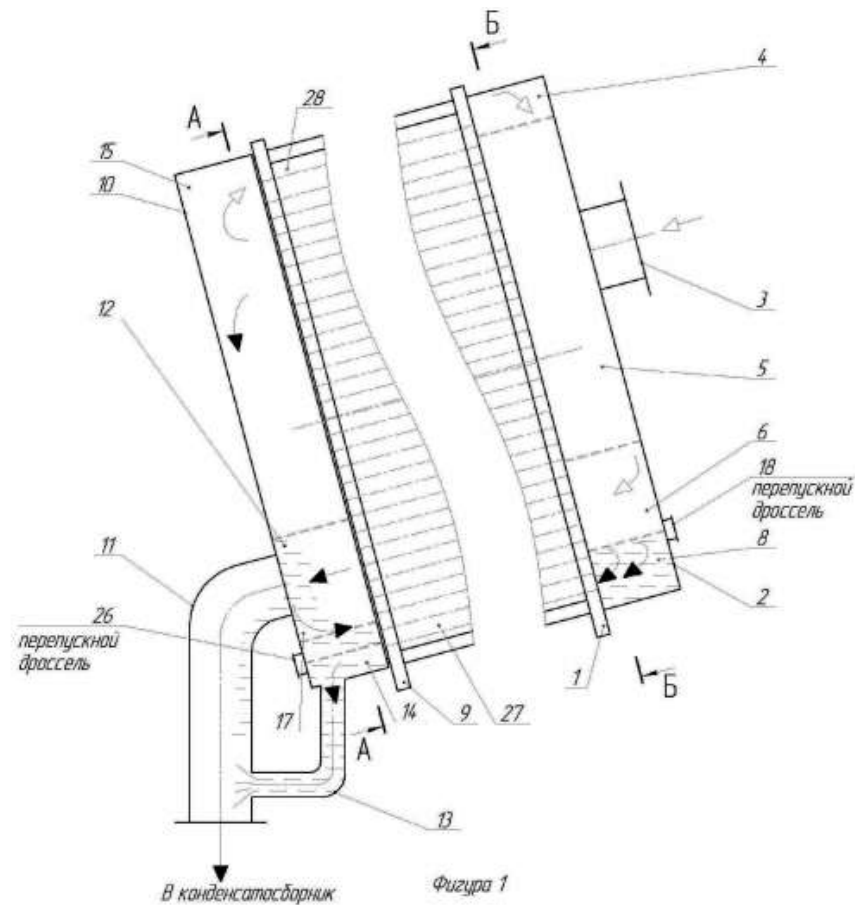
1 – кожух, 2 – гофра, 3 – теплообмінні труби, 4 – колектор підводу гарячого теплоносія, 5 – колектор відводу гарячого теплоносія, 6 – патрубок підводу гарячого теплоносія, 7 – патрубок відводу відпрацьованого теплоносія, 8 – штуцер подачі холодного теплоносія, 9 – штуцер відводу холодного теплоносія;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

Рисунок 3.12 – Кожухотрубний теплообмінник з м'яким кожухом

Недоліки апарата:

- 1) потреба в додаткових опорах;
- 2) низька міцність теплообмінника;
- 3) неможливість роботи під високим тиском.

Рамна мішалка [17] представлено на рисунку 3.13.



1 – корпус; 2 – днище; 3 – штуцер; 4,5,6,7,8,9,10 – камери; 11 – труба; 2
6,17,18 – дросель;

Рисунок 3.13 – Повітреохолоджуючий конденсатор

Повітреохолоджуючий конденсатор складається з циліндричного металевого корпусу 1, штуцерів, дроселів та труб. Технічно результатом пропонується конструкції повітреохолоджуючого конденсатору є збільшення продуктивності. Поставлений технічно логічний результат досягається тем, що рамка мішалки, складається з двох циліндричних втулок, до яких приварені радіальні лопаті, кожна з яких встановлена під кутом 45° до вертикальної осі.

Переваги:

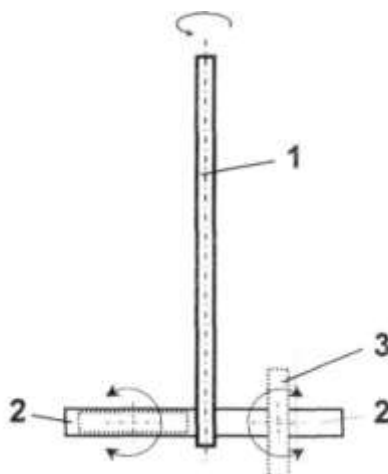
1) інтенсифікується процес теплообміну;

- 2) простота конструкції;
- 3) збільшується поверхня тепловіддачі внутрішньої поверхні труб.

Недоліки:

- 1) ускладнюється очищення апарату;
- 2) підвищується гідравлічний опір;
- 3) низька міцність теплообмінника;

На рисунку 3.14 зображено пристрій для перемішування рідин [18].



1 – вал, 2, 3 – лопаті

Рисунок 3.14 – Пристрій для перемішування рідин

Пристрій для перемішування рідин містить вал 1 із закріпленими на ньому лопатями 2, щонайменше на одній з яких шарнірно з можливістю повороту в її площині та фіксації в потрібному лопаті 3 бажано закріплювати на лопатях 2, симетрично розташованих відносно вала (що забезпечує врівноваженість пристрою, а отже й надійну його роботу).

Під час обертання вала 1 обертаються як основні лопаті 2, так і додаткові лопаті 3, що істотно інтенсифікує процес перемішування. Пропонована найрізноманітніших рідких середовищ. Корисна модель істотно підвищує ефективність. Недолік цього пристрою - неможливість регулювання впливу лопатей на гідродинаміку рідини, що звужує технологічні можливості пристрою.

Переваги:

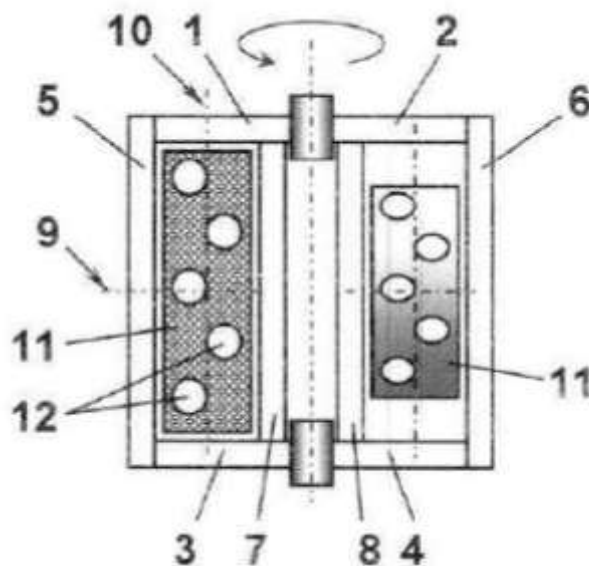
- 1) простота конструкції;
- 2) турбулізація гріючої пари в міжтрубному просторі;
- 3) рівномірне розподілення рідини по трубах при незначних витратах.

Недоліки:

- 1) значна металоємність конструкції;
- 2) низька швидкість стікання плівки конденсату.
- 3) низька міцність мішалки;

На рисунку 3.15 зображено вертикальний пристрій для перемішування рідин, який працює наступним чином[19]:

Мішалка для перемішування рідкого середовища містить сукупність розміщених попарно горизонтальних 1-4 і вертикальних 5-8 плоских лопатей, при цьому між сусідніми лопатями 1, 3, 5 і 7, а також лопатями 2, 4, 6 і 8 з можливістю повороту відносно горизонтальної осі 9 (Фіг. 1) та/або вертикальної осі 10 (Фіг. 2) та фіксації в потрібному положенні встановлено листовий елемент 11.



1,2,3,4,5,6,7,8 – лопаті; 9, 10 – горизонтальна вісь.

Рисунок 3.15 – Мішалка для перемішування рідкого середовища

Щонайменше один листовий елемент 11 повертають навколо горизонтальної осі 9 та/або вертикальної осі 10 і фіксують у потрібному положенні, після чого вмикають привод мішалки. Застосування пропонованої мішалки, нескладної у виготовленні та експлуатації, підвищує інтенсивність та ефективність процесу перемішування.

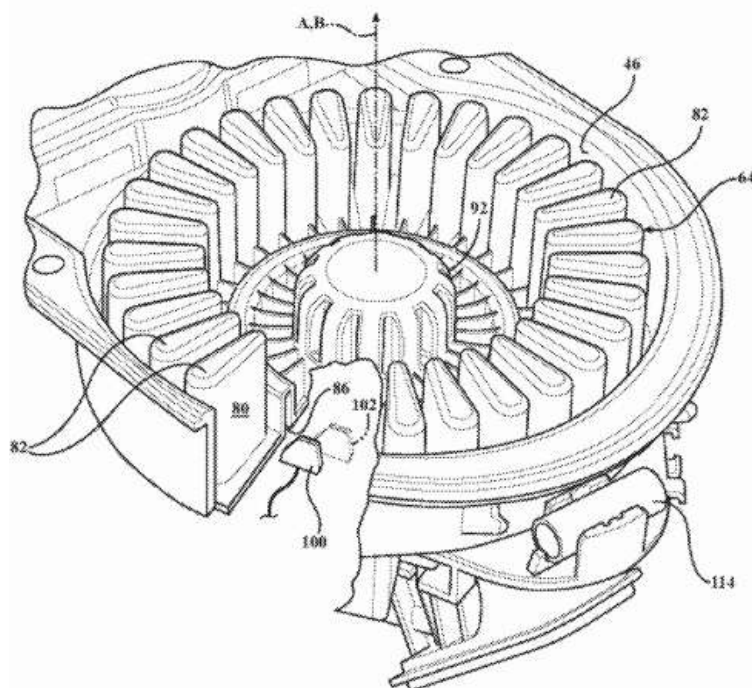
Переваги:

- 1) простота конструкції;
- 2) турбулізація гріючої пари в міжтрубному просторі;
- 3) рівномірне розподілення рідини по трубах при незначних витратах

Недоліки:

- 1) складність очищення апарату;
- 2) підвищується гідравлічний опір;
- 3) низька міцність теплообмінника;

На рисунку 3.16 зображено вертикальний дозатор для перемішування рідин, який працює наступним чином[20]:



46 – корпус; 64 – картридж; 80, 82, – камери.

Рисунок 3.16 – Дозатор для перемішування рідин

Дозатор, що індексується вручну, передбачений для дозування картриджа з харчовими добавками, що має безліч обслуговуючих камер, кожна запечатана мембраною для зберігання об'єму гранульованої живильної речовини, системи та способу.

Стінки 80 обертового стилю 80 для кожного відповідного отвору камери 78, покриті закритим кінцем 82. Сухий гранульований або порошкоподібний розміщений у кожній порційній камері. Наприклад автомобіль з добавками. Корпус рами 66 S в камерах 84 для подачі.

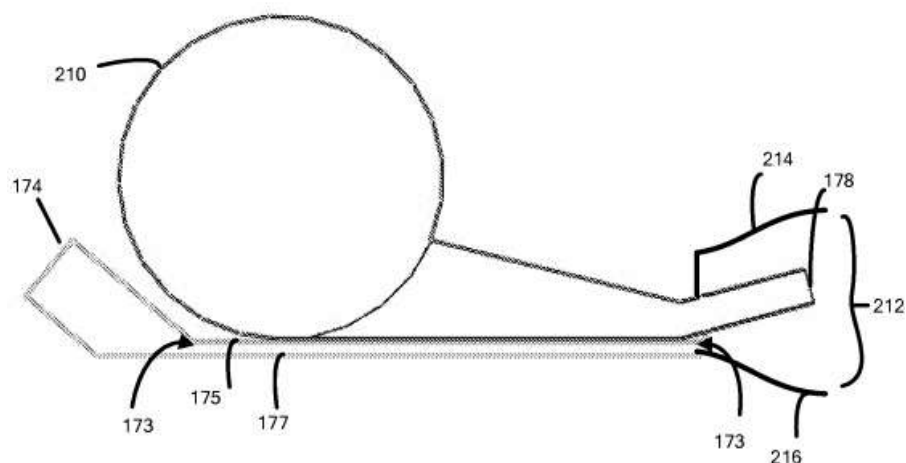
Переваги апарата:

- 1) можливість роботи з великими температурними перепадами;
- 2) велика продуктивність;
- 3) простота регулювання.

Недоліки апарата:

- 1) потреба в додаткових опорах;
- 2) низька міцність теплообмінника;
- 3) неможливість роботи під високим тиском.

На рисунку 3.17 зображено частина лопаті мішалки [21]:



173, 174, 175, 177, 178, 212, 214, 216 – лопать; 210 – осердя

Рисунок 3.17 – Частина лопаті мішалки

З кінця лопаті мішалки стікає потік рідини зі швидкістю, що дорівнює коловій швидкості руху мішалки, та під напором, що дорівнює утворюваному при русі динамічному тиску потоку.

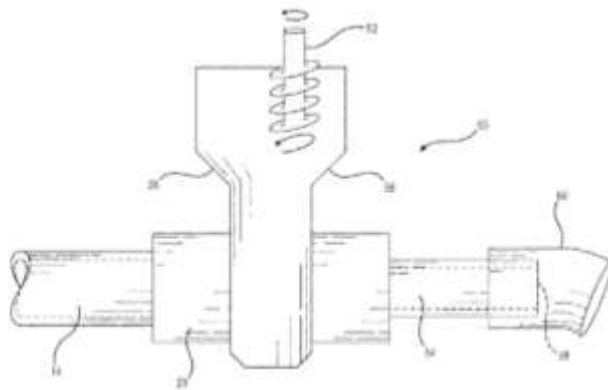
Переваги:

- 1) зменшена товщина плівки конденсату на пластинах, що сприяє процесу теплообміну;
- 2) незначні габарити апарату, при значній поверхні теплообміну;
- 3) не потребує значних затрат енергії;
- 4) низька металоємність.

Недоліки:

- 1) ускладнена герметизація;
- 2) довгий та дорогий ремонт, що потребує заміни ущільнюючих прокладок;
- 3) складність виготовлення пластин;
- 4) підвищений гідравлічний опір.

Ежекторна мішалка, [22] представлена на рисунку 3.18.



14, 54, 58– труба; 26, 56 – корпус; 26, 56 – корпус.

Рисунок 3.18 – Ежекторна мішалка

Вузол, що містить: джерело стисненого повітря, контейнер сухого сипучого матеріалу, з'єднана з текучої середовищі з джерелом стисненого повітря таким чином, що сипучий сухий матеріал затягується в проточний

канал стисненого повітря в міру проходження повітрям зазначеного контейнера; вихідний отвір на одному кінці зазначеного проточного каналу і джерело рідини, з'єднана з проточним каналом в з'єднанні, розташованому між вихідним отвором і контейнером. Система за п. 1, в якій вказане з'єднання є трийник, що задає кут менше 90° відносно поздовжньої осі проточного каналу, що проходить від джерела стиснутого повітря до вказаного вихідного отвору.

Джерело стислій рушійною текучого середовища на цьому вхідному кінці; контейнер будівельної суміші, з'єднана з текучої середовищі з проточним каналом і використовує ежектор; причому стисла рушійна текуче середовище зтягує будівельну суміш з контейнера в проточний канал для формування суспензії.

Переваги:

- 1) інтенсифікація теплообміну;
- 2) простота конструкції апарату;
- 3) Підвищення швидкості стікання плівки конденсату шляхом її розриву.

Недоліки:

- 1) збільшується гідравлічний опір;
- 2) ділянки розриву зменшують площу поверхні теплообміну.

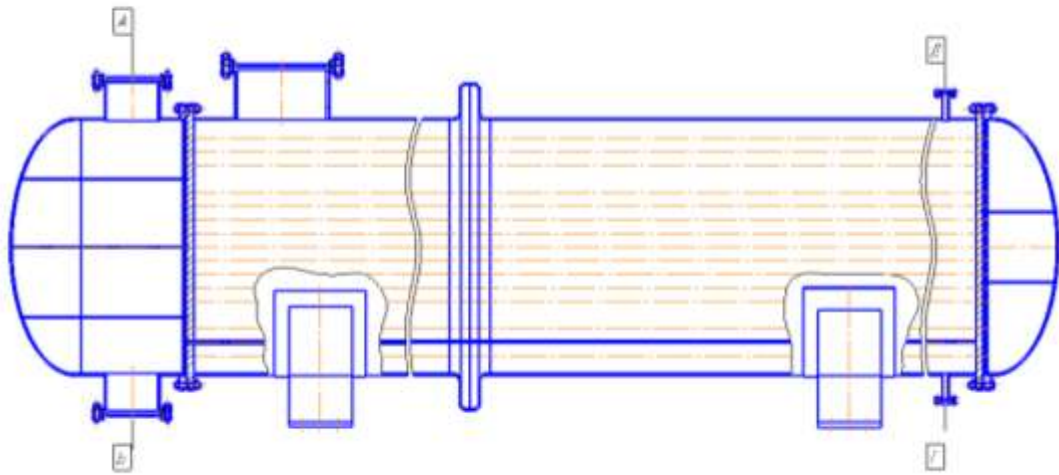
Висновок: в результаті патентного пошуку встановлено, що сучасні тенденції інтенсифікації теплообмінних процесів направлені на підвищення питомої поверхні теплообміну та/або на турбулізацію потоків. В запропонованій конструкції апарату не використовуються технічні рішення захищені правами інтелектуальної власності, а отже апарат є патентно чистим

4 Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкцій

4.1 Розрахунок дефлегматора

Мета розрахунку: визначити поверхню теплообміну дефлегматора та його основні геометричні розміри.

Розрахункову схему наведено на рисунку 4.1.



Рисунку 4.1 Розрахункова схема дефлегматора

Вихідні дані:

продуктивність гліцерину G_1 , кг/с	2,4;
температура конденсації парів води з гліцеином t_1 , ($^{\circ}\text{C}$)	372,894(99,894);
початкова температура води t_2 , К ($^{\circ}\text{C}$)	293,2 (20,05);
кінцева температура води t_3 , К ($^{\circ}\text{C}$)	348,2(75,05).

Розрахунок проводиться за методикою наведеною в [23 с. 65].

1. Температурні умови процесу, $^{\circ}\text{C}$:

$$\Delta t_H = t_1 - t_2 = 99,894 - 20,05 = 79,844.$$

$$\Delta t_K = t_1 - t_3 = 99,894 - 75,05 = 24,844.$$

Так як $\Delta t_H / \Delta t_K = 79,844 / 24,844 = 3,214 > 2$, Тоді середня рушійна різниця температур, розраховується як середньо логарифмічна, $^{\circ}\text{C}$:

$$\Delta t_{cp} = \frac{\Delta t_H - \Delta t_K}{\ln \frac{\Delta t_H}{\Delta t_K}} = \frac{79,844 - 24,844}{\ln \frac{79,844}{24,844}} = 47,111.$$

Схема руху теплоносіїв зображена на рисунку 4.2.

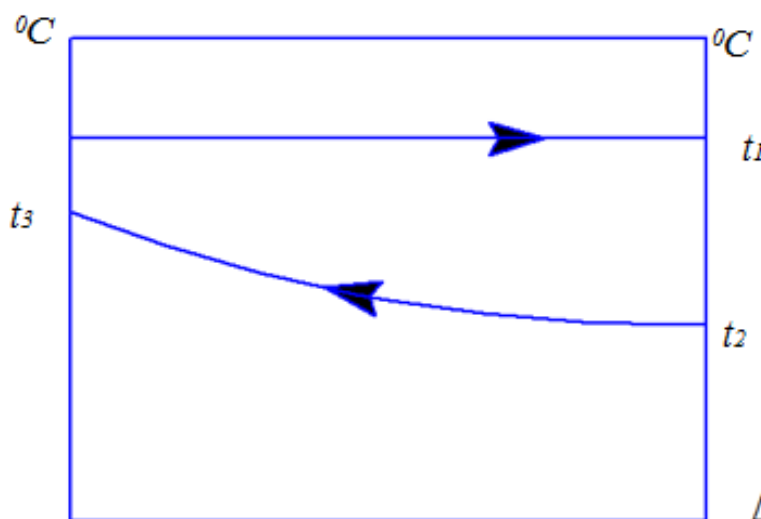


Рисунок 4.2 – Схема руху теплоносіїв

Середня температура води, $^{\circ}\text{C}$:

$$t_{cp} = \frac{t_2 + t_3}{2} = \frac{20,05 + 75,05}{2} = 47,55.$$

Рівняння теплового балансу апарату:

$$G_1 \cdot r_1 = G_1 \cdot c_1 (t_3 - t_2).$$

Теплове навантаження, Вт:

$$Q_1 = G_1 \cdot r_1 \cdot 10^3 = 2,4 \cdot 2263 \cdot 10^3 = 5431000,$$

де $r_1 = 2,263$ – питома теплота випаровування розчину гліцерину, кДж/(кг·К); $G_1 = 2,4$ – масова витрата розчину гліцерину, кг/с.

Звідки масова витрата води, кг/с:

$$G_2 = \frac{Q_1}{C_2(t_3 - t_2)} = \frac{5431000}{4179 \cdot (75,05 - 20,05)} = 23,63,$$

де $c_2 = 4,179$ – теплоємність води, кДж/(кг·К) при тиску 0,1 МПа та $t_{cp} = 47,55$.

Об'ємні витрати води, м³/с:

$$V_2 = \frac{G_2}{\rho_2} = \frac{23,63}{988} = 23,91 \cdot 10^{-3}.$$

Приймаємо орієнтоване значення коефіцієнта теплопередачі для теплообмінних апаратів типу «пара-рідина», Вт/м²·К:

$$K_{op} = 500.$$

Орієнтована поверхня теплообміну, м²:

$$F_{op} = \frac{Q_1}{K_{op} \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{5431000}{500 \cdot 47,11} = 230,56.$$

Орієнтована довжина труб, м:

$$Ln = \frac{F_{op}}{\pi d} = \frac{230,56}{3,14 \cdot 0,025} = 2937.$$

Попередньо приймаємо шести ходовий теплообмінний апарат діаметром 1000 мм, довжина труб якого 4 м, а поверхня теплообміну 202 м².

Розрахуємо, яка кількість трубок діаметром 25x2 мм, знадобиться на один хід в трубному просторі при турбулентному режимі руху. Приймаємо $Re = 15000$: Кількість трубок на один хід, шт:

$$n_{один\ ход} = \frac{G_2}{Re \cdot 0,785 \cdot \mu_2 \cdot d_1} = \frac{23,63}{15000 \cdot 0,785 \cdot 0,6 \cdot 10^{-3} \cdot 0,021} = 161.$$

де $\mu_2 = 0,6 \cdot 10^{-3}$ (н·сек/м²) – в'язкість води при температурі t_{cp} .

Швидкість води з фізичних властивостей критерію Рейнольдса, м/с:

$$w = \frac{G_2}{0,785 \cdot d_1^2 \cdot n_{один\ ход} \cdot \rho_2} = \frac{23,63}{0,785 \cdot 0,021^2 \cdot 161 \cdot 988} = 0,429.$$

Уточнюємо критерій Рейнольдса:

$$Re_2 = \frac{w \cdot d \cdot \rho}{\mu} = \frac{0,429 \cdot 0,021 \cdot 988}{0,6 \cdot 10^{-3}} = 14834.$$

Коефіцієнт тепловіддачі з боку охолоджуючої води Критерій Нусельта в трубному просторі становить:

$$\begin{aligned} Nu &= 0,021 \cdot Re_2^{0,8} \cdot Pr_1^{0,36} \cdot \left(\frac{Pr_1}{Pr_{cm}} \right)^{0,25} = \\ &= 0,021 \cdot 14834^{0,8} \cdot 0,99^{0,36} \cdot \left(\frac{0,99}{1,1} \right)^{0,25} = 44. \end{aligned}$$

де $Pr_1 = 0,99$ – критерій Прандтля гліцерину при температурі t_{cp} .

Скориставшись поправкою Міхеєва, маємо:

$$Pr_{cm} = \frac{Pr_1}{0,9} = 1,1.$$

Коефіцієнт тепловіддачі в трубному просторі, Вт·м²/К:

$$\alpha_2 = \frac{\lambda_1 \cdot Nu}{d_1} = \frac{2,103 \cdot 44}{0,021} = 4406.$$

де $\lambda_1 = 2,103 \left(\frac{Вт}{м \cdot К} \right)$, - коефіцієнт теплопровідності води при середній температурі води.

Визначення коефіцієнта тепловіддачі з боку суміші води з гліцерином, що конденсується, Вт·м²/К:

$$\alpha_1 = 3,78 \cdot \lambda \cdot 4 \sqrt{\frac{\rho^2 \cdot Ln}{\mu \cdot G_1}} = 3,78 \cdot 0,635 \cdot 4 \sqrt{\frac{989,5^2 \cdot 2937}{653,3 \cdot 10^{-6} \cdot 2,4}} = 2793.$$

де λ, ρ потрібно брати при температурі плівки конденсату, Вт·м²/С⁰

$$t_{пл} = \frac{t_{cp} + t_k}{2} = \frac{67,161 + 99,894}{2} = 83,527.$$

6. Опір стінки та забруднень, м·К/Вт:

$$r_{cm} = \frac{1}{r_1} + \frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}} + \frac{1}{r_2} = \frac{1}{5800} + \frac{0,002}{46,5} + \frac{1}{2000} = 0,7154 \cdot 10^{-4}.$$

Приймаємо термічний опір стінки зі сторони гліцерину та води однаковий, що становить $1/5800$ Вт/(м К), тоді термічний опір забруднень:

де $\lambda_{ct} = 46,5$ Вт/(м·К) – коефіцієнт теплопровідності сталюї стінки;

$\delta_{cm} = 0,002$ м - товщина стінки труби;

r_1, r_2 - прийнятий опір забруднень з боку гліцерину та води, м·К/Вт.

Коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м²·К):

$$K = \frac{1}{r_{cm} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{1}{\alpha_1}} = \frac{1}{0,7154 \cdot 10^{-3} + \frac{1}{4406} + \frac{1}{2793}} = 769.$$

Площа поверхні теплообміну, м²:

$$F_1 = \frac{Q_1}{K \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{5431000}{769 \cdot 47,111} = 150.$$

Знайдемо довжину труб теплообмінника, м:

$$Ln = \frac{F_1}{d_1 \cdot \pi} = \frac{150}{0,025 \cdot 3,14} = 1910.$$

Кількість труб в одному ході – 161 шт.

Визначення питомого теплового навантаження

Для визначення коефіцієнту тепловіддачі на зовнішній поверхні труби (процес кипіння) використаємо програму EXEL та наступний алгоритм:

Питомий тепловий потік через внутрішню поверхню каналу теплообмінника, Вт/м :

$$q_{конд} = K \cdot \Delta t_{cp} = 769 \cdot 47,11 = 36227.$$

Той самий питомий потік тепла через стінку каналу теплообмінника та забруднення на його поверхні. Температура на внутрішній поверхні стінок труб, °С:

$$t_{cm2} = \Delta t_{cp} + \frac{q_{конд}}{\alpha_2} = 47,11 + \frac{36227}{4406} = 55,33 .$$

Температура на внутрішній поверхні стінок труб, °С:

$$t_{cm1} = t_{cm2} + \frac{q_{конд} \cdot \delta_{cm}}{\lambda_{cm}} = 55,33 + \frac{36227 \cdot 0,002}{46,5} = 56,88 .$$

Температурний перепад на стінці труб, °С:

$$\Delta t = t_{cm1} - t_{cm2} = 56,88 - 55,33 = 1,55 .$$

Перевірка

$$\frac{[t_{cm1} - t_{cm2}]}{t_{cm1}} \cdot 100\% = \frac{[56,88 - 55,33]}{56,88} \cdot 100\% = 2,7 \leq 3,$$

$$F = \frac{|F_{об} - F_H|}{F_{об}} \cdot 100\% = \frac{|202 - 150|}{202} \cdot 100\% = 25\% \geq [20\%] .$$

Друга ітерація.

Питомий тепловий потік через внутрішню поверхню каналу теплообмінника, Вт/м²:

$$q_{конд} = K \cdot t_{cm2} = 769 \cdot 55,33 = 42549 .$$

Визначення коефіцієнта тепловіддачі з боку суміші води з гліцерином, що конденсується, Вт·м²/К:

$$\alpha_1 = 3,78 \cdot \lambda \cdot 4 \sqrt{\frac{\rho^2 \cdot Ln}{\mu \cdot G_1}} = 3,78 \cdot 0,68 \cdot 4 \sqrt{\frac{988^2 \cdot 1910}{652 \cdot 10^{-6} \cdot 2,4}} = 2990 .$$

де λ , ρ , μ потрібно брати при температурі плівки конденсату, Вт·м²/К:

$$K = \frac{1}{r_{cm} + \frac{1}{\alpha_2} + \frac{1}{\alpha_1}} = \frac{1}{0,975 \cdot 10^{-3} + \frac{1}{4406} + \frac{1}{2990}} = 651 .$$

$$F_1 = \frac{Q_1}{K \cdot \Delta t_{cp}} = \frac{5431000}{651 \cdot 55,33} = 151 .$$

$$F = \frac{|F_C - F_H|}{F_C} \cdot 100\% = \frac{|150 - 151|}{150} \cdot 100\% = 0,66\% \leq [5\%].$$

За [23] обираємо шести ходовий теплообмінний апарат діаметром 1000 мм, довжина труб якого 4м, а поверхня теплообміну 202м .

Запас по площі теплообміну становить:

$$F = \frac{|F_{cm} - F_H|}{F_{cm}} \cdot 100\% = \frac{|202 - 151|}{202} \cdot 100\% = 25\% \geq [20\%].$$

Висновок: обрано конструкцію теплообмінника, запас по площі теплообміну становить 25%. Зважаючи на великий запас площі теплообміну частина труб може бути частково заглушеною.

4.2 Розрахунок діаметра штуцерів

Метою розрахунку є вибір стандартних штуцерів за тиском і умовним діаметром, що далі визначається.

Розрахункова схема штуцера наведена на рисунку 4.2

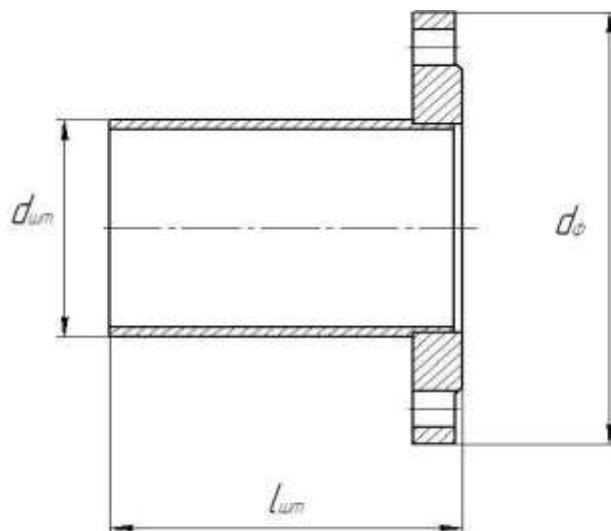


Рисунок 4.3–Розрахункова схема штуцера

Вихідні данні:

масова витрата пари $G_{пари}$, кг/с	2,4;
масова витрата води $G_{води}$, кг/с	23,63;
рекомендована швидкість для пари $W_{пари}$, м/с	15;
рекомендована швидкість для води $W_{води}$, м/с	1;
рекомендована швидкість для конденсату $W_{конденсату}$, м/с	0,5
густина пари $\rho_{пари}$, кг/м ³	1,5;
густина води, $\rho_{води}$, кг/м ³	998.

Розрахунок здійснюємо за методикою, викладеною в [24].

Розраховуємо діаметр штуцера для входу і виходу парів води. Всі фізичні властивості відповідно вибираємо для парів води при середній температурі.

Розраховуємо діаметр штуцера для пари:

$$d_{шт} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{пари}}{\rho_{пари} \cdot \pi \cdot W_{пари}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,4}{1,5 \cdot 3,14 \cdot 15}} = 368 \text{ мм.}$$

Приймаємо діаметр 350 мм.

Розраховуємо діаметр штуцера для конденсату:

$$d_{шт} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{пари}}{\rho_{води} \cdot \pi \cdot W_{конденсату}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,4}{998 \cdot 3,14 \cdot 0,5}} = 80 \text{ мм.}$$

Приймаємо діаметр 100 мм

Розраховуємо діаметр штуцера для води:

$$d_{шт} = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{води}}{\rho_{води} \cdot \pi \cdot W_{води}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 23,63}{998 \cdot 3,14 \cdot 1}} = 174 \text{ мм.}$$

Приймаємо діаметр 200 мм

Приймаємо стандартний штуцер (для входу пари) за [25]:

умовний діаметр, D_y , м	0,350;
зовнішній діаметр патрубку, d_T , м	0,362;
товщина стінки патрубку, S_T , м	0,006.
висота штуцера, H_T , м.	0,155.

Приймаємо стандартний штуцер (для входу і виходу води) за [25]:

умовний діаметр, D_y , м	0,2;
зовнішній діаметр патрубку, d_T , м	0,208;
товщина стінки патрубку, S_T , м	0,004;
висота штуцера, H_T , м	0,155.

Приймаємо стандартний штуцер (для виходу конденсату) за [25]:

умовний діаметр, D_y , м	0,1;
зовнішній діаметр патрубку, d_T , м	0,106;
товщина стінки патрубку, S_T , м	0,003;
висота штуцера, H_T , м	0,155.

Висновок: розраховано та обрано штуцера для подачі грітої пари та води до дефлегматора.

4.3 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 4.7. Розрахунок здійснюємо за методикою, викладеною в [24].

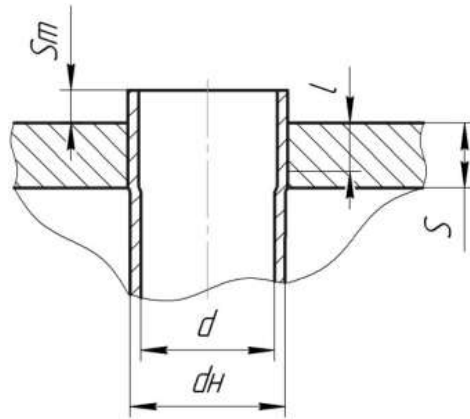


Рисунок 4.4– Схема кріплення труб до трубної решітки

Вихідні дані:

діаметр камери D_K , м	1,0;
товщина стінки корпусу S_K , м	0,008;
труби $d_H \times S$, мм	25×2;
кількість трубок n , шт	666;
крок труб t , мм	31,0;
довжина труб L , м	4,0;
матеріал трубної решітки [14]	12X18H10T;
розрахунковий тиск теплоносія води P_t , МПа	0,2;
розрахунковий тиск у міжтрубному просторі P_m , Мпа	0,1.

Розрахунок ведеться згідно методики [24].

Вибираємо тип закріплення труб в трубній решітці – вальцювання без канавок, оскільки тиск в апараті менше 0,6 МПа.

Загальний переріз розподільчої камери, m^2 :

$$F = \frac{\pi D_K^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 1^2}{4} = 0,785.$$

Загальний поперечний перетин труб, m^2 :

$$F_0 = \frac{\pi d_H^2}{4} \cdot n = 3,14 \cdot \frac{0,025^2}{4} \cdot 666 = 0,249.$$

Коефіцієнт ослаблення решітки отворами:

$$\varphi_0 = \frac{F - F_0}{F} = \frac{0,785 - 0,249}{0,785} = 0,683.$$

Розрахункова товщина трубної решітки:

$$s_{Rp} = 0,5 D_K \sqrt{\frac{|p_T - p_M|}{[\sigma]_p \cdot \varphi_0}} = 0,5 \cdot 1 \cdot \sqrt{\frac{0,2 - 0,1}{134,9 \cdot 0,683}} = 0,0312 \text{ м} = 31,2 \text{ мм},$$

де $[\sigma]_p$ - допустиме напруження решітки (як і для труб), $[\sigma]_p = 134,9$ МПа.

Виконавча товщина трубної решітки, мм:

$$s_R = s_{Rp} + c = 31,2 + 2 = 33,2.$$

З конструктивних міркувань приймаємо товщину трубної решітки $s_R = 35$ мм.

Зусилля, які виникають у місці кріплення труб, Н

$$Q_{T1} = \frac{\max\{Q'_T; Q''_T\}}{n} = \frac{4,293 \cdot 10^6}{666} = 5979.$$

Перевірка міцності з'єднання труб, Н:

$$Q_{T1} \leq [q] \cdot l \cdot d_n,$$

$$Q_{T1} = 5979 \text{ Н} \leq 14,7 \cdot 10^6 \cdot 0,033 \cdot 0,025 = 12128,$$

де l - глибина вальцювання, $l = 0,033$ м;

$[q]$ - питоме допустиме зусилля, яке забезпечує міцність кріплення

$[q] = 14,7$ МПа.

Висновок: умова міцності кріплення труб виконується; товщина трубної решітки розрахована правильно, і дорівнює 35 мм.

4.4 Розрахунок стійкості циліндричної обичайки під дією опорних навантажень

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

Схема спирання та розрахункова схема зображені на рисунках 4.5 та 4.6.

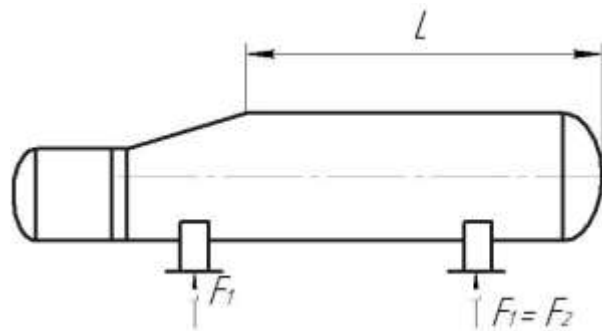


Рисунок 4.5– Схема спирання посудини на сідлові опори

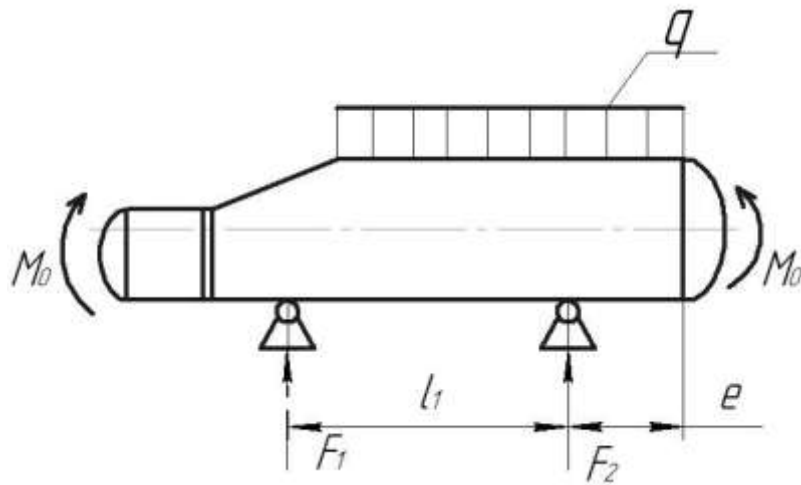


Рисунок 4.6– Основна розрахункова схема для визначення опорних зусиль

Вихідні дані:

число опор n , шт.	2;
внутрішній надлишковий тиск p , МПа	0,1;
внутрішній діаметр апарата D , м	1;
товщина стінки апарата s , м	0,008;

додаток до розрахункової товщини s , м	0,001;
довжина циліндричної частини корпусу L , м	4,0;
відстань від краю циліндр. частини до осі крайньої опори a , м	0,7;
відстань між опорами $l_1=l_2$, м	2,4;
кут обхоплення обичайки опорним листом δ , °	120,0;
ширина опорного листа b , м	0,25;
матеріал корпусу апарата	12X18H10T;
розрахункова температура циліндричної обичайки t_R , °C	130,0;
допустиме напруження матеріалу апарата $[\sigma]$, МПа	171,6;
модуль пружності E , МПа	$1,996 \cdot 10^5$;
вага заповненого середовищем апарата G , МН	0,117;
коефіцієнт запасу міцності по межі текучості n_T	1,5;
коефіцієнт запасу стійкості n_c	2,4;
коефіцієнт міцності зварного шва φ	0,9;
відстань від опори до найближчого зварного шва f , м	0,11.

Розрахунок ведеться згідно методики [24].

Навантаження на дефлегматор.

Розподільче навантаження за довжиною апарата, $\frac{\text{МН}}{\text{м}}$:

$$q = \frac{G}{L + \frac{4}{3}H} = \frac{0,117}{2,4 + \frac{4}{3} \cdot 0,25} = 0,03,$$

де $H=D/4=0,25$ м – висота опуклої частини еліптичного днища

Зосереджений момент, МН·м:

$$M_0 = \frac{q \cdot D^2}{4} = \frac{0,03 \cdot 1}{4} = 0,0075.$$

Коефіцієнт:

$$\psi_1 = \psi_2 = 1.$$

Довжина вільно виступаючої частини еквівалентної посудини, м:

$$e = a + \frac{2}{3}H = 0,7 + \frac{2}{3} \cdot 0,25 = 0,933.$$

Опорне зусилля, МН:

$$F_i = F_1 = F_2 = \frac{\psi \cdot G}{n} = \frac{1 \cdot 0,117}{2} = 0,0585.$$

Вибираємо опору типу 2 виконання I з допустимими навантаженнями на одну опору $Q = 80 \dots 250$ кН.

Вигинаючий момент над i – тою опорою, МН·м:

$$M_1 = M_2 = \frac{q \cdot e^2}{2} - M_0 = \frac{0,03 \cdot 0,933^2}{2} - 0,0075 = -0,0014.$$

Максимальний вигинаючий момент між опорами, МН·м:

$$\begin{aligned} M_{12} &= M_0 + F_1 \left(\frac{L}{2} - a \right) - \frac{q}{2} \left(\frac{L}{2} + \frac{2}{3}H \right)^2 = \\ &= 0,0075 + 0,0585 \cdot \left(\frac{4}{2} - 0,7 \right) - \frac{0,03}{2} \left(\frac{4}{2} + \frac{2}{3} \cdot 0,25 \right)^{0,2} = 0,00648. \end{aligned}$$

Поперечне зусилля в перерізі обичайки над i – тою опорою, МН:

$$Q_1 = Q_2 = \frac{L - 2a}{4} \cdot F = \frac{2,4 - 2 \cdot 0,7}{4} \cdot 0,045 = 0,013.$$

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

Умови застосування формул і коефіцієнт міцності зварного шва:

$$60^\circ \leq \delta \leq 180^\circ,$$

$$f_1 \leq \sqrt{D(s-c)} = \sqrt{1 \cdot (0,008 - 0,001)} = 0,099 < f = 0,11.$$

Параметри системи.

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

$$\gamma = 2,83 \frac{a}{D} \sqrt{\frac{s-c}{D}} = 2,83 \cdot \frac{0,7}{1} \cdot \sqrt{\frac{0,008 - 0,001}{1}} = 0,1.$$

Параметр, що визначається шириною поясу сідлових опор:

$$\beta = 0,91 \frac{b}{\sqrt{D(s-c)}} = 0,091 \cdot \frac{0,25}{\sqrt{1 \cdot (0,008 - 0,001)}} = 2,52.$$

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

$$\bar{\sigma}_{mx} = \frac{4M_1}{\pi D^2(s-c)} = \frac{4 \cdot (-0,0016)}{3,14 \cdot 1^2 \cdot (0,008 - 0,001)} = -0,149.$$

Розрахункова довжина циліндричної обичайки, м:

$$l = L + \frac{2}{3}H = 2,4 + \frac{2}{3} \cdot 0,25 = 3,783.$$

Допустимий вигинаючий момент за умовою міцності циліндричної обичайки, МН·м:

$$\begin{aligned} [M]_{\text{М}} &= \frac{\pi}{4} D(D+s-c)(s-c)[\sigma] = \\ &= \frac{3,14}{4} \cdot 1 \cdot (1 + 0,008 - 0,001) \cdot (0,008 - 0,001) \cdot 171,6 = 1,857. \end{aligned}$$

Допустимий вигинаючий момент за умовою стійкості в межах пружності циліндричної обичайки, МН·м:

$$\begin{aligned} [M]_{\text{Е}} &= \frac{89 \cdot 10^{-6} \cdot E}{n_c} D^3 \left[\frac{100(s-c)}{D} \right]^{2,5} = \\ &= \frac{89 \cdot 10^{-6} \cdot 1,996 \cdot 10^5}{2,4} \cdot 1^3 \cdot \left[\frac{100(0,008 - 0,001)}{1} \right]^{2,5} = 3,59. \end{aligned}$$

Допустимий вигинаючий момент для циліндричної обичайки, МН·м:

$$[M] = \frac{[M]_{\text{М}}}{\sqrt{1 + \left(\frac{[M]_{\text{М}}}{[M]_{\text{Е}}} \right)^2}} = \frac{1,857}{\sqrt{1 + \left(\frac{1,857}{3,59} \right)^2}} = 1,65.$$

Допустиме стискуюче зусилля за умовою міцності циліндричної обичайки, Н:

$$[F]_{\text{М}} = \pi(D+s-c)(s-c)[\sigma] =$$

$$= 3,14 \cdot (1 + 0,008 - 0,001)(0,008 - 0,001) \cdot 171,6 = 5,307.$$

Допустиме осьове стискуюче зусилля за умовою стійкості в межах пружності циліндричної обичайки, Н:

$$\begin{aligned} [F]_{\text{E}} &= \frac{310 \cdot 10^{-6} \cdot E}{n_c} D^2 \left[\frac{100(s-c)}{D} \right]^{2,5} = \\ &= \frac{310 \cdot 10^{-6} \cdot 1,996 \cdot 10^5}{2,4} \cdot 1^2 \cdot \left[\frac{100(0,008 - 0,001)}{1} \right]^{2,5} = 8,933. \end{aligned}$$

Допустиме осьове стискуюче зусилля для циліндричної обичайки, Н:

$$[F] = \frac{[F]_{\text{M}}}{\sqrt{1 + \left(\frac{[F]_{\text{M}}}{[F]_{\text{E}}} \right)^2}} = \frac{5,307}{\sqrt{1 + \left(\frac{5,307}{8,933} \right)^2}} = 4,562.$$

Допустиме поперечне зусилля за умовою міцності циліндричної обичайки, Н:

$$[Q]_{\text{M}} = 0,25\pi D(s-c)[\sigma] = 0,25 \cdot 3,14 \cdot 1 \cdot (0,008 - 0,001) \cdot 171,6 = 1,132.$$

Допустиме поперечне зусилля за умовою стійкості в межах пружності циліндричної обичайки, Н:

$$\begin{aligned} [Q]_{\text{E}} &= \frac{2,4 \cdot E \cdot (s-c)^2}{n_c} \left[0,18 + 3,3 \frac{D(s-c)}{l^2} \right] = \\ &= \frac{2,4 \cdot 1,996 \cdot 10^5 \cdot (0,008 - 0,001)}{2,4} \left[0,18 + 3,3 \frac{1 \cdot (0,008 - 0,001)}{2,4^2} \right] = 1,801. \end{aligned}$$

Допустиме поперечне зусилля для циліндричної обичайки, Н:

$$[Q] = \frac{[Q]_{\text{M}}}{\sqrt{1 + \left(\frac{[Q]_{\text{M}}}{[Q]_{\text{E}}} \right)^2}} = \frac{1,132}{\sqrt{1 + \left(\frac{1,132}{1,801} \right)^2}} = 1,065.$$

Коефіцієнт, що враховує часткове заповнення апарата рідиною:

$$K_o = \max(f(u,z); 1) = 1.$$

Коефіцієнти, що враховують вплив ширини поясу опори:

$$K_{10} = \max\left(\frac{e^{-\beta} \cdot \sin \beta}{\beta}; 0,25\right) = \max\left\{\frac{e^{-2,52} \sin 2,52}{2,52}; 0,25\right\} = 0,25,$$

$$K_{11} = \frac{1 - e^{-\beta} \sin \beta}{\beta} = \frac{1 - e^{-2,252} \sin 2,52}{2,52} = 0,423.$$

Коефіцієнти, що враховують вплив кута охоплення:

$$K_{12} = \frac{1,15 - 0,1432\delta}{\sin 0,5\delta} = \frac{1,15 - 0,143 \cdot 2,09}{\sin(0,5 \cdot 2,09)} = 0,984,$$

$$K_{13} = \frac{\max\left(1,7 - \frac{2,1\delta}{\pi}; 0\right)}{\sin 0,5\delta} = \frac{\max\left\{1,7 - \frac{2,1 \cdot 2,09}{\pi}; 0\right\}}{\sin(0,5 \cdot 2,09)} = 0,349,$$

$$K_{14} = \frac{1,45 - 0,43\delta}{\sin 0,5\delta} = \frac{1,45 - 0,43 \cdot 2,09}{\sin 0,5 \cdot 2,09} = 0,637.$$

Коефіцієнти, що враховують відстань від осі до днища:

$$K_{15} = \min\left(1,0; \frac{0,8\sqrt{\gamma} + 6\gamma}{\delta}\right) = \min\left\{1,0; \frac{0,8\sqrt{0,577} + 6 \cdot 0,577}{2,09}\right\} = 1,$$

$$K_{16} = 1 - \frac{0,65}{1 + (6\gamma)^2} \sqrt{\frac{\pi}{3\delta}} = 1 - \frac{0,65}{1 + (6\gamma)^2} \sqrt{\frac{\pi}{3 \cdot 2,09}} = 0,965.$$

Коефіцієнти, що враховують геометричні розміри обичайки:

$$K_{17} = \frac{1}{1 + 0,6\sqrt[3]{\frac{D}{s-c}} \cdot \frac{b}{D} \cdot \delta} = \frac{1}{1 + 0,6 \cdot \sqrt[3]{\frac{1}{0,008 - 0,001}} \cdot \frac{0,25}{1} \cdot 2,09} = 0,284,$$

$$K_{19} = \frac{5}{6\sqrt[3]{\frac{D}{s-c}} \cdot \delta} = \frac{5}{6 \cdot 3 \sqrt[3]{\frac{1}{0,008 - 0,0001}} \cdot 2,09} = 0,068.$$

Перевірка несучої спроможності обичайки в перерізі між опорами.

Умова міцності обичайки апарата, що навантажений внутрішнім надлишковим тиском МПа:

$$\frac{pD}{4(s-c)} + \frac{4M_{12}K_9}{\pi D^2(s-c)} \leq [\sigma] \cdot \varphi.$$

$$\frac{pD}{4(S-C)} + \frac{4M_{12}K_9}{\pi D^2(S-C)} = \frac{0,2 \cdot 1}{4(0,008-0,001)} + \frac{4 \cdot 6,483 \cdot 10^{-3} \cdot 1}{3,14 \cdot 1^2 \cdot (0,008-0,001)} = 14,5$$

$$\varphi[\sigma] = 1 \cdot 171,6 = 171,6 \text{ МПа.}$$

Перевіряємо умову міцності:

$$14,5 \text{ МПа} < 171,6 \text{ МПа.}$$

Умова міцності виконується.

Умова стійкості обичайки апарата, який навантажено внутрішнім надлишковим тиском:

$$\frac{M_{12}}{[M]} = \frac{0,006483}{1,65} = 0,00393 < 1.$$

Умова стійкості виконується.

Перевірка несучої спроможності (міцності та стійкості) опорних вузлів, не підкріплених кільцями жорсткості та підкладними листами.

Коефіцієнт $K_2=1$ для робочих умов.

Коефіцієнти, що враховують ступінь навантаження загальними мембранними напруженнями:

- у точці 2

$$v_{21}^{(2)} = -\bar{\sigma}_{mx} \cdot \frac{K_2}{n_T \cdot [\sigma]} = -(-0,149) \cdot \frac{1}{1,5 \cdot 171} = 5,794 \cdot 10^{-4},$$

$$v_{22}^{(2)} = \left(\frac{pD}{4(s-c)} - \bar{\sigma}_{mx} \right) \frac{K_2}{n_T \cdot [\sigma]} = \left(\frac{0,2 \cdot 1}{4(0,008-0,001)} - (-0,149) \right) \frac{1}{1,5 \cdot 171,6} = 0,055.$$

- у точці 3

$$v_{21}^{(3)} = 0.$$

$$v_{22}^{(3)} = \frac{pD}{2(s-c)} \frac{K_2}{n_T \cdot [\sigma]} = \frac{0,2 \cdot 1}{2(0,008 - 0,001)} \cdot \frac{1}{1,5 \cdot 171,6} = 0,108.$$

Коефіцієнти, що відображають відношення мембранних напружень до місцевих напружень вигину:

- у точці 2

$$v_{11}^{(2)} = \frac{0,23 K_{13} K_{15}}{K_{12} K_{10}} = \frac{0,23 \cdot 0,349 \cdot 1}{0,984 \cdot 0,019} = 4,395,$$

$$v_{12}^{(2)} = \frac{0,23 K_{13} K_{15}}{K_{12} K_{10}} = \frac{0,23 \cdot 0,349 \cdot 1}{0,984 \cdot 0,019} = 4,395.$$

- у точці 3

$$v_{11}^{(3)} = -\frac{0,53 K_{11}}{K_{14} K_{16} K_{17} \sin 0,5\delta} = -\frac{0,23 \cdot 0,423}{0,637 \cdot 0,965 \cdot 0,284 \cdot \sin(0,5 \cdot 2,09)} = -148,584,$$

$$v_{12}^{(3)} = -\frac{0,53 K_{11}}{K_{14} K_{16} K_{17} \sin 0,5\delta} = -\frac{0,23 \cdot 0,423}{0,637 \cdot 0,965 \cdot 0,284 \cdot \sin(0,5 \cdot 2,09)} = -148,584.$$

Коефіцієнт K_1 :

- у точці 2

$$K_{11}^{(2)} = \frac{1 + 3v_{11}^{(2)} \cdot v_{21}^{(2)}}{3(v_{11}^{(2)})^2} \left(\pm \sqrt{\frac{9(v_{11}^{(2)})^2 [1 - (v_{21}^{(2)})^2]}{[1 + 3v_{11}^{(2)} \cdot v_{21}^{(2)}]^2} + 1} - 1 \right) =$$

$$= \frac{1 + 3 \cdot 4,395 \cdot 0,000579}{3 \cdot 4,395^2} \left(\pm \sqrt{\frac{9 \cdot 4,395^2 \cdot [1 - 0,000579^2]}{[1 + 3 \cdot 4,395 \cdot 0,000579]^2} + 1} - 1 \right) = 0,211,$$

$$K_{12}^{(2)} = \frac{1+3v_{12}^{(2)} \cdot v_{22}^{(2)}}{3(v_{12}^{(2)})^2} \left(\pm \sqrt{\frac{9(v_{12}^{(2)})^2 [1-(v_{22}^{(2)})^2]}{[1+3v_{12}^{(2)} \cdot v_{22}^{(2)}]^2} + 1 - 1} \right)$$

$$= \frac{1+3 \cdot 4,395 \cdot 0,055}{3 \cdot 4,395^2} \left(\pm \sqrt{\frac{9 \cdot 4,395^2 \cdot [1-0,055^2]}{[1+3 \cdot 4,395 \cdot 0,055]^2} + 1 - 1} \right) = 0,199,$$

$$K_1^{(2)} = \min(K_{11}^{(2)}; K_{12}^{(2)}) = \min\{0,211; 0,199\} = 0,199.$$

- у точці 3

$$K_{11}^{(3)} = \frac{1+3v_{11}^{(3)} \cdot v_{21}^{(3)}}{3(v_{11}^{(3)})^2} \left(\pm \sqrt{\frac{9(v_{11}^{(3)})^2 [1-(v_{21}^{(3)})^2]}{[1+3v_{11}^{(3)} \cdot v_{21}^{(3)}]^2} + 1 - 1} \right),$$

$$= \frac{1+3 \cdot (-148,58) \cdot 0}{3 \cdot (-148,58)^2} \left(\pm \sqrt{\frac{9 \cdot (-148,58)^2 \cdot [1-0^2]}{[1+3 \cdot (-148,58) \cdot 0]^2} + 1 - 1} \right) = 0,006715,$$

$$K_{12}^{(3)} = \frac{1+3v_{12}^{(3)} \cdot v_{22}^{(3)}}{3(v_{12}^{(3)})^2} \left(\pm \sqrt{\frac{9(v_{12}^{(3)})^2 [1-(v_{22}^{(3)})^2]}{[1+3v_{12}^{(3)} \cdot v_{22}^{(3)}]^2} + 1 - 1} \right) =$$

$$= \frac{1+3 \cdot (-148,58) \cdot 0,108}{3 \cdot (-148,58)^2} \left(\pm \sqrt{\frac{9 \cdot (-148,58)^2 \cdot [1-0,108^2]}{[1+3 \cdot (-148,58) \cdot 0,108]^2} + 1 - 1} \right) = -0,00602,$$

$$K_1^{(3)} = \min(K_{11}^{(3)}; K_{12}^{(3)}) = \min\{0,006715; 0,00602\} = 0,00602.$$

Граничне напруження вигину, МПа:

- у точці 2

$$[\sigma_i]^{(2)} = K_1^{(2)} [\sigma] \frac{n_T}{K_2} = 0,199 \cdot 171,6 \cdot \frac{1,5}{1} = 51,34.$$

- у точці 3

$$[\sigma_i]^{(3)} = K_1^{(3)} [\sigma] \frac{n_T}{K_2} = (-0,00602) \cdot 171,6 \cdot \frac{1,5}{1} = -1,549.$$

Допустимі опорні зусилля від навантаження в осьовому напрямку (у т.2), МН:

$$[F]^{(2)} = \frac{0,7 [\sigma_i]^{(2)} \sqrt{D(s-c)}(s-c)}{K_{10} K_{12}} =$$

$$= \frac{0,7 \cdot 51,34 \cdot \sqrt{1,4(0,008 - 0,001)} \cdot (0,008 - 0,001)}{0,019 \cdot 0,984} = 1,362.$$

Допустиме опорне зусилля від навантаження в кільцевому напрямі (у т. 3), МН:

$$[F]^{(3)} = \frac{0,9 [\sigma_i]^{(3)} \sqrt{D(s-c)}(s-c)}{K_{14} K_{16} K_{17}} =$$

$$= \frac{0,9 \cdot (-1,579) \cdot \sqrt{1(0,008 - 0,001)} \cdot (0,008 - 0,001)}{0,637 \cdot 0,965 \cdot 0,284} = 0,0554.$$

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

$$F_e = F_1 \cdot \frac{\pi}{4} \cdot \sqrt{\frac{D}{s-c}} K_{13} K_{15} = 0,585 \cdot \frac{3,14}{4} \cdot \sqrt{\frac{1}{0,008 - 0,001}} \cdot 0,349 \cdot 1 = 0,243.$$

Умова стійкості:

$$\frac{M_i}{[M]} + \frac{F_e}{[F]} + \left(\frac{Q_i}{[Q]} \right)^2 = \frac{0,0014}{1,65} + \frac{0,243}{4,562} + \left(\frac{0,013}{1,065} \right)^2 = 0,041 \leq 1.$$

Умова стійкості виконується.

Умова міцності опорного вузла:

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

$$0,0445 \text{ МН} < \min \{1,362; 0,0554\} \text{ МН}.$$

Умова міцності виконується.

Висновок: умови міцності та стійкості обичайки виконуються, додаткове підсилення підкладним листом не потрібне.

4.5 Розрахунок товщини теплової ізоляції

Мета розрахунку: визначити товщину стінки теплової ізоляції.

Вихідні дані:

температура навколишнього середовища, $t, ^\circ \text{C}$ 20;

температура в середині апарата, $t, ^\circ \text{C}$ 99,894;

Призначення теплової ізоляції – зменшення втрат тепла в навколишнє середовище з метою економії палива, забезпечення температурних умов технологічного процесу й підтримка необхідних санітарно-гігієнічних умов праці. За допомогою теплової ізоляції можна знизити втрати тепла в навколишнє середовище на 75-85% у порівнянні із втратами неізольованої поверхні. Розрахунок здійснюємо за методикою, викладеною в [26].

Як ізоляція можуть застосовуватися найрізноманітніші матеріали з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda < 0,2$ кДж/м·К. Проте низька величина λ ще не визначає всіх властивостей ізоляції які повинні бути враховані при її виборі. Розрахунок теплової ізоляції виконано за методикою [28].

До ізоляції повинні бути висунуті наступні вимоги:

1) вона повинна мати малу об'ємну вагу, що характеризує таку позитивну якість, як пористість (у порах знаходиться повітря, що має $\lambda=0,02$ кДж/м·К;

2) ізоляція повинна відрізнятися малою гігроскопічністю, тому що при поглинанні вологи зростає λ ;

3) вона повинна зберігати свої якості при впливі різних температур, тобто володіти температуростійкістю;

4) повинна мати термостійкість, тобто витримувати температурні коливання без порушення структури;

5) повинна відрізнятися механічною міцністю (при натиску, струсі, ударі) і протидіяти хімічним впливам;

6) ізоляція повинна мати пластичність, не давати тріщин й усадки та випливати з розширенням апарата або трубопроводу;

7) нарешті, ізоляція повинна бути безпечною в пожежному відношенні, довговічна (не розпадатися, не гнити).

Товщину теплової ізоляції $\delta_{із}$ розраховуємо з рівняння:

$$\Theta_{втр} = \frac{\lambda_{із}}{\delta_{із}} (t_{ст} - t_{із}) = \frac{0,051}{0,05} \cdot ((99,894) - 40) = 61$$

де $\Theta_{втр}$ – втрати теплоти ізольованим апаратом;

$\lambda_{із}$ – теплопровідність ізоляції;

$t_{із}$ і $t_{вн}$ – температура зовнішньої поверхні ізоляції та повітря в приміщенні.

Коефіцієнт тепловіддачі α від зовнішньої поверхні ізоляційного матеріалу в навколишнє середовище [20]. Приймаємо, що випарний апарат знаходиться в закритому приміщенні, температура повітря в ньому $t_{вн} = 20^\circ\text{C}$.

Приймаємо температуру ізоляції з сторони навколишнього середовища $t_{із} = 40^\circ\text{C}$.

Тоді коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м²·К):

$$\alpha = 9,3 + 0,058t_{3c} = 9,3 + 0,058 \cdot 40 = 11,62 .$$

Вибираємо в якості матеріалу для теплової ізоляції совеліт (85% магнезії + 15 % азбесту), який має коефіцієнт теплопровідності $\lambda = 0,051 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$

Товщина теплової ізоляції, м:

$$\delta_{iz} = \frac{\lambda_{iz}(t_{ct} - t_{iz})}{\alpha(t_{ct} - t_{bh})} = \frac{0,051(99,894 - 40)}{11,62(99,894 - 20)} = 0,0038 .$$

де t_{ct} – температура стінки апарата.

Висновок: Приймаємо товщину шару ізоляції 4 мм.

4.6 Параметричний розрахунок мішалки

Метою параметричного розрахунку є визначення продуктивності мішалки, його основних геометричних розмірів та визначення площі теплообміну і основних характеристик змішувача.

Розрахунок продуктивності мішалки.

Вхідні дані до розрахунку:

продуктивність по воді G_1 , кг /с 3,8

Розрахунок ведеться за методикою, наведеною в [27].

Фізичні перетворення, що відбувається в мішалці.

Розрахунок геометричних розмірів мішалки.

Розрахункова схема мішалки представлена на рисунку 4.11.

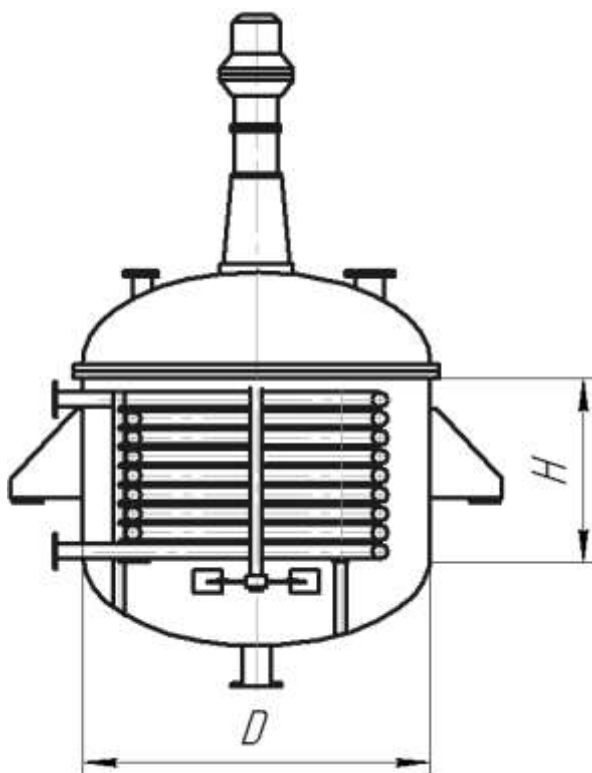


Рисунок 4.7 – Схема мішалки для виробництва гліцерину

Розрахунок ведеться за методикою [28].

Об'єм мішалки, м³:

$$V_{an} = \frac{0,9 \cdot V_1 \cdot \tau}{\alpha}, \quad (4.1)$$

де α – коефіцієнт заповнення мішалки, $\alpha = 0,8$ [21];

τ – час роботи мішалки, $\tau = 1400$ с.

Вводимо коефіцієнт 0,9 з розрахунку того, що апарат у нас складається із циліндричної і еліптичної частини. І для того, щоб врахувати те, що частина затору опиниться у днищі і вводимо цей коефіцієнт.

Висота циліндричної частини апарату [28], м:

$$H = 0,45 \cdot D_{an}. \quad (4.2)$$

Діаметр апарату, м:

$$V_{an} = H \cdot \frac{\pi \cdot D_{an}^2}{4} = 0,5 \frac{\pi \cdot D_{an}^3}{4} = \frac{\pi \cdot D_{an}^3}{8} \Rightarrow D_{an} = \sqrt[3]{\frac{8 \cdot V_{an}}{\pi}} \quad (4.3)$$

Об'єм мішалки розраховується за формулою (4.1), м³:

$$V'_{an} = \frac{0,9 \cdot V_1 \cdot \tau}{\alpha} = \frac{0,9 \cdot 3,8 \cdot 10^{-3} \cdot 1400}{0,8} = 5,985.$$

Діаметр апарату розраховується за формулою, м:

$$D_{an} = \sqrt[3]{\frac{8 \cdot V_{an}}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{8 \cdot 5,985}{3,14}} = 2,479.$$

Приймаємо стандартний діаметр апарату за [29, с 82] $D_{an} = 2,5$ м.

Висота циліндричної частини апарату розраховується за формулою (4.2), м:

$$H = 0,45 \cdot D_{an} = 0,45 \cdot 2,5 = 1,116.$$

Приймаємо $H=1,2$ м

Висновок: у результаті проведення розрахунку було визначено основні геометричні розміри мішалки для перемішування соди. За [29, с 88] обираємо стандартну мішалку 0033-6,3.0,6 з наступними габаритними розмірами $D = 1,8$ м і висотою $H = 2,845$ м.

4.7 Тепловий розрахунок мішалки.

Метою даного розрахунку є визначення необхідної площі поверхні змішувача.

Розрахункова схема зображена на рисунку 4.12.

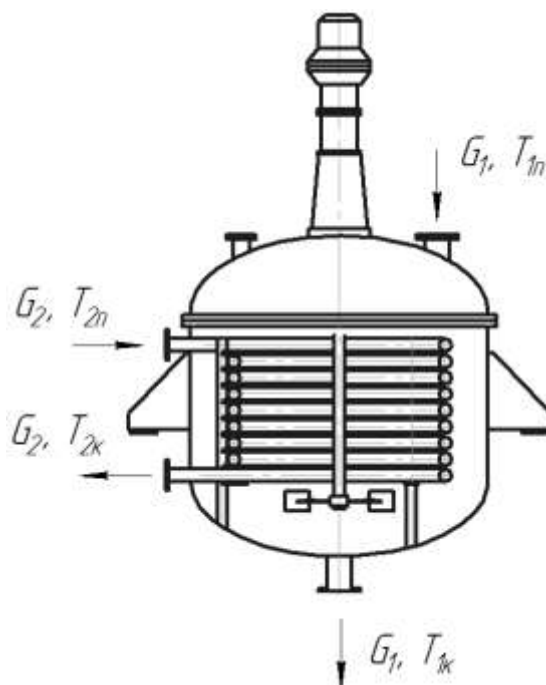


Рисунок 4.8 – Розрахункова схема мішалки

Вхідні дані до розрахунку:

температура води на вході у мішалку T_1 , К	348,2;
температура води на виході у мішалку T_2 , К	319,15;
температура соди на вході T_3 , К	293,15;
температура соди на виході T_4 , К	311,45;
продуктивність за водою V , м ³ /год	$3,8 \cdot 10^{-3}$;

Розрахунок ведеться за методикою, наведеною в [30] та [24].

Температури у мішалці представлено на рисунку 4.13.

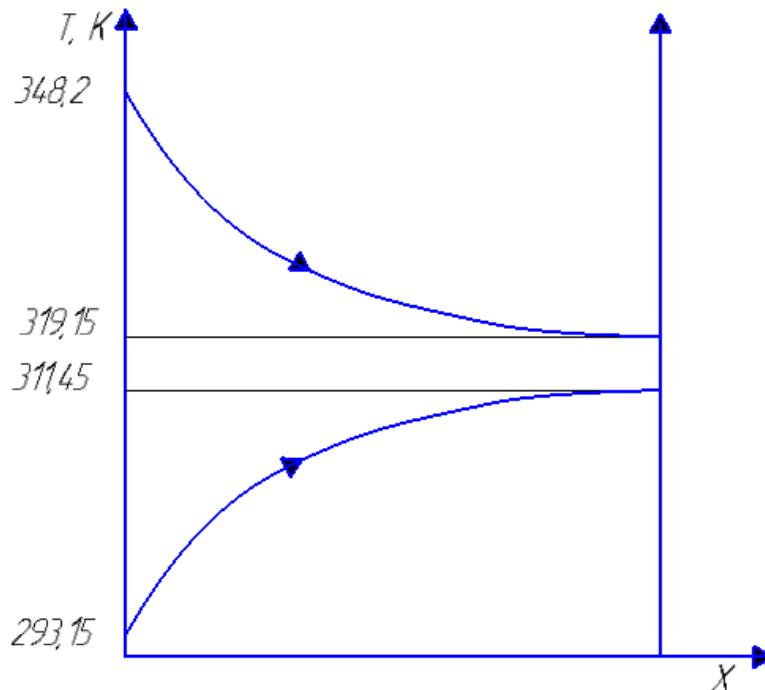


Рисунок 4.9 – Схема зміни температур теплоносіїв

Середня логарифмічна різниця температур:

$$\Delta T_{\bar{\theta}} = T_1 - T_3 = 348,2 - 293,15 = 55,05;$$

$$\Delta T_M = T_2 - T_4 = 319,15 - 311,45 = 7,7;$$

$$\Delta T_{cp} = \frac{\Delta T_{\bar{\theta}} - \Delta T_M}{\lg \frac{\Delta T_{\bar{\theta}}}{\Delta T_M}} = \frac{55,05 - 7,7}{\lg \frac{55,05}{7,7}} = 24,07.$$

Тепловий баланс:

$$Q_1 = Q_2.$$

Витрати води, кг/с:

$$G_1 = V \cdot \rho_1 = 3,8 \cdot 10^{-3} \cdot 988 = 3,754.$$

де ρ_1 – густина води, $\rho_1 = 988 \text{ кг} / \text{м}^3$.

Теплове навантаження мішалки, Вт:

$$Q_1 = G_1 \cdot (T_{1n} - T_{1к}) \cdot C_1 + Q_p = 3,754 \cdot (348,2 - 319,15) \cdot 4187 + 0 = 456700,$$

де C_1 - питома теплоємність води, $C_1 = 4187$ Дж/кг·К [21];

Q_p - теплове навантаження, що створюється реакцією, $Q_p = 0$.

Витрата по соді, кг/с:

$$G_2 = \frac{Q_1}{(T_{2к} - T_{2н}) \cdot C_2} = \frac{456700}{(311,45 - 293,15) \cdot 3349} = 7,451.$$

де C_2 - питома теплоємність соди, $C_2 = 3349$ Дж/кг·К.

Приймаємо $Re_2 = 15000$, для забезпечення турбулентного режиму течії води у трубах.

Внутрішній діаметр трубок зміювика, м:

$$\begin{cases} Re_2 = \frac{\omega_2 \cdot d \cdot \rho_2}{\mu_2} \\ G_2 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \omega_2 \cdot \rho_2 \end{cases} \Rightarrow \omega_2 = \frac{Re_2 \cdot \mu_2}{d \cdot \rho_2} \Rightarrow d = \frac{G_2 \cdot 4}{\pi \cdot Re_2 \cdot \mu_2}$$

$$d = \frac{G_2 \cdot 4}{\pi \cdot Re_2 \cdot \mu_2} = \frac{7,451 \cdot 4}{3,14 \cdot 10000 \cdot 4,1 \cdot 10^{-4}} = 0,068,$$

де μ_2 - динамічна в'язкість води, $\mu_2 = 4,1 \cdot 10^{-4}$ Па·с.

Приймаємо стандартний найближчий діаметр трубок зміювика $n_{cn} \times b_{cn} = 89 \times 4,5$ мм за [42].

Швидкість води у трубах, м/с:

$$\omega_2 = \frac{Re_2 \cdot \mu_2}{d \cdot \rho_2} = \frac{15000 \cdot 4,1 \cdot 10^{-4}}{0,08 \cdot 994} = 0,077.$$

Критерій Нусельта, для води у трубах зміювика:

$$Nu_2 = 0,023 \cdot Re_2^{0,8} Pr_2^{0,4} \left(\frac{Pr}{Pr_{CT}} \right)^{0,25} = 0,023 \cdot 15000^{0,8} \cdot 7,01^{0,4} \cdot (1,1)^{0,25} = 107.$$

де Pr_2 – критерій Прандтля для води при заданій температурі,
 $Pr_2 = 7,01$;

$$\left(\frac{Pr}{Pr_{CT}} \right)^{0,25} \text{ – поправка Міхєєва, } \left(\frac{Pr}{Pr_{CT}} \right)^{0,25} = 1,1.$$

Коефіцієнт тепловіддачі з боку води, Вт/(м² К):

$$\alpha_2' = \frac{Nu_2 \cdot \lambda_2}{d} = \frac{107 \cdot 0,609}{0,08} = 801,282.$$

де λ_2 – коефіцієнт теплопровідності води, $\lambda_2 = 0,609$ Вт/(м·К) [25];

$$\alpha_2 = \alpha_2' \left(1 + 3,54 \frac{d}{D_{3M}} \right) = 801,282 \left(1 + 3,54 \frac{0,08}{1,7} \right) = 923,284.$$

де d – внутрішній діаметр труби змієвика;

D_{3M} – діаметр витка змієвика, приймаємо із конструктивних міркувань.

Число Прандля розчину бікарбонату натрія:

$$Pr_1 = \frac{\mu_1 \cdot C_1}{\lambda_1} = \frac{1,004 \cdot 10^{-3} \cdot 4183}{0,599} = 7,011.$$

де μ_1 – динамічна в'язкість розчину бікарбонату натрія,
 $\mu_1 = 1,004 \cdot 10^{-3}$ Па·с;

C_1 – питома теплоємність розчину бікарбонату натрія з водою,
 $C_1 = 4183$ Дж/кг·К;

λ_1 – коефіцієнт теплопровідності розчину бікарбонату натрія,
 $\lambda_1 = 0,599$ Вт/(м·К) [27].

Критерій Рейнольдса:

$$Re_1 = \frac{n \cdot d_m^2 \cdot \rho_1}{\mu_1} = \frac{1 \cdot 1,7^2 \cdot 998}{1,004 \cdot 10^{-3}} = 2872729.$$

де n – кількість обертів, $n = 60 \text{ об/хв}$ [21];

d_m – діаметр мішалки, $d_m = 1,4 \text{ м}$;

μ_1 – динамічна в'язкість розчину, $\mu_1 = 1,004 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с}$.

Критерій Нусельта, для води, що перемішується:

$$Nu_1 = a \cdot Re_1^m \cdot Pr_1^{0,33} \cdot \left(\frac{\mu}{\mu_{cm}} \right)^{0,14} = 0,87 \cdot 2872729^{0,62} \cdot 7,011^{0,33} \cdot 1 = 16702,$$

де a і m – коефіцієнти для змішувиків [26], $a=0,87$; $m=0,62$,

$\left(\frac{\mu}{\mu_{cm}} \right)^{0,14}$ - поправка, $\left(\frac{\mu}{\mu_{cm}} \right)^{0,14} = 1$, оскільки різниця температур дуже

мала.

Коефіцієнт тепловіддачі з боку води, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \text{ К})$:

$$\alpha_1 = \frac{Nu_1 \cdot \lambda_1}{d} = \frac{16702 \cdot 0,599}{1,7} = 5894.$$

Коефіцієнт теплопередачі, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$.:

$$k' = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{\text{нб}}}{\lambda_{\text{с}}} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{5894} + \frac{0,0045}{17,9} + \frac{1}{923,284}} = 665.$$

З урахуванням забруднення коефіцієнт теплопередачі, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$. [31]:

$$k = 0,9 \cdot k' = 0,9 \cdot 665 = 589,5.$$

Площа поверхні теплообміну, м^2 :

$$F = \frac{Q_1}{k \cdot \Delta T_{cp}} = \frac{456700}{589,5 \cdot 24,07} = 32.$$

Виконаємо перерахунок.

Поверхнева густина теплового потоку, $\text{Вт}/\text{м}^2$.]:

$$q = k \cdot \Delta T_{cp} = 589,5 \cdot 24,07 = 14560.$$

Перепад температур зі сторони соди, К:

$$\Delta T_1 = \frac{q}{\alpha_1} = \frac{14560}{5894} = 2,47.$$

Перепад температур зі сторони води, К:

$$\Delta T_2 = \frac{q}{\alpha_2} = \frac{14560}{923,284} = 15,77.$$

Температура стінки зі сторони соди, К:

$$T_{\text{ст1}} = T_{1\text{ср}} - \Delta T_1 = 333,65 - 2,47 = 331.$$

Температура стінки зі сторони води, К:

$$T_{\text{ст2}} = T_{2\text{ср}} + \Delta T_2 = 321,182 + 15,77 = 337.$$

Критерій Прандтля для води при температурі $t_{\text{ст2}}$:

$$Pr_{\text{ст2}} = \frac{c_{\text{ст2}} \cdot \mu_{\text{ст2}}}{\lambda_{\text{ст2}}} = \frac{4179 \cdot 0,607 \cdot 10^{-3}}{0,635} = 3,995,$$

де $c_{\text{ст2}}$ - питома теплоємність води при $t_{\text{ст2}}$, $c_{\text{ст2}} = 4179$ Дж/кг·К;

$\mu_{\text{ст2}}$ - динамічна в'язкість води при $t_{\text{ст2}}$, $\mu_{\text{ст2}} = 0,607 \cdot 10^{-3}$ Па·с;

$\lambda_{\text{ст2}}$ - теплопровідність води при $t_{\text{ст2}}$, $\lambda_{\text{ст2}} = 0,635$ Вт/(м·К).

Критерій Нусельта, для розчину, що переміщується:

$$Nu_1 = a \cdot Re_1^m \cdot Pr_1^{0,33} \cdot \left(\frac{\mu}{\mu_{\text{ст0}}} \right)^{0,14} = 0,87 \cdot 2872729^{0,62} \cdot 7,011^{0,33} \cdot \left(\frac{4,1 \cdot 10^{-3}}{0,607 \cdot 10^{-3}} \right)^{0,14} = 18126,$$

де $\mu_{\text{ст}}$ - динамічна в'язкість розчину при $T_{\text{ст1}}$.

Коефіцієнт тепловіддачі при течії в міжтрубному просторі визначається, Вт/(м² К) :

$$\alpha_1 = \frac{Nu_1 \cdot \lambda_1}{d} = \frac{18126 \cdot 0,599}{1,7} = 6386.$$

Критерій Нусельта, для води у трубках зміювика:

$$Nu_2 = 0,023 \cdot Re_2^{0,8} Pr_2^{0,4} \left(\frac{Pr_2}{Pr_{2\dot{\theta}}} \right)^{0,25} = 0,023 \cdot 15000^{0,8} \cdot 3,955^{0,4} \cdot (1,1)^{0,25} = 96,522.$$

де $Pr_{2cm} = 3,955$ – критерій Прандтля визначений при температурі стінки труби.

Коефіцієнт тепловіддачі з боку води, Вт/(м²·К):

$$\alpha_2 = \frac{Nu_2 \cdot \lambda_2}{d} = \frac{96,522 \cdot 0,694}{0,08} = 837.$$

Коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м²·К) :

$$k' = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta_{CT}}{\lambda_{cm}} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{6386} + \frac{0,0045}{17,9} + \frac{1}{837}} = 624.$$

З урахуванням забруднення коефіцієнт теплопередачі Вт/(м²·К):

$$k = 0,9 \cdot k' = 0,9 \cdot 624 = 562.$$

Площа поверхні нагріву, м²:

$$F = \frac{Q_1}{k \cdot \Delta T_{cp}} = \frac{456700}{561 \cdot 24,072} = 33,81.$$

Після чого потрібно знайти запас площі поверхні:

$$\Delta = \frac{|F_c - F|}{F} \cdot 100 = \frac{|32 - 33,81|}{33,81} \cdot 100 = 5\%.$$

Як бачимо, похибка не перевищує 10%, тому перерахунок не робимо.

Довжина труби змійовика, м:

$$L = \frac{F_3}{\pi \cdot d} = \frac{33,81}{3,14 \cdot 0,089} = 120.$$

Кількість витків в секції:

$$n_{\text{вум}} = \frac{L}{\pi \cdot D_{3M}} = \frac{120}{3,14 \cdot 1,7} = 20.$$

Приймаємо кількість витків $n_{\text{вум}} = 20$.

Висота секції, м:

$$h_c = h \cdot (n_{\text{вит}} - 1) = 0,1(20 - 1) = 1,9$$

де h – крок навивки по спіралі , приймаємо $h = 100$ мм.

Визначення потужності необхідної для перемішування при $d_m = 0,6$, кВт:

$$N = K_N \cdot \rho \cdot n^3 \cdot d_m^5 = 1,21 \cdot 996 \cdot 1^3 \cdot 1,2^5 = 3,$$

де K_N - критерій потужності, визначений за графіком в залежності від критерія Рейнольдса

$$Re = \frac{\rho \cdot n \cdot d_m^2}{\mu} = \frac{996 \cdot 1 \cdot 1,2^2}{1,155 \cdot 10^{-3}} = 1241766$$

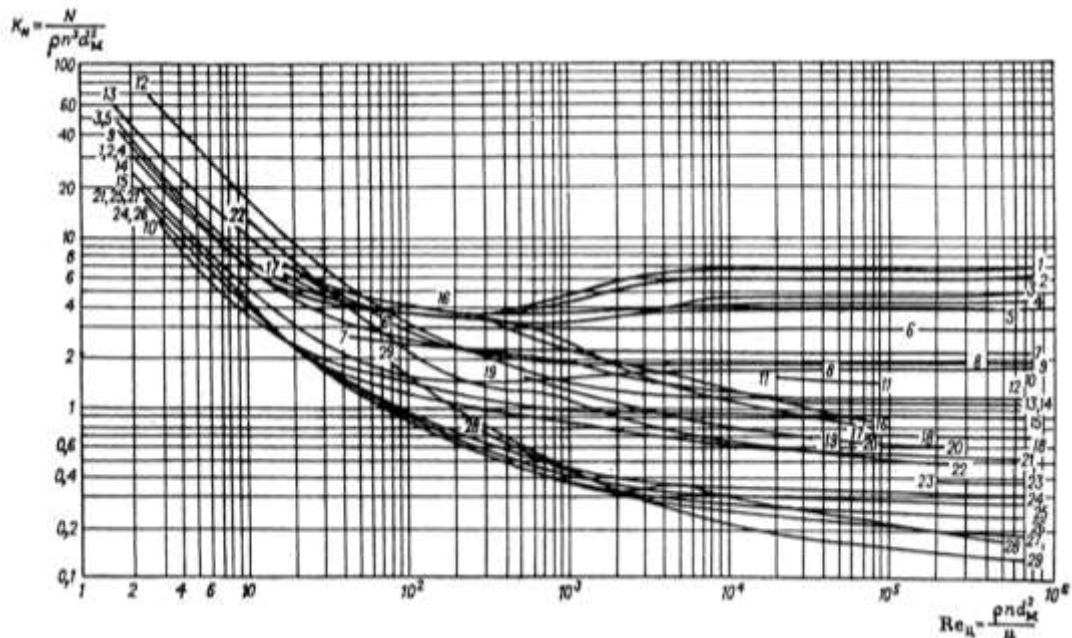


Рисунок 4.10 - Залежність критерію потужності від критерію Рейнольдса
Звідси визначаємо критерій потужності $K_N = 1,2$

Визначення потужності необхідної для перемішування при $d_m = 1,3$, кВт:

$$N = K_N \cdot \rho \cdot n^3 \cdot d_m^5 = 1,3 \cdot 996 \cdot 1^3 \cdot 1,3^5 = 4,8$$

де K_N - критерій потужності, визначений за графіком в залежності від критерія Рейнольдса

$$Re = \frac{\rho \cdot n \cdot d_m^2}{\mu} = \frac{996 \cdot 1 \cdot 1,3^2}{1,155 \cdot 10^{-3}} = 1121038$$

Звідси визначаємо критерій потужності $K_N = 1,3$

Визначення потужності необхідної для перемішування при $d_m = 1,4$, кВт:

$$N = K_N \cdot \rho \cdot n^3 \cdot d_m^5 = 2 \cdot 996 \cdot 1^3 \cdot 1,4^5 = 10,7,$$

де K_N - критерій потужності, визначений за графіком в залежності від критерія Рейнольдса

$$Re = \frac{\rho \cdot n \cdot d_m^2}{\mu} = \frac{996 \cdot 1 \cdot 1,4^2}{1,155 \cdot 10^{-3}} = 1207272$$

Звідси визначаємо критерій потужності $K_N = 2$.

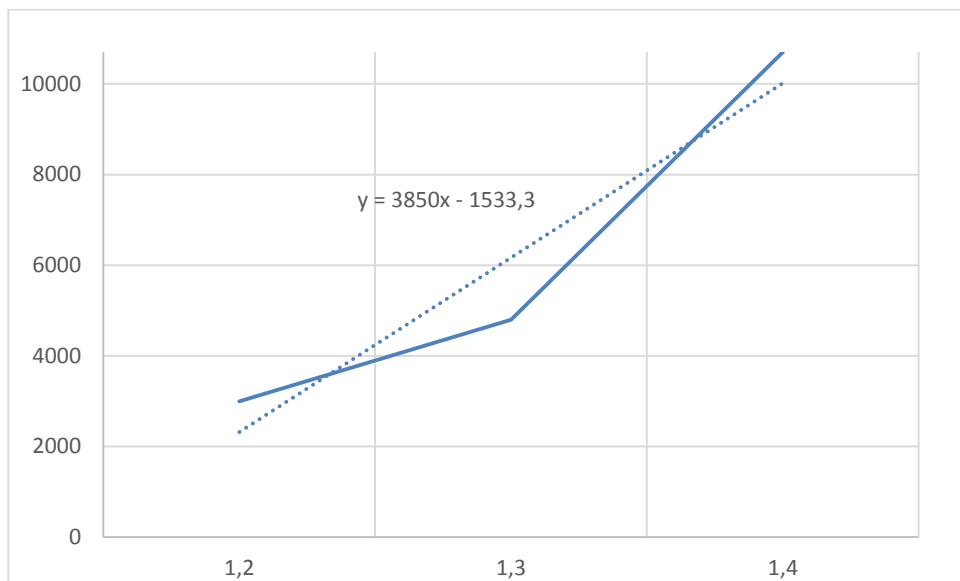


Рисунок 4.11 – Залежність потужності приводу мішалки від діаметру мішалки

Висновки: Проведені натурні та імітаційні експерименти збігаються у визначенні радіусу вимушеного завихрення (за наведених умов постановки експерименту) з достатньою для інженерних розрахунків точністю, а характер впливу параметрів процесів відображає реальний процес. При обчисленні різних умов процесу результати змінювались монотонно.

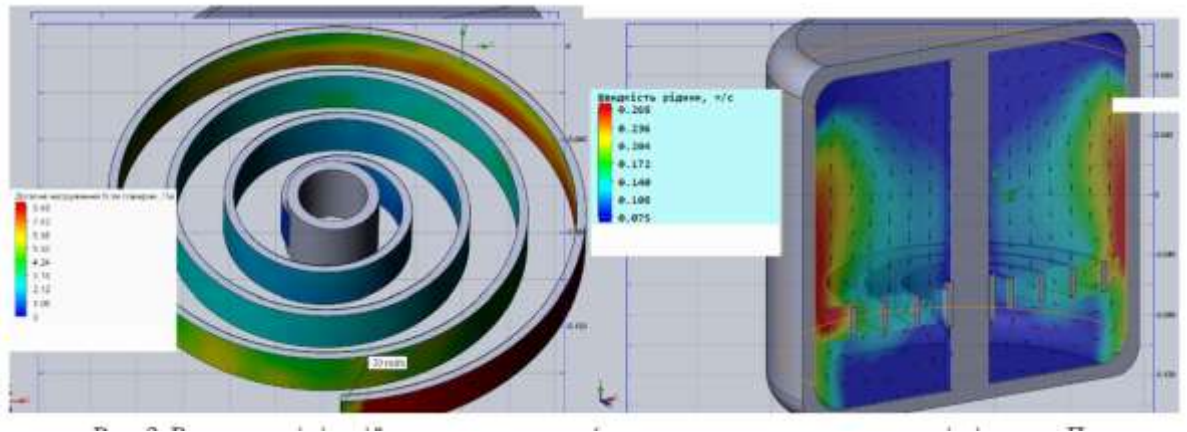


Рисунок 4.12 – Натурний експеримент перемішування з режимом розвинутої центральної воронки (зліва), вхідні параметри для імітаційного експерименту, результати (праворуч)

Висновки: розраховано основні геометричні показники даного апарату, та площу теплообміну і основні геометричні розміри змішувача для охолодження води.

4.8 Розрахунок вала апарата з мішалкою

Метою розрахунку є визначення основних геометричних розмірів вала та перевірка при робочих умовах виконання умов вібростійкості, міцності та жорсткості вала апарата з мішалкою.

Розрахунок проводимо згідно методики [24].

Конструкція привода представлена на рисунку 4.13. Для обертання механічних перемішувачів пристроїв в хімічних апаратах служать приводи, де в якості рушійної сили використовується електроенергія. Найбільш поширеними в хімічних апаратах з перемішувачами пристроями є вертикальні виносні приводи. За відомою кількістю обертів мішалки $n = 60 \text{ об} / \text{хв}$ підбираємо привід, який буде відповідати нашим вимогам [20].



1 – мотор-редуктор, 2 – перехідник, 3 – муфта, 4 – муфта, 5 – вал проміжний,
6 – стійка, 7 – стійка, 8 – ущільнення, 9 – вал перемішуючого пристрою

Рисунок 4.13 – Конструкція привода

Вибираємо привід вертикальний з двома проміжними опорами низькими, мотор-редуктор типу ВО і електродвигуном серії АО2 (тип VI), – 50–5,5/100, основні характеристики у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Основні характеристики привода МН–5861–66.2-3-52.2.

Позначення приводу	Обертання мішалки
Типорозмір мотор-редуктора	III
Потужність, N , Вт	3000
Частота обертів валу, n , об/хв.	60
Крутний момент, M , Н·м	530

4.9 Розрахунок вала мішалки на жорсткість

Метою розрахунку є визначити сумарне зміщення вала від осі обертання у небезпечних по жорсткості перерізах.

Вихідні дані до розрахунку:

довжина прольоту L_1 , мм	1200;
довжина консолі L , мм	2580;
довжина валу L_2 , мм	3780;
густина матеріалу вала ρ , кг/м ³	7850;
модуль пружності матеріалу вала E , Па	$2 \cdot 10^{11}$;
частота обертів вала n , об/хв	60;
потужність двигуна N , кВт	3;
кутова швидкість ω , 1/с	6,28;
число перемішувачів пристроїв на консолі n_m	1;
число деталей в прольоті n_d	1;
координати центрів ваги мішалок l_{11} , м	2,58;
координати центрів ваги деталей l_1 , м	0,125;
маса перемішувачів пристроїв m_{11} , кг	155;
маса деталей m_1 , кг	27,9;
координати небезпечних перерізів в прольоті z_1 , м	0,3;
координати небезпечних перерізів на консолі z_{11} , м	2,38;
початкова ввігнутість вала в точці приведення ε_B , м	0,00005;
радіальні зазори в опорі А Δ_A , м	0,000072;
радіальні зазори в опорі Б Δ_B , м	0,000161;
допустиме зміщення вала в перерізах небезпечних по жорсткості $[A_{11}]$, м	0,0025;
допустиме зміщення вала в місцях установки деталей $[A_{z1}]$, м	0,01;
діаметр валаконсолі d , м	0,065.
Розрахунок введеться за методикою [32].	

Схема розрахунку ступінчатого консольного вала на жорсткість зображено на рисунку 4.14.

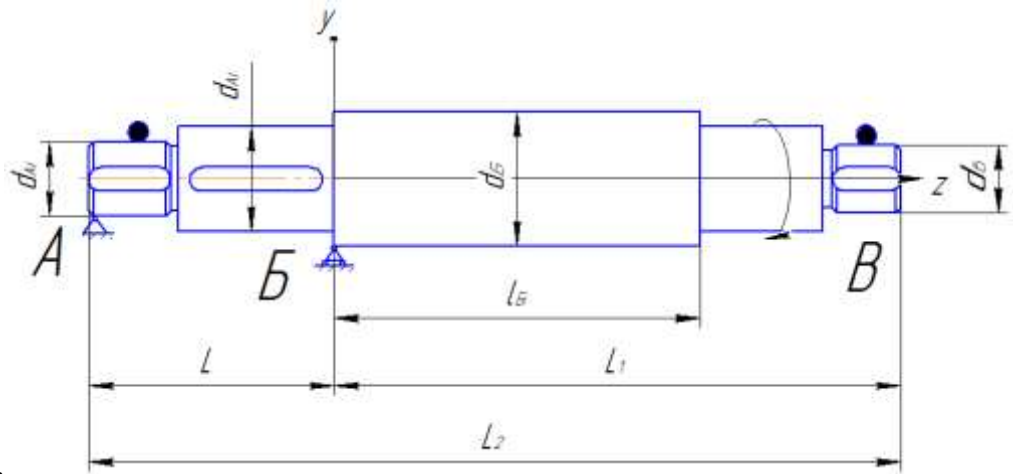


Рисунок 4.14 – Схема розрахунку ступінчатого консольного вала на жорсткість

Ексцентриситет маси деталі в прольоті:

$$e_1 = \frac{10^{-3}}{\sqrt{w}} = \frac{10^{-3}}{\sqrt{6,28}} = 0,5642 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Ексцентриситет маси деталі на консолі:

$$e_{11} = \frac{10^{-3}}{\sqrt{w}} = \frac{10^{-3}}{\sqrt{6,28}} = 0,5642 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Відносна координата небезпечного по жорсткості перерізу вала в прольоті:

$$\bar{z}_1 = \frac{z_1}{L} = \frac{0,3}{1,2} = 0,25.$$

Відносна координата небезпечного по жорсткості перерізу вала на консолі:

$$\bar{z}_{11} = \frac{z_{11}}{L_1} = \frac{2,38}{2,58} = 0,9225.$$

Відносна довжина прольоту:

$$\bar{L} = \frac{L}{L_1} = \frac{1,2}{2,58} = 0,4651.$$

Безрозмірний динамічний прогин в небезпечному по жорсткості перерізі:

$$\text{в прольоті} \quad \bar{y}_{z1} = K_{21} \cdot \bar{L} = 0,04142 \cdot 0,4651 = 0,01927.$$

$$\text{на консолі} \quad y_{z11} = f(z_{11}, \bar{L}), \quad y_{z11} = 0,8864.$$

Відносна координата центру жорсткості деталі в прольоті:

$$\bar{l}_1 = \frac{l_1}{L} = \frac{0,85}{1,2} = 0,7083.$$

Відносна координата центру жорсткості деталі на консолі:

$$\bar{l}_{11} = \frac{l_{11}}{L_1} = \frac{2,58}{2,58} = 1.$$

Безрозмірний динамічний прогин вала в місці установки деталі:

$$\text{в прольоті} \quad \bar{y}_{11} = K_{11} \cdot \bar{L} = 0,05056 \cdot 0,4651 = 0,02352.$$

$$\text{на консолі} \quad y_{111} = f(l_{11}, \bar{L}), \quad y_{111} = 1,006.$$

Приведений ексцентриситет маси деталі в прольоті:

$$e_{1\text{пр}} = \frac{e_1}{\bar{y}_{11}} = \frac{0,5642 \cdot 10^{-3}}{2,352 \cdot 10^{-2}} = 2,399 \cdot 10^{-2} \text{ м.}$$

Приведений ексцентриситет маси деталі на консолі:

$$e_{11\text{пр}} = \frac{e_1}{\bar{y}_{111}} = \frac{0,5642 \cdot 10^{-3}}{1,006} = 5,609 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

Маса 1 метру довжини вала:

$$m_L = \frac{\pi \cdot d^2 \rho}{4} = \frac{3,1415 \cdot 0,065^2 \cdot 7850}{4} = 55,64 \text{ кг.}$$

Приведена маса вала в прольоті:

$$m_{\text{в.пр}}' = 0,5 \cdot m_L \cdot L = 0,5 \cdot 55,64 \cdot 0,4651 = 33,38 \text{ кг.}$$

Приведена маса вала на консолі:

$$m_{\text{в.пр}}'' = 0,25 \cdot m_L \cdot L_1 = 0,25 \cdot 55,64 \cdot 2,58 = 35,89 \text{ кг.}$$

Приведена маса деталей в прольоті:

$$m_{1\text{пр}} = m_1 \cdot \bar{y}_{l1}^2 = 27,9 \cdot 0,02352 = 0,01543 \text{ кг.}$$

Приведена маса деталей на консолі:

$$m_{11\text{пр}} = m_{11} \cdot \bar{y}_{l11}^2 = 155 \cdot 1,006 = 156,8 \text{ кг.}$$

Сума приведених мас деталей:

$$M_{\text{пр}} = \sum_{i=1}^{n_d} m_{1\text{пр}} + \sum_{i=1}^{n_d} m_{2\text{пр}} = 0,01543 + 156,8 = 156,8 \text{ кг.}$$

Зміщення перерізу вала в точці приведення В, яке зв'язане з зазором в опорах:

$$\Delta_B = \frac{(\Delta_A + \Delta_B) \cdot L_2}{L_1} - \Delta_A = \frac{(0,072 \cdot 10^{-3} + 0,161 \cdot 10^{-3}) \cdot 3,78}{1,2} - 0,072 \cdot 10^{-3} = 0,6619 \cdot 10^{-3}.$$

Приведений (до точки В) ексцентриситет мас деталей посаджених в прольоті:

$$e_{\text{пр}}' = \frac{\sum (m_{1\text{пр}} \cdot e_{1\text{пр}})}{m_{\text{в.пр}}' + \sum m_{1\text{пр}}} = \frac{0,001543 \cdot 2,399 \cdot 10^{-2}}{33,38 + 0,01543} = 1,108 \cdot 10^{-5} \text{ м.}$$

Приведений (до точки В) ексцентриситет мас деталей, посаджених на консолі:

$$e_{\text{пр}}'' = \frac{\sum (m_{11\text{пр}} \cdot e_{11\text{пр}})}{m_{\text{в.пр}}'' + \sum m_{11\text{пр}}} = \frac{156,8 \cdot 5,609 \cdot 10^{-4}}{35,38 + 156,8} = 4,564 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

Приведений (до точки В) ексцентриситет мас деталей, посаджених в прольоті та на консолі:

$$e_{\text{пр}} = e_{\text{пр}}' + e_{\text{пр}}'' + \Delta_B + \varepsilon_B = 1,108 \cdot 10^{-5} + 4,564 \cdot 10^{-4} + 0,6619 \cdot 10^{-3} + 0,05 \cdot 10^{-3} = 1,179 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Осьовий момент інерції перерізу вала:

$$I = \frac{\pi d^4}{64} = \frac{3,1415 \cdot 0,065^4}{64} = 3,998 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4.$$

Відносна приведена маса деталей:

$$\bar{m}_{\text{пр}} = \frac{m_{\text{пр}}}{m_L L_1} = \frac{156,8}{55,64 \cdot 2,58} = 1,092.$$

Корінь частотного рівняння $\alpha_1 = f(m_{\text{пр}}, \bar{L})$, $\alpha_1 = 1,143$.

Перша критична кутова швидкість, 1/с:

$$\omega_{\text{кр}} = \left(\frac{\alpha_1}{L_1} \right)^2 \cdot \sqrt{\frac{E \cdot I}{m_L}} = \left(\frac{1,143}{2,58} \right)^2 \cdot \sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^{11} \cdot 3,998 \cdot 10^{-6}}{55,64}} = 23,54 \frac{1}{\text{с}}$$

Динамічний прогин вала в точці приведення:

$$y_B = \frac{e_{\text{пр}}}{\left(\frac{\omega_{\text{кр}}}{\omega} \right)^2 - 1} = \frac{1,179 \cdot 10^{-3}}{\left(\frac{23,54}{3,142} \right)^2 - 1} = 2,139 \cdot 10^{-5} \text{ м.}$$

Зміщення перерізу вала в точці кріплення деталі, спричинене зазорами в опорах в прольоті:

$$\Delta_{l1} = (\Delta_A + \Delta_B) \cdot \bar{l}_1 - \Delta_A = (0,072 \cdot 10^{-3} + 0,161 \cdot 10^{-3}) \cdot 0,7083 - 0,072 \cdot 10^{-3} = 9,304 \cdot 10^{-5} \text{ м.}$$

Зміщення перерізу вала в точці кріплення деталі, спричинене зазорами в опорах на консолі:

$$\begin{aligned} \Delta_{l11} &= \frac{(\Delta_A + \Delta_B) \cdot (\bar{l}_{11} + L_1)}{L_1} - \Delta_A = \\ &= \frac{(0,072 \cdot 10^{-3} + 0,161 \cdot 10^{-3}) \cdot (2,58 + 1,2)}{1,2} - 0,072 \cdot 10^{-3} = 0,6619 \cdot 10^{-3} \text{ м.} \end{aligned}$$

Зміщення небезпечного перерізу вала, спричинене зазорами в опорах в прольоті:

$$\Delta_{z1} = (\Delta_A + \Delta_B) \cdot \bar{z}_1 - \Delta_A = (0,072 \cdot 10^{-3} + 0,161 \cdot 10^{-3}) \cdot 0,25 - 0,072 \cdot 10^{-3} = 2,659 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

Зміщення небезпечного перерізу вала, спричинене зазорами в опорах, на консолі:

$$\begin{aligned} \Delta_{z11} &= \frac{(\Delta_A + \Delta_B) \cdot (\bar{z}_{11} + L_1)}{L_1} - \Delta_A = \\ &= \frac{(0,072 \cdot 10^{-3} + 0,161 \cdot 10^{-3}) \cdot (2,38 + 1,2)}{1,2} - 0,072 \cdot 10^{-3} = 0,6231 \cdot 10^{-3} \text{ м.} \end{aligned}$$

Зміщення перерізу вала в точці кріплення деталі, спричинене початковою вгнутістю вала в прольоті:

$$\varepsilon_{l1} = \varepsilon_B \cdot \bar{y}_{l1} = 0,05 \cdot 10^{-3} \cdot 0,02352 = 1,176 \cdot 10^{-6} \text{ м.}$$

Зміщення перерізу вала в точці кріплення деталі, спричинене початковою вгнутістю вала на консолі:

$$\varepsilon_{11} = \varepsilon_B \cdot \bar{y}_{11} = 0,05 \cdot 10^{-3} \cdot 1,006 = 5,029 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

Зміщення небезпечного по жорсткості перерізу вала, спричинене початковою вгнутістю вала в прольоті:

$$\varepsilon_{z1} = \varepsilon_B \cdot \bar{y}_{z1} = 0,05 \cdot 10^{-3} \cdot 0,01927 = 9,633 \cdot 10^{-7} \text{ м.}$$

Зміщення небезпечного по жорсткості перерізу вала, спричинене початковою вгнутістю вала на консолі:

$$\varepsilon_{z11} = \varepsilon_B \cdot \bar{y}_{z11} = 0,05 \cdot 10^{-3} \cdot 0,8864 = 4,432 \cdot 10^{-5} \text{ м.}$$

Сумарне динамічне переміщення перерізу вала в точці приведення В:

$$A_B = y_B + \varepsilon_B + \Delta_B = 2,139 \cdot 10^{-5} + 0,05 \cdot 10^{-3} + 0,6619 \cdot 10^{-3} = 7,333 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

Сумарне динамічне зміщення перерізу вала в центрі ваги деталі в прольоті:

$$\begin{aligned} A_{11} &= y_B \cdot \bar{y}_{11} + \varepsilon_{11} + \Delta_{11} + e_1 = \\ &= 2,139 \cdot 10^{-5} \cdot 0,02352 + 1,176 \cdot 10^{-6} + 0,9304 \cdot 10^{-4} + 0,5642 \cdot 10^{-3} = 6,589 \cdot 10^{-4} \text{ м.} \end{aligned}$$

Сумарне динамічне зміщення перерізу вала в центрі ваги деталі на консолі:

$$\begin{aligned} A_{111} &= y_B \cdot \bar{y}_{111} + \varepsilon_{111} + \Delta_{111} + e_{11} = \\ &= 2,139 \cdot 10^{-5} \cdot 1,006 + 1,176 \cdot 10^{-6} + 5,029 \cdot 10^{-4} + 6,231 \cdot 10^{-4} = 1,297 \cdot 10^{-3} \text{ м.} \end{aligned}$$

Сумарне динамічне зміщення небезпечного перерізу вала в прольоті:

$$A_{z1} = y_B \cdot \bar{y}_{z1} + \varepsilon_{z1} + \Delta_{z1} = 2,139 \cdot 10^{-5} \cdot 0,01927 + 2,659 \cdot 10^{-4} + 9,304 \cdot 10^{-5} = 2,672 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

Сумарне динамічне зміщення небезпечного перерізу вала на консолі:

$$A_{z11} = y_B \cdot \bar{y}_{z11} + \varepsilon_{z11} + \Delta_{z11} = 2,139 \cdot 10^{-5} \cdot 0,8864 + 2,4432 \cdot 10^{-5} + 6,231 \cdot 10^{-4} = 6,949 \cdot 10^{-4} \text{ м.}$$

Умова жорсткості:

$$A_{11} = 6,589 \cdot 10^{-4} \text{ м} \leq [A_{11}] = 1 \cdot 10^{-2} \text{ м,}$$

$$A_{z1} = 2,672 \cdot 10^{-4} \text{ м} \leq [A_{z1}] = 0,25 \cdot 10^{-2} \text{ м,}$$

$$A_{111} = 1,297 \cdot 10^{-3} \text{ м} \leq [A_{111}] = 1 \cdot 10^{-2} \text{ м,}$$

$$A_{z11} = 6,949 \cdot 10^{-4} \text{ м} \leq [A_{z11}] = 0,25 \cdot 10^{-2} \text{ м.}$$

Умова жорсткості виконується.

Висновок: результат розрахунку показав, що сумарне динамічне зміщення вала в центрі мас деталі та сумарне динамічне зміщення вала в небезпечному перерізі не перевищує допустимих значень, отже умова жорсткості виконується

4.10 Розрахунок вала на міцність

Метою розрахунку є визначення небезпечного за міцністю перерізу валу, знайти еквівалентні напруження у небезпечних перерізах, порівняти допустимі

напруження з еквівалентним.

Вихідні дані до розрахунку:

довжина прольоту L_1 , мм	1200;
довжина консолі L , мм	2580;
довжина валу L_2 , мм	3780;
густина матеріалу вала ρ , кг/м ³	7850;
модуль пружності матеріалу вала E , Па	$2 \cdot 10^{11}$;
частота обертів вала n , с ⁻¹	1;
потужність двигуна N , кВт	3;
кутова швидкість ω , 1/с	6,28;
число перемішуючих пристроїв на консолі n_m	1;
число деталей в прольоті n_d	1;
координати центрів ваги мішалок l_{11} , м	2,58;
координати центрів ваги деталей l_1 , м	0,125;

маса перемішуючих пристроїв m_{11} , кг	155;
маса деталей m_1 , кг	27,9;
координати небезпечних перерізів в прольоті z_1 , м	0,3;
координати небезпечних перерізів на консолі z_{11} , м	2,38;
діаметр валаконсолі d , м	0,065.

Розрахунок введеться за методикою [32].

Схема розрахунку ступінчатого консольного вала на міцність зображено на рисунку 4.12.

Зосереджена відцентрова сила, яка діє на деталь і на перемішуючий пристрій:

$$F_{11} = m_{11} \cdot \omega^2 \cdot A_{11} = 155 \cdot 6,28^2 \cdot 1,297 \cdot 10^{-3} = 1,985 \text{ Н.}$$

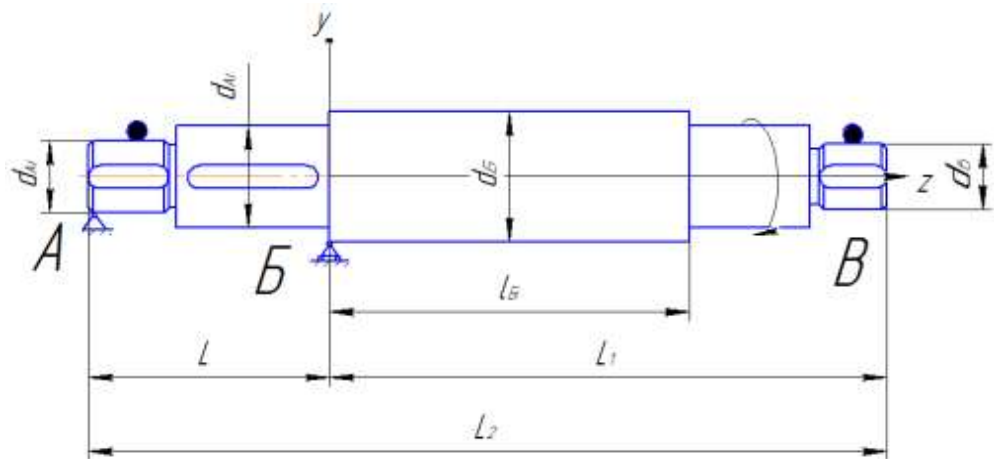


Рисунок 4.15 – Схема для розрахунку ступінчатого консольного вала на міцність

Приведена відцентрова сила обертової ваги вала, Н :

$$F_{\text{в.пр}} = m_{\text{в.пр}} \cdot \omega^2 \cdot A_{\text{В}} = 35,89 \cdot 6,28^2 \cdot 7,333 \cdot 10^{-4} = 0,2598,$$

де A_{11} - сумарне динамічне зміщення перерізу вала в центрах ваги деталей, розрахованих в розрахунках на жорсткість, $A_{11} = 1,297 \cdot 10^{-3}$ м та $A_{\text{В}} = 7,333 \cdot 10^{-4}$ м.

Реакція опори А, Н :

$$R_A = \frac{1}{L} \left[\sum_{i=1}^{n_d} F_{11} l_{11} + F_{\text{Впр}} L_1 \right] = \frac{1}{1,2} [1,985 \cdot 2,58 + 0,2598 \cdot 2,58] = 4,826.$$

Реакція опори В, Н :

$$R_B = \frac{1}{L} \cdot \left[\sum_{i=1}^{n_d} F_{11} (L + l_{11}) + F_{\text{Впр}} (L + L_1) \right] = \frac{1}{1,2} \cdot [1,985 \cdot (1,2 + 2,58) + 0,2598 \cdot (1,2 + 2,58)] = 7,07.$$

Згинаючий момент в небезпечних по міцності перерізах консолі, Н·м :

$$M_{z11} = F_{\text{Впр}} (L_1 - z_{11}) + \sum_{j=1, s=1}^{n_{11}, s=\infty} F_{11} (l_{11} - z_{11}) = 0,2598 \cdot (2,38 - 2,58) + 1,985 \cdot (2,38 - 2,58) = 0,4489.$$

Крутний момент в небезпечних по міцності перерізах консолі, Н·м :

$$M_{\text{кр.}z11} = \omega^{-1} \sum_{j=1}^{n_{11}} N_{11} = \frac{2200}{3,142} = 700,2.$$

Момент опору небезпечних по міцності перерізах консолі, м³.

$$W_{z1s} = \frac{\pi d_{z11}^3}{32} = \frac{3,1415 \cdot 0,065^3}{32} = 8,417 \cdot 10^{-5}$$

Еквівалентне напруження в небезпечних по міцності перерізах консолі, МПа :

$$\sigma_{z11}^{\text{III}} = W_{z11}^{-1} \sqrt{M_{z11}^2 + M_{\text{кр.}z11}^2} = (8,417 \cdot 10^{-5})^{-1} \sqrt{0,4489^2 + 700,2^2} = 8,319 \cdot 10^{-3}.$$

Масштабний коефіцієнт $\varepsilon_m = 0,5865$.

Допустиме напруження на міцність в небезпечних перерізах консолі, МПа :

$$[\sigma_{z1s}] = \frac{\varepsilon_m \sigma_{-1}}{K_{\sigma_z} \cdot n_{\text{min}}} = \frac{0,5865 \cdot 220}{1,38 \cdot 2} = 46,75,$$

де σ_{-1} – границя виносливості матеріалу, $\sigma_{-1} = 220$ МПа;

K_{σ_z} – ефективний коефіцієнт концентрації напружень, $K_{\sigma_z} = 1,38$.

Умова міцності, МПа :

$$\sigma_{z11}^{\text{III}} = 8,319 \cdot 10^{-3} \text{ МПа} \leq [\sigma_{z1s}] = 46,75.$$

Умова міцності виконується.

Висновок: визначили небезпечні за міцністю перерізи валу, знайшли еквівалентні напруження у небезпечних перерізах, порівняли допустимі напруження з еквівалентним, умова міцності виконується.

4.11 Розрахунок опор мішалки

Метою данного розрахунку є вибір типу опори вертикального апарата. Розрахунок здійснюємо за методикою та рекомендаціями наведеними в [24].

Розрахункова схема зображена на рисунку 4.16.

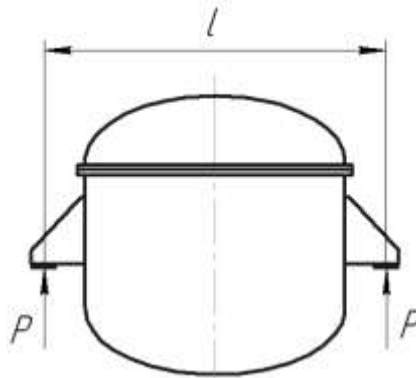


Рисунок 4.16 – Розрахункова схема опор

Вхідні дані до розрахунку:

внутрішній діаметр апарату D , м	1,8;
товщина стінки днища S , м	0,003;
прибавка C , м	0,0012;
тиск P , МПа	0,1;
коефіцієнт міцності зварного шва φ	0,9;
маса апарата m , кг	1300;
маса затору в апараті m_3 , кг	4424;
маса охолоджуючого середовища m_6 , кг	225.

Розраховуємо осьову стискаючу силу, яка діє у нижньому перерізі опорної обичайки в режимі експлуатації P_1 :

$$P_1 = (m_{\text{ап}} + m_3 + m_{\text{в}}) g = (1300 + 4424 + 225) \cdot 9,81 = 58359 \text{ Н} = 0,058 \text{ МН.}$$

Приведене навантаження становить 0,58МН, за ним з [28] вибираємо опору з геометричними розмірами, які наведені у таблиці 4.2. Розрахункова схема приведена на рисунку 4.14.

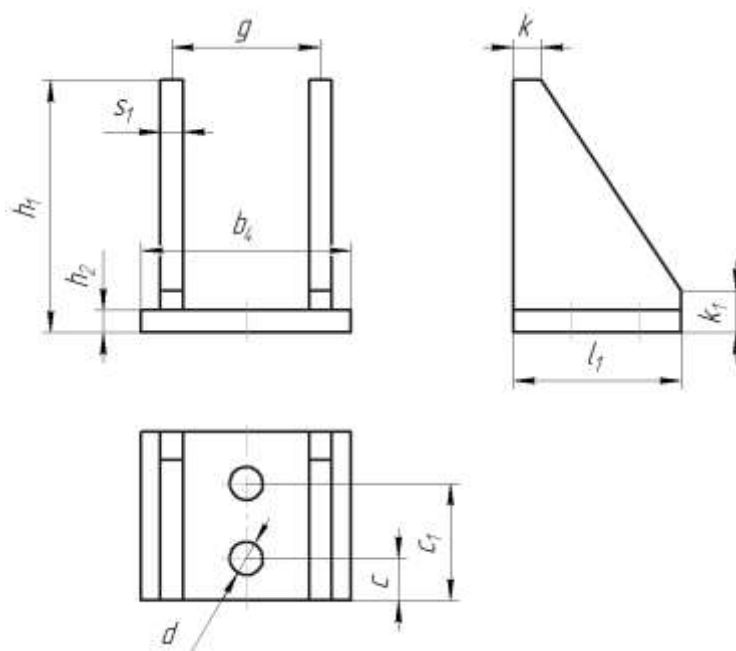


Рисунок 4.17 – Конструкція опорних лап

Таблиця 4.2 Геометричні розміри опори

b_4 , мм	230
c , мм	60
c_1 , мм	130
d , мм	35
$d_{\text{Б}}$	M30
g , мм	160
h_1 , мм	360

h_2 , мм	24
K , мм	35
K_1 , мм	70
l_1 , мм	230
S_1 , мм	12
H , мм	620

Відстань між точкою прикладання зусилля та обичайкою:

$$e_1 = \frac{5l_1}{6} = \frac{5 \cdot 0,23}{6} = 0,192 \text{ м.}$$

Загальні мембранні напруження:

$$\bar{\sigma}_m = \frac{pD}{2(S-C)} = \frac{0,1 \cdot 1,8}{2(0,003 - 0,0012)} = 0,00792 \text{ МПа.}$$

Коефіцієнт $K_2 = 1$.

Коефіцієнт, що враховує ступінь навантаження загальними напруженнями:

$$\vartheta = \frac{K_2}{n_T} \cdot \frac{\bar{\sigma}_m}{[\sigma] \varphi} = \frac{1}{1,5} \cdot \frac{0,00792}{140 \cdot 0,9} = 41,9 \cdot 10^{-6}.$$

Оскільки $\vartheta > 0$, тоді $\vartheta_1 = 0,3$.

Коефіцієнт K_1 :

$$K_1 = \frac{1 + 3\vartheta_1\vartheta_2}{3\vartheta_1^2} \cdot \left(\pm \sqrt{\frac{9\vartheta_1^2(1-\vartheta_2^2)}{(1+3\vartheta_1\vartheta_2)^2} + 1} - 1 \right) = \frac{1 + 3 \cdot 0,3 \cdot 41,9 \cdot 10^{-6}}{3 \cdot 0,3^2} \times$$

$$\times \left(\pm \sqrt{\frac{9 \cdot 0,3^2(1 - 41,9 \cdot 10^{-6})}{(1 + 3 \cdot 0,3 \cdot 41,9 \cdot 10^{-6})^2} + 1} - 1 \right) = 1,278.$$

Граничне напруження вигину обичайки у місці приварки опорної лапи:

$$[\sigma_i] = K_1 [\sigma] \frac{n_T}{K_2} = 1,27 \cdot 140 \cdot \frac{1,5}{1} = 266,7 \text{ МПа.}$$

Геометричні параметри конструктивних вузлів приєднання лап до апарату:

$$u = \ln \frac{D}{2(S-C)} = \ln \frac{1,8}{2(0,003-0,0012)} = 6,41;$$

$$y = \ln \frac{h_1}{D} = \ln \frac{0,36}{1,8} = -1,81;$$

$$y_1 = \ln \frac{b_4}{D} = \ln \frac{0,23}{1,8} = -2,26.$$

Коефіцієнт K_7 :

$$\left(\begin{array}{l} -5,964 - 11,395u - 18,984y - 2,713u^2 - 7,286uy - \\ -2,042y^2 + 0,1322u^3 + 0,4833u^2y + 0,8469uy^2 + 1,428y^2 \end{array} \right) 10^{-2} =$$

$$= \left[\begin{array}{l} -5,964 - 11,395 \cdot 6,41 - 18,984 \cdot (-1,81) - 2,413 \cdot 6,41^2 - 7,286 \cdot 6,41 \cdot (-1,81) - \\ -2,042 \cdot (-1,81)^2 + 0,1322 \cdot 6,41^3 + 0,4833 \cdot 6,41^2 \cdot (-1,81) + 0,8469 \cdot 6,41 \cdot (-1,81)^2 + \\ + 1,428 \cdot (-1,81)^2 \end{array} \right] \cdot 10^{-2} =$$

$$= -0,4457;$$

$$K_7 = |z| = 0,4457.$$

Зусилля, що діє на опорну лапу, яка приварена до циліндричної обичайки без підкладки:

$$F_1 = F_1^{(3)} = \frac{m_{\ddot{a}i}}{3} + \frac{M}{0,866(D+2(e_1+S))} = \frac{5949}{3} + \frac{0}{0,866(1,8+2(0,198+0,003))} =$$

$$= 0,001983 \text{ МН.}$$

$$[F_1] = \frac{[\sigma_i] h_1 (S-c)^2}{K_7 e_1} = \frac{266,7 \cdot 0,36 (0,003-0,0012)^2}{0,4457 \cdot 0,192} = 0,0036 \text{ МН.}$$

Умова несучої спроможності опорного вузла без підкладного листа:

$$F_1 \leq [F_1],$$

$$0,001983 \text{ МН} < 0,0036 \text{ МН.}$$

Умова міцності виконується.

Висновки: вибрана опора 5-3000-160-32-840 [24] із висотою 0,62 м, задовольняє умову міцності.

4.12 Розрахунок зварного шва

Метою розрахунку є перевірка міцності зварного швана ребрі нерухомої плити. Зварний шов зображено на рисунку 4.18.

Розрахунок ведеться у відповідності до [27].

Розрахунок зварних швів базується на припущеннях: зусилля рівномірно розподіляється по довжині шва, напруження рівномірно розподіляється по його робочому перерізу.

Вихідні дані:

сила зрізання P , Н	2700;
довжина зварного шва L , м	0,365;
катет зварного шва a , м	0,008;
матеріал ребра	10X17H13M2T;
допустиме нормальне напруження $[\sigma]$, МПа	174;
напруження від зрізаючої сили P у шві τ_1 , Па:	

$$\tau_1 = \frac{P}{F}, \quad (4.121)$$

де F —площа привареної ділянки, м²

$$F = La \quad (4.122)$$

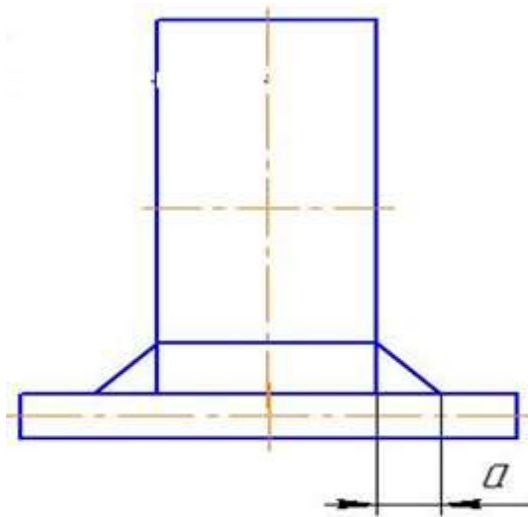


Рисунок 4.15 – Схема до розрахунку зварного шва

Напруження у шві від моменту, Па:

$$\tau_2 = \frac{M}{W}, \quad (4.123)$$

де M – згинаючий момент, Нм:

$$M = 0,07P \quad (4.124)$$

W – момент опору, м³:

$$W = F \frac{l}{6}, \quad (4.125)$$

де $l=0,014$ м – довжина привареної ділянки.

Загальне напруження τ , Па:

$$\tau = \sqrt{\tau_1^2 + \tau_2^2} \quad (4.126)$$

Допустиме дотичне напруження $[\tau]$, Па:

$$[\tau] = 0,7[\sigma] \quad (4.127)$$

Умова міцності:

$$\tau \leq [\tau] \quad (4.128)$$

Розрахунок зварного шва проведений на .NET мові C# (додаток Е),
результати якого наступні:

$$F=0.0292$$

$$t_{ay1}=924657$$

$$M=189$$

$$W=1.94667E-06$$

$$t_{ay2}=9.70890E+07$$

$$t_{ay}=9.709345E+07$$

$$dt_{ay}=1.2180E+08$$

УМОВА МІЦНОСТІ ВИКОНУЄТЬСЯ

Висновок: умова міцності виконується. Напруження зсувні в зварному шві становлять $\tau = 9,7$ МПа і менші допустимих $[\tau] = 12,2$ МПа.

5 Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

Відповідно до закону про охорону праці, документ 2694- XII, зобов'язує роботодавця створити на кожному робочому місці відповідно до нормативно-правових актів, а також забезпечити додержання вимог законодавства щодо прав працівників у галузі охорони праці

Тема магістерської дисертації – Модернізація установки виробництва гліцерину з розробкою апарату з мішалкою та дефлегматора.

Технічне завдання дипломного проекту передбачає розрахунок і проектування лінії для виробництва гліцерину. Контроль параметрів технологічного процесу здійснює оператор лінії, пульт якого знаходиться в виробничому приміщенні, площа якого $S=1500 \text{ м}^2$.

Шкідливими і небезпечними виробничими факторами є:

- електрична безпека;
- вплив механізмів, які рухаються і обертаються;
- виробниче освітлення;
- виробничий шум і вібрації;
- повітря робочої зони;
- пожежна безпека;
- екологічна чистота;
- надзвичайні ситуації.

Електрична безпека

Устаткування лінії, що розробляється в проекті буде знаходитись в сухому приміщенні з нормальною температурою і вологістю повітря. Підлога приміщення залізобетонна [33]. Згідно ПУЕ воно відноситься до приміщень з

підвищеною небезпекою. На пульті управління машиніста напруга $U = 220 \text{ В}$, частота $f = 50 \text{ Гц}$. Тип електромережі - змінний із глухозаземленою нейтраллю.

Основними заходами від ураження електричним струмом є:

- недоступність елементів установки, що знаходяться під напругою (кабелі з електричним струмом піддати захисту);
- ізоляція струмопровідних частин пульта керування ($R \geq 0,5 \text{ Ом}$);
- електро розділення мережі за допомогою спеціальних розділяючих трансформаторів;
- в аварійному режимі захисне занулення та автоматичні вимикачі;
- рубильники включення замкнені в спеціальних шафах;
- при роботі з електроінструментом ($u \leq 42 \text{ В}$), потрібно застосовувати індивідуальні захисні засоби, такі як діелектричні рукавички і калоші, гумові килимки, ізольовані підставки ($I_{к.з.} = 140 \text{ А}$. Щодо до $1,25 - 1,4 I_{ном}$).

В аварійному режимі Застосовуємо занулення з автоматичним відключенням відповідно, А :

$$I_{к.з.} = \frac{U_{\phi}}{z_o + z_{\phi}} = \frac{220}{0,79 + 0,78} = 140,$$

де z_o – опір ланцюга нульового провідника, Ом;

z_{ϕ} – опір ланцюга фазного провідника, Ом.

Відповідно до [33] (із змінами від 24.12.1987)

$I_{к.з.} = 1,3 I_{ном}$.

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 на виробництві.

При застосуванні ручного переносного електроустаткування застосовувати живлячу напругу 42 В від окремого трансформатора. Лінія

живлення устаткування має захисні теплові вимикачі. Інструмент має мати ізольовані ручки та корпус. При роботі використовувати гумові рукавиці, боти, індикатори напруги, що розташовуються поблизу щита. Через те, що установка знаходиться в умовах, прирівняних до особливо небезпечних, її обов'язково потрібно заземлити.

Розрахункові геометричні розміри заземлення зі сталевих стрижнів приймаємо діаметром $d=0.014$ м, рисунок 5.1. Опір одного сталевого електрода більше допустимого, тому включаємо паралельно декілька вертикальних електродів. Їхня кількість визначається за формулою:

$$n = 4,4,$$

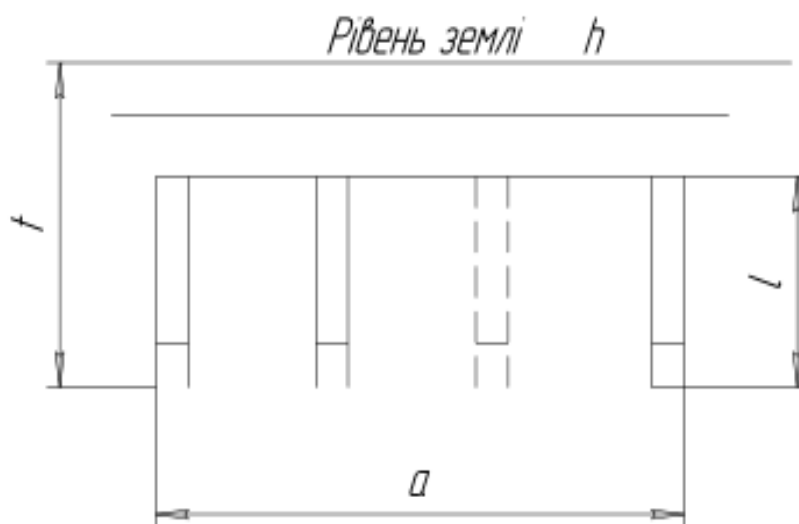


Рисунок 5.1. Схема заземлення

Приймаємо $n_e = 5$.

З'єднання вертикальних електродів будемо виконувати металевою половою перетином 4 x 40 мм.

Довжина полоси, м:

$$l_n = 6,$$

де $a = 1,5$ м - відстань між електродами (рисунок 4.1).

Опір розтіканню струму сполучної полоси, Ом:

$$R_n = 1,65$$

Еквівалентний опір заземлення, Ом:

$$R = 1,05$$

Через те, що еквівалентний опір заземлення R менше допустимого значення 4 Ом, умова виконується згідно з ГОСТ 12.1.030-81.

Безпека впливу частин, що рухаються і обертаються

Механізмами, що обертаються в лінії є: вали насосів, вентиляторів [34]. Ці механізми є небезпечними, так як можливе нанесення механічних травм людині, тому в кожному з випадків деталі або вузли закриті захисним огороженням, яке повністю запобігає можливим механічним травмам.

Для аварійної зупинки лінії передбачена аварійна кнопка відключення, яка знаходиться в кабіні оператора.

Промислове освітлення

На закритому майданчику встановлено 14 лампи типу ЛОУ з люмінесцентними лампами типу ЛД – 80 – 4, що буде давати освітлення $E_\phi = 200$ лк. Так як $E_\phi > E_n = 150$ лк, то освітлення приміщення відповідає нормам [35].

Шум і вібрація

Джерелом шуму при роботі обладнання є:

- електродвигуни, загальна потужність яких $N = 24$ кВт, рівень шуму в джерелах $L = 90-95$ дБа.

- вентилятори та насоси.

Для зменшення виробничого шуму передбачено проведення наступних заходів:

- своєчасне змащування всіх поверхонь, що труться $\Delta L=6$ дБа;
- своєчасний ремонт всіх механічних вузлів за регламентом $\Delta L=5$ дБа;
- своєчасна заміна всіх механічних вузлів за регламентом $\Delta L=5$ дБа.

Фактичні показники шуму не перевищують допустимі, які встановлені [36] ($L^A = 60$ дБа).

Джерелом вібрації являються електродвигуни і обертаючі частини лінії. Вібрації виникають внаслідок неточності установки обертаючих частин, нещільного з'єднання корпусів обертаючих частин до фундаменту.

Це досягається наступними заходами:

- обладнання лінії встановлено на фундаменти, маса яких набагато перевищує масу встановленого обладнання;
- використання гумових прокладок в якості амортизаторів;
- проектування додаткових ребер жорсткості.

Рівень технологічної вібрації в виробничому приміщенні не перевищує 40 дБа при частоті 4 Гц, що відповідає [37].

Сумарний час роботи в контакт з вібрацією не перевищує 2/3 робочої зміни. Тривалість неперервної дії вібрації не перевищує 15 – 20 хв. При такому режимі обідня перерва не менше 60 хвилин.

Пожежна безпека

Випробування та експлуатація лінії виконується при дотриманні правил пожежної безпеки. Температура загоряння мастила, що одержується у виробництві складає 270°C , тобто самозагоряння матеріалу неможливе, оскільки температура повітря в цеху в літній час не перевищує температуру спалаху [38].

Під час роботи установки не використовуються легкозаймисті матеріали. Лінія призначена для експлуатації в пожежо небезпечних зонах класу П-І Іа за ПУЕ. Категорія виробництва “В” по ОНТП24-86.

Серед причин, що можуть призвести до загорання, відзначимо найімовірніші:

- несправність електроживлення;
- струми короткого замикання і перевантаження кабелів живлення;
- використання відкритого вогню в неналежному місці;
- застосування легкозаймистих речовин, їхнє зберігання поблизу установки.

Запобігання заpalенням забезпечується такими заходами:

- дотримання технологічних норм і правил експлуатації;
- догляд за територією відповідно до вимог пожежної безпеки;
- обмеження в застосуванні відкритого вогню;
- паління у спеціальних місцях;
- своєчасне проведення інструкцій серед обслуговуючого персоналу;
- організація наочної агітації з техніки безпеки;
- вчасна перевірка устаткування, особливо електричного;
- дотримання вимоги на засоби пожежогасіння;
- наявність пожежної сигналізації (датчик КІ-1, приймальна станція РУОП-1).

Для гасіння невеликих вогнищ заpalень при вимкненому електроустаткуванні застосовують вуглекислотні вогнегасники ОУ-5 та пінні ОХП-10. Для гасіння ввімкнених електромереж застосовують порошкові вогнегасники з речовинами ОПС-10 і ОППС-100.

У цеху на відстані 30м один від одного встановлені пожежні гідранти з рукавами по 10м.

Відстані до пожежних еваковиходів – 35м, кількість виходів – 3. Ширина прорізу для дверей еваковиходів – 2,5м згідно з СНиП 2.09.02-85.

Безпека під час роботи установки

Перед початком роботи необхідно перевірити:

- робоче місце, яке утримується в чистоті та порядку;
- справність обладнання та його механізмів;
- наявність та справність огорожень;
- справність електрообладнання, відсутність пошкоджених зовнішніх проводів;
- наявність та справність заземлення обладнання;
- справність витяжної вентиляції, підключеної до установки;
- справну роботу аварійної кнопки, “СТОП” та блокувальних пристроїв.

До обслуговування лінії допускаються особи, що пройшли спеціальне навчання та отримали право працювати на ній.

До обслуговування електрообладнання допускаються особи, що склали кваліфікаційній комісії іспит з ПУЕ електроустановок будь-якого типу, а також пройшли відповідний інструктаж на робочому місці.

Під час роботи лінії забороняється виконувати ремонт, наладку та змащування частин, що рухаються, доторкатись до гарячих та рухомих частин, працювати при відкритих щитках та огороженнях.

У випадку якої-небудь небезпеки або поміченої несправності необхідно негайно зупинити установку натисканням аварійної кнопки “СТОП” та повідомити про це майстра.

Екологічні заходи

Основні техногенні забруднювачі повітря у виробництві це продукти, які регенерується або утилізується спеціальним обладнанням, та випаровуючі гази стеаринової кислоти, які завдають які забруднюють атмосферне повітря [39].

Отже, на даному підприємстві застосовуємо організаційні та технологічні методи боротьби із забрудненням повітря:

- здійснення контролю на наявність ГДК на території виробництва;
- робоча сировина готується безпосередньо перед початком процесу та в невеликих закритих об'ємах, що запобігає утворенню шкідливих випаровувань;
- виробництво розташовано за межами міста, поза жилими зонами.

Надзвичайні ситуації

На відстані від цеху до міста аварії – 800 м. Загальна маса пропану – 300 т[40].

Характеристики елементів цеху:

будівля – зі збірного залізо бетону

верстати – важкі

кабельні лінії – наземні контрольно-вимірювальна

апаратура – наявна границі вогнетривкості несучих стін – 2 год
границі вогнетривкості перегородок – 0,25 год;

Категорія виробництва з пожежної безпеки – В;

Щільність забудови об'єкту – 23%;

Розрахункова частина:

Зона I : $r_1 = 117\text{м}$;

Зона II: $r_2=199\text{м}$;

Висновок: об'єкт опиниться за межами цих зон, тобто у зоні повітряної ударної хвилі (зона III)

$\Delta P_{\phi} = 25,01$, кПа.

Ступінь руйнування будівлі – середня

Характеристика руйнувань будівлі:

Руйнування даху, легких внутрішніх перегородок, в капітальних стінах з'являються тріщини.

Ступінь руйнування верстатів – слабкі.

Характеристика руйнувань промислового обладнання: Пошкодження окремих елементів обладнання, важелів управління, вимірювальних приладів.

Ступінь руйнування контрольно-вимірювальної апаратури – сильні;

Ступінь руйнування кабельних ліній – слабкі;

Ступінь ураження людей – від прямої дії – слабкі;

Характеристика уражень людей:

Ступінь вогнестійкості – III ступінь вогнестійкості;

Очікувана пожежна обстановка;

для виробництва категорії пожежної небезпеки В,

ступеня вогнестійкості будівель – III, при надмірному тиску 25 кПа і щільності забудови більше 20% можна очікувати в перші 30 хвилин окремі пожежі з переростанням за 1...2 год в суцільну.

Безпечна кількість вибухової речовини - менше 50 т 4.2.

Визначаємо безпечну кількість пропану для уникнення будь-яких руйнувань, тобто контрольно-вимірювальна апаратура вціліє, якщо кількість пропану буде менше 15 т.

Висновки: На відстані 800 м від цеху стався вибух пропану, що призвело до руйнувань будівлі, елементів цеху, постраждали люди. В першу чергу треба сповістити про НС.

Серед рекомендацій, спрямованих на зменшення заподіяної шкоди та уражень людей, можуть бути такі:

1) укріпити будівлю установленням додаткових колон, ферм, підкосів;

2) верстати надійно закріпити на фундаменті, установити захисні навіси або ковпаки;

3) кабельні лінії прокласти під землею;

4) створити 50% запас контрольно-вимірювальної апаратури;

5) установити на вікнах захисні металеві сітки, щоб розбите скло не потрапляло в приміщення цеху;

6) установити і регулярно контролювати стан вогнегасників та інших протипожежних систем;

7) порушити питання перед відповідними органами про зменшення запасу вибухонебезпечної речовини до безпечної кількості. Розрахунковий максимальний можливий тиск, що виникає при згоранні вибухонебезпечного середовища:

Адміністрація підприємства зобов'язана забезпечити безпеку обслуговування, робочий стан і надійність роботи посудин під тиском.

План евакуації у випадку виникнення НС зображено на рисунку 5.2.

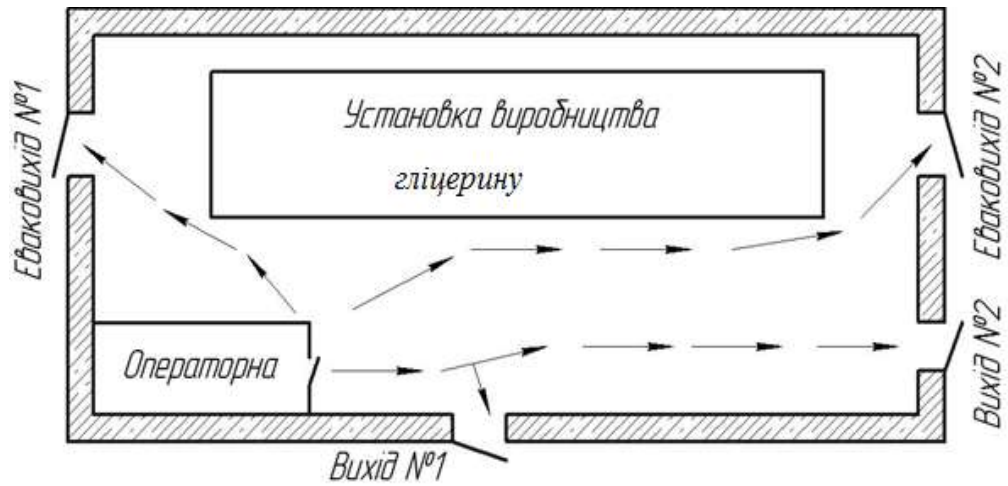


Рис. 5.2 – План евакуації у випадку надзвичайної ситуації.

Висновки: комплекс заходів спрямованих на попередження виникненню надзвичайних ситуацій, при сумлінному виконанні рекомендацій та інструкцій допоможе уникнути негативного впливу шкідливих факторів, травм, а також уникнути жертв при виникненні серйозних аварій на підприємстві.

6 Рекомендації щодо монтажу та експлуатації апаратів установки

Монтажні роботи під час будівництва об'єкту виконуються спеціалізованою монтажною організацією [41]. Виробничі підрозділи організації виконують такі роботи: такелажні (навантажування, розвантажування, переміщення і встановлення дефлегматора в проектне положення); слюсарно-монтажні (складання апарата); монтаж металоконструкції; зварювання; прокладання трубопроводів та інші роботи.

Дефлегматор на монтажний майданчик доставляється у вигляді окремих складових частин, тому необхідно виконувати його укрупнювальне складання. На фундамент горизонтальний дефлегматор (довгий і невеликого діаметра) встановлюють вантажопідйомними кранами або щоглами. Кількість кранів визначається вагою і жорсткістю апарата (тобто можливістю його поперечного вигину під дією власної ваги). Стропування дефлегматора здійснюють за монтажні вушки або штуцери. Під час монтажу необхідно стежити за тим, щоб місця стропування не співпадали з посадочними поверхнями апарата.

Під час складання листових конструкцій для зварювання мають виконуватися вимоги креслень. З цією метою потрібно використовувати різні пристрої: струбцини, стяжки і клинові пристрої та ін. Зварювання здійснюється під шаром флюсу на обладнаних зварювальною лошадкою стендах. Зварні шви підлягають обов'язковому контролю та термообробці (для усунення внутрішніх напружень у місцях зварних швів).

Фундамент вважається опорною частиною дефлегматора і передає на ґрунт тиск від його ваги і сил, що виникають при роботі. Тобто фундамент має:

забезпечити рівномірний розподіл на ґрунт сил відносно несучої спроможності ґрунту;

зберегти задане під час монтажу положення дефлегматора за всіх ґрунтових умов;

збільшити жорсткість апарата шляхом включення фундаменту в систему „обладнання – фундамент”.

Встановлення хімічного апарата на фундамент здійснюється за допомогою опор. Горизонтальний дефлегматора встановлюється на сідлових опорах. Ковзання опори від температурних видовжень апарата, встановленого на бетонному фундаменті, повинно проходити по опорному листі (ОСТ 26-1267-75). Регулювальні болти, які передбачені в стандартних сідлових опорах, допускають навантаження на одну опору не більше 160 кН. Після виверки апарата на фундаменті і затвердіння бетонної наливки регулювальні болти і болти, призначені для кріплення підкладного листа до опори на час встановлення апарата на фундамент, видаляються.

Одна опора повинна бути нерухомою, інші – рухомими. Апарат кріпиться до фундаменту за допомогою фундаментних болтів. За конструктивним рішенням фундаментні болти підібрані згідно з ГОСТ 24379.0-80. Фундаментні болти у рухомої опори повинні бути оснащені контргайками і не затягуватися (встановлюють з зазором 1 – 2 мм (0,001 – 0,002 м)). Розміщення фундаментних болтів в опорах повинно забезпечувати вільне переміщення їх внаслідок температурного видовження.

Монтаж проводиться, починаючи з нижньої частини виробу, шляхом послідовного нарощування вище розташованих частин виробів.

Випробування теплообмінника потрібно проводити водою під тиском $1,25p_{роб}$. Витримувати не менше 15хв (900с). Натікання води через основний метал та зварні шви не допускається. Контроль апарата – візуальний [42].

Умови, що забезпечують безпеку дефлегматора:

апарат встановлено на відкритій ділянці, що знижує небезпеку отруєння обслуговуючого персоналу і вибухів на установці у випадку порушення герметизації апарата і трубопроводів;

з'єднання трубопроводів виконане зварюванням з мінімальною кількістю фланцевих з'єднань;

поверхня апарата ізольована ззовні;

до роботи на установці повинен допускатися персонал, який навчений постійній роботі;

всі роботи по чистці, огляду, підготовці до ремонту, проведенню ремонтних робіт всередині апарата повинні проводитися у відповідності до інструкцій підприємства з застосуванням неіскрового інструмента;

обслуговуючий персонал повинен знаходитись в спецодязі і мати при собі засоби індивідуального захисту;

при ремонті і чистці апарат повинен бути охолоджений, звільнений від речовин, продутий повітрям або азотом до повної відсутності горючої речовини, відключений заглушками від всіх трубопроводів, які утримують його з джерелами тиску і іншими апаратами [43].

7 Рівень стандартизації та уніфікації

Застосування стандартів сприяє поліпшенню якості продукції, підвищенню рівня уніфікації і взаємозамінності, розвитку автоматизації виробничих процесів, росту ефективності експлуатації і ремонту виробів.

Використання уніфікації сприяє раціональному скороченню кількості об'єктів однакового функціонального призначення.

Стандартизація – це діяльність з метою досягнення максимального ступеня упорядкування у певній галузі шляхом встановлення положень для загального і багаторазового використання, щодо реально існуючих і можливих завдань.

Коефіцієнт стандартизації – відношення кількості стандартних деталей до загальної кількості усіх деталей. Для апаратів, що виготовляються згідно стандартів або нормалей, коефіцієнт стандартизації рівний одиниці.

Уніфікація – це вибір оптимальної кількості різновидної продукції, процесів та послуг а також значень їх параметрів.

Коефіцієнт уніфікації – відношення кількості стандартних та запозичених деталей до загальної кількості усіх деталей.

Рівень стандартизації та уніфікації характеризується коефіцієнтом застосовності по деталях, визначаємо за методикою РД 33-74, утверджений Держстандартом України.

При розробці апарата на всіх стадіях проектування повинні максимально використовуватись стандартні, уніфіковані вузли та деталі.

Стандарти на хімічні процеси встановлюють згідно з методами виконання різного роду робіт у технологічних процесах хімічної промисловості. Ці вимоги встановлюються або до окремих технологічних операцій, які мають самостійне значення, або до сукупності послідовних операцій.

В даних апаратах уніфіковано наступні вузли та деталі:

- фланці	ГОСТ 12820-80;
- болти	ГОСТ 7798-70;
- гайки	ГОСТ 5915-70;
- шайби	ГОСТ 6402-70;
- шпильки	ГОСТ 22036-76.

Рівень стандартизації та уніфікації для дефлегматора

Коефіцієнт стандартизації для дефлегматора визначаємо із залежності:

$$K_c = \frac{n_c}{N} = \frac{35}{72} = 0,486,$$

де n_c - кількість стандартних деталей в апараті, $n_c = 35$;

N - загальна кількість деталей в апараті, $N = 72$.

Коефіцієнт уніфікації для дефлегматора визначаємо із залежності:

$$K_y = \frac{n_c + n_3}{N} = \frac{35 + 17}{72} = 0,72,$$

де n_3 - кількість уніфікованих деталей в апараті, $n_3 = 17$.

Рівень стандартизації та уніфікації для мішалки:

Коефіцієнт стандартизації:

$$K_{cm} = \frac{n_{cm}}{n_{zag}} = \frac{771}{814} = 0,9472,$$

де n_{cm} - кількість стандартних типорозмірів, $n_{cm} = 771$;

n_{zag} - загальна кількість типорозмірів, $n_{zag} = 814$.

Коефіцієнт уніфікації:

$$K_{yn} = \frac{n_{cm} + n_{orig}}{n_{zag}} = \frac{771 + 37}{814} = 0,9826,$$

де n_{orig} - кількість оригінальних деталей, $n_{orig} = 37$.

Висновок: відповідно до отриманих даних робимо висновок, що рівень стандартизації та уніфікації високий, 0,73 та 0,82 відповідно, що значно спрощує проектування та виготовлення даного апарату.

8 Розроблення стартап проекту

8.1. Опис ідеї проекту

Хімічні властивості гліцерину зумовлюють широке його використання у хімічній промисловості, шкіряному виробництві та текстильній промисловості, застосовується в тютюновій промисловості, при виробництві поліуретанів, гуми, фанери, барвників, чорнил і паст, емульгаторів, фотографічних і інших матеріалів. Продукти реакції гліцерину з фталевою кислотою разом з спиртом перетворюються в електроізоляційний лак.

Перевагами гліцерину в порівнянні з іншими спиртами є висока гідроскопічність, широке застосування, а також ці матеріали є дешевшими в порівнянні з іншими матеріалами. Тому гліцерин широко застосовуються в багатьох галузях виробництва.

Внаслідок того, що обсяг виробництва гліцерину в Україні є досить великим важливим питанням є збільшенні конкурентоспроможності виготовленої продукції з країнами Західної Європи та Азії.

Тому виробництво гліцерину та обладнання для їх переробки актуальним і проблемним питанням, яке вимагає постійної уваги до себе.

Основними параметрами якості гліцерину, з гранул яких буде виготовлятися вироби, є рівномірний розподіл компонентів суміші в об'ємі матеріалу, тобто якість змішування при проведенні процесу. Мішалки є найбільш широко застосовуваним обладнанням у технології виробництва гліцерину, однак якість змішування в них може бути недостатньою. На якість змішування в найбільше впливає, конструкція змішувального елемента.

У таблиці 8.1 зображено зміст ідеї та можливі базові потенційні ринки, в межах яких потрібно шукати групи потенційних клієнтів.

Таблиця 8. 1 – Опис ідеї стартап–проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Нова конструкція змішувального елемента т для технології виробництва гліцерину	Виготовлення гліцерину нашими клієнтами (підприємствами). Застосовуватиметься у косметологічній, тютюновій галузях з кращими експлуатаційними характеристиками , а саме: менша трата електроенергії, зношуваність перемішуючого пристрою	Підвищення продуктивності проведення процесу
		Перемішування неоднорідних сумішей з новим складом компонентів
		Вища якість продукції дуже чистий, гарно перемішаний гліцерин
	Застосування нашими клієнтами у косметологічній, тютюновій галузях простішого обладнання у технології виробництва гліцерину Будівельні компанії, харчова та хімічна, сільськогосподарська, приладобудівна промисловості	Підвищення енергоефективності проведення процесу
	Зменшення витрат на придбання обладнання та його ремонту	

Пропонується нова конструкція змішувального елемента та пристрою для охолодження змішувального елемента, що забезпечує інтенсивне диспергуюче змішування неоднорідних сумішей та охолодження змішувального елемента для запобігання неправильної термічної обробки гліцерину. Таким чином збільшення величини накопиченої деформації зсуву покращує якість змішування, а додаткове охолодження запобігає перегріву

розплаву при його течії в робочих зазорах та каналах змішувального елемента.

Завдяки спіральній конструкції лопаті мішалки, в змішувальному елементі підвищується теплообмін.

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

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

Таблиця 8.2 – Визначення сильних, слабких та нейтральних характеристик ідеї проекту

Техніко-економічні характеристики ідеї	(потенційні) товари/концепції конкурентів				W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
	Мій проект	Room-shop	Torgpark	Ald студія			
Вартість мішалки, грн	80000	90000	100000	120000	–	–	–
Витрата електроенергії на двигун, кВт/год	20	18,5	20	22	–	+	–
Продуктивність, кг/год	120	120	100	140	–	+	–
Вихід бракованої	2,4	6,8	10,5	4,5	–	–	+

продукції, кг/год								
Індекс змі- шування	0,97	0,95	0,9	0,97	–	–	+	

Визначений перелік слабких, сильних та нейтральних характеристик та властивостей ідеї потенційного товару є підґрунтям для формування його конкурентоспроможності. Основною конкурентною перевагою проекту є покращення змішування та зниження кількості випуску бракованої продукції через механічну та термічну деструкцію полімеру внаслідок дисипативних тепловиділень при його течії у змішувальному елементі, шляхом встановлення спіральної лопаті .

8.2 Технологічний аудит ідеї проекту

Гліцерин застосовуються в багатьох галузях народного господарства, як бюджетний матеріал. Однак гліцерин в чистому вигляді нечасто застосовуються, внаслідок їх нижчих механічних характеристик в порівнянні з наповненими стабілізаторами, барвниками, наповнювачами та іншими компонентами, які поліпшують властивості звичайного гліцерину. Тому покращення технології виробництва гліцерину в процесі змішування є вкрай актуальним.

Розроблення стартап-проекту проводимо згідно методики[44].

Конструкцію змішувального елемента наведено на рисунку. 8.1.

В межах даного підрозділу проведено аудит технології, за допомогою якої можна реалізувати ідею проекту.

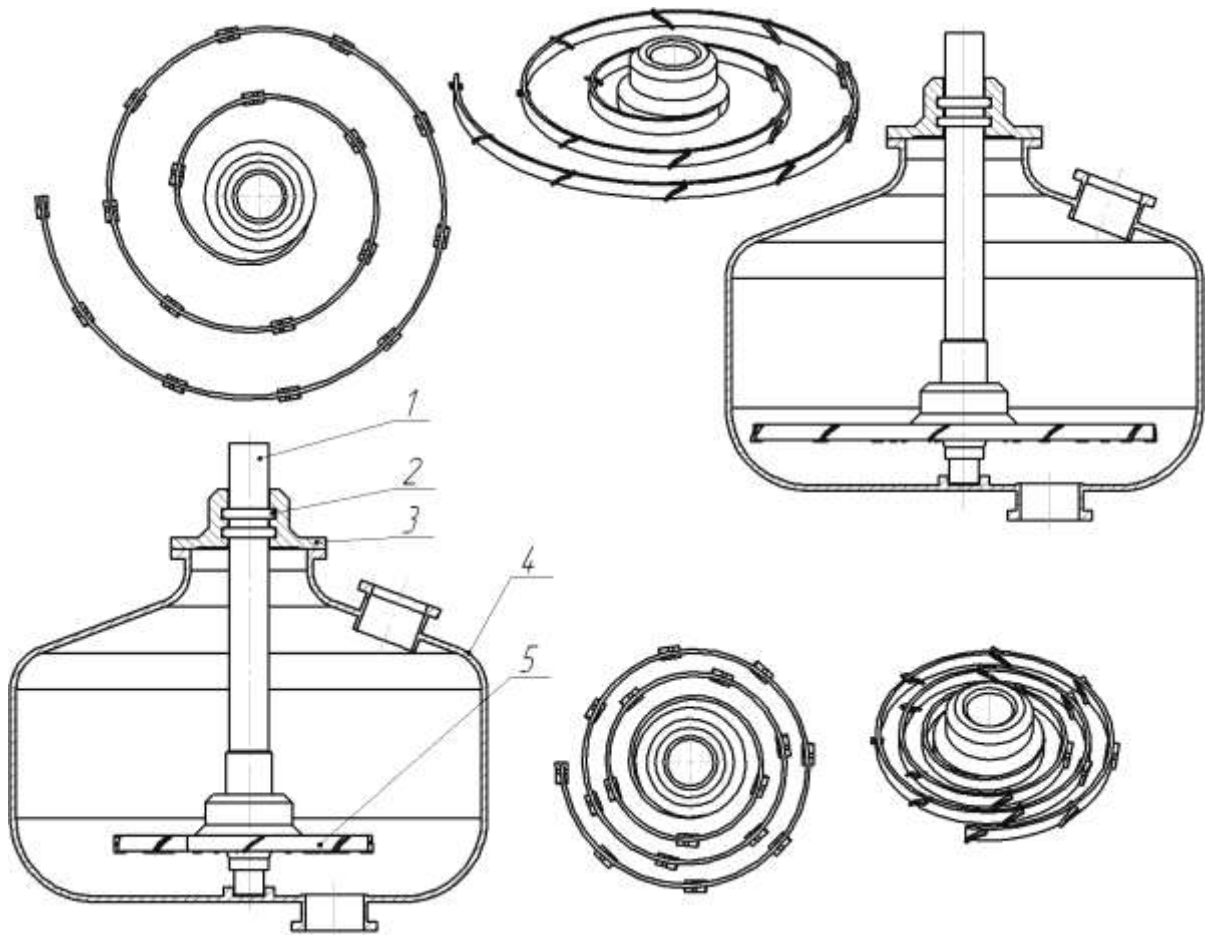
Визначення технологічної здійсненності ідеї проекту передбачає аналіз таких складових:

За якою технологією буде виготовлено товар згідно ідеї проекту?

Змішувальні елементи виготовляються на спеціальному металорізальному обладнанні та верстатах з ЧПУ, внаслідок необхідності обробки складних поверхонь. Даний робочий елемент повинен витримувати значні навантаження та знос. Для цього їх азотують та піддають гартуванню. Отримують із циліндричних сталевих заготовок круглого перетину.

1. Чи існують такі технології, чи їх потрібно розробити/добробити?
Дані технології існують. В розробці/добробці їх немає необхідності.

2. Чи доступні такі технології авторам проекту?
Так, дані технології доступні.



1 – вал мішалки; 2 – ущільнення; 3 – кришка апарату; 4 – корпус апарату;
5 – мішалка з гнучкими спіральними елементами

Рисунок 8.1 – Типова конструкція апарату з мішалкою, що містить гнучкі спіральні елементи.

За результатами аналізу видно, що можливості технологічної реалізації проекту, а також технологічного шляху, яким це доцільно зробити – є можливим.

Таблиця 8.3 – Технологічна здійсненність ідеї проекту

п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
	Інтенсифікація процесу змішування	Модернізована конструкція змішувального елемента	На даний момент відомо багато конструкцій змішувальних елементів, однак процес змішування можна зробити ефективнішим.	Література для вивчення процесу екструзії представлена декількома авторами, для підвищення конкурентоспроможності потребує подальшого вивчення
	Підвищення енергоефективності	Додаткова модернізована конструкція змішувального елемента, нова технологічна лінія виробництва гліцерину	Наявні, відомі конструкції модернізуються	На ринку представлено декількома основними виробниками хімічного обладнання
	Оптимізація та автоматизація процесу виробництва	Модернізована система автоматизації	Наявні, проводиться модернізація	Є доступними для купівлі, впровадження в виробничий процес

Обрана технологія реалізації ідеї проекту:
Нова конструкція змішувального елемента Меддока дистрибутивним змішувальним елементом

8.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Визначено ринкові можливості, які можна використати під час ринкового впровадження проекту, та ринкових загроз, які можуть перешкодити реалізації проекту, дозволяє спланувати напрями розвитку проекту із урахуванням стану ринкового середовища, потреб потенційних клієнтів та пропозицій проектів–конкурентів.

Спочатку проведено аналіз попиту: наявність попиту, обсяг, динаміка розвитку ринку (таблиця 8.3).

Виробництво гліцерину продукції в Україні станом на 2019 рік відбулося зростання на 3,3% (р/р), внаслідок збільшення попиту з боку суміжних галузей (фармацевтична, будівництва (зростання у серпні (р/р) будівництва інженерних споруд – на 30,5%))[44].

В Україні працюють наступні виробники гліцерину:(Хімтон, Укрхімформація, Акво, Хімпром, Експохім). Крім того, є невеликі підприємства–виробники і заводи, які мають виробничі потужності, але через нестачу сировини не функціонують. [44].

В таблиці 8.3 наведено попередні характеристики потенційного ринку стартап-проекту.

Таблиця 8.3 – Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
Кількість головних гравців, од	5
Загальний обсяг продаж, грн/ум. од	2000

Динаміка ринку (якісна оцінка)	Стагнує
Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Масштабність, більші компанії можуть виробляти товари з меншою собівартістю, ніж маленькі. Переваги у вартості можуть бути іноді швидко подолані за рахунок технологій.
Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	ДСТУ, ГОСТ, ISO для продукції, а саме вимоги до токсичності тощо.
Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	60

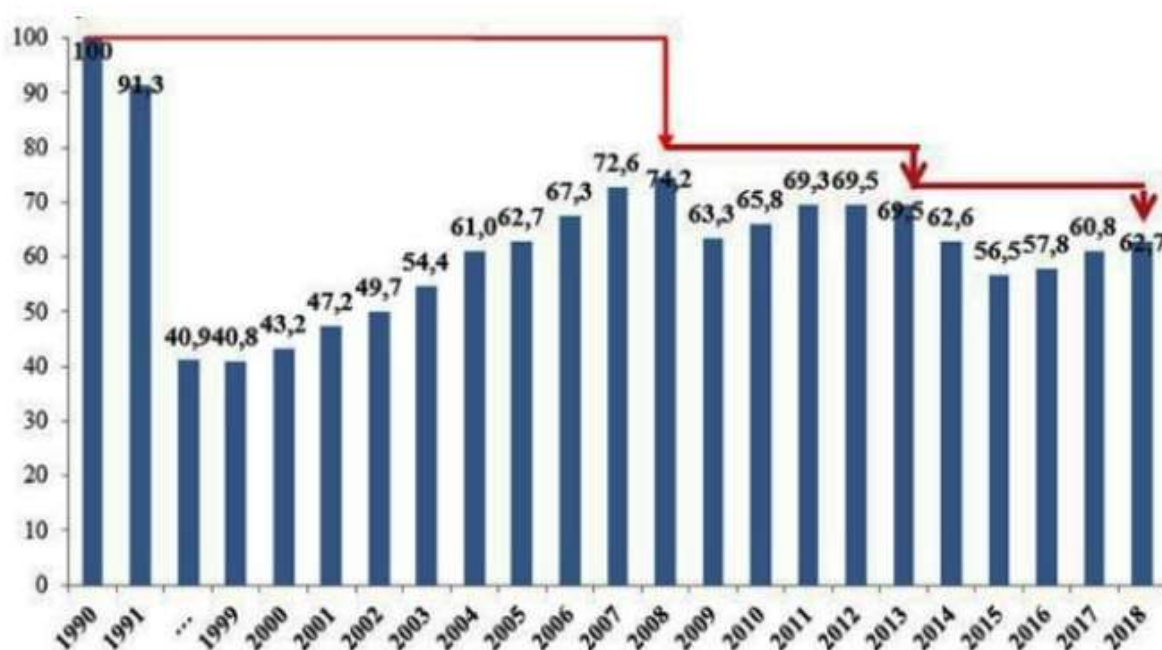


Рисунок 2.1- Динаміка ринку продажу гліцерину

За результатами аналізу таблиці можна зробити висновок, що ринок є привабливим для входження за попереднім оцінюванням. Однак проблеми виникають з забезпеченням власних полімерів, які є сировиною для подальшої переробки. Тому частина сировини імпортується в Україну.

Надалі визначаємо потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формуємо орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (таблиця 8.4).

Таблиця 8.4 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
Потреба в гліцерині зростає, потреба в підвищенні якості виробництва	Будівельні компанії, харчова та хімічна, сільськогосподарська, приладобудівна промисловості Компанії по виготовленні косметики, шкіряного одягу, електронних сигарет тощо.	ДСТУ, ГОСТ, ISO	- до продукції: якісна структура гліцерину та відповідність всім нормативам, щодо якості, токсичності; - до компанії-постачальника: якість постачання, швидкість, доступність.

Проводимо аналіз ринкового середовища: складаємо таблиці факторів, що сприяють ринковому впровадженню проекту, та факторів, що йому перешкоджають (таблиці 8.5, 8.6). Фактори в таблиці подавати в порядку зменшення значущості.

Фактори поділяються на внутрішньо маркетингові середовище та зовнішньо маркетингові середовище. До внутрішньо маркетингових факторів відносяться власний капітал стартап проекту, інтелектуальна ресурси, технологічні ресурси, матеріальні, місцезнаходження. До зовнішньо маркетингового середовища стартап проекту відносяться природні, політико-правові, соціо-культурні, економічні, науково-технічні і демографічного середовища.

Фактори загроз вносимо до таблиці 8.5.

Таблиця 8.5 – Фактори загроз

Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1. Консервативність споживачів до запровадження інновацій	Небажання споживачів впроваджувати інноваційні рішення	Пояснення споживачам, що пропоновані послуги зможуть підвищити ефективність виробництва
2. Низька конкурентоспроможність на ринку.	Перенасиченість ринку схожою продукцією.	Реклама в соціальних мережах.
3. Низьке забезпечення сировиною в Україні для переробки з іншими компонентами композиції.	Зайві витрати на закордонну сировину	Пошук вітчизняної сировини
5. Складність знаходження організації, яка виконає модернізацію технологічної лінії отримання гранул гліцерину	Небажання організації вкладати інвестиції в інноваційні рішення	Пояснення інвесторам, що пропоновані послуги зможуть підвищити ефективність виробництва

Таблиця 8.6 – Фактори можливостей

Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1. Створення нових рецептур гліцерину;	Застарілі технології виробництва гліцерину на державних підприємствах дозволить впровадити нашу технологію виробництва гліцерину.	Розробка нового обладнання та конструкцій змішувальних елементів. Впровадження даної технології та декларування власної ціни на дану пропозицію.

2. Екологічні зміни	Посилять бажання інвесторів впроваджувати інноваційні рішення	Пропонувати модернізацію їх виробництва за допомогою наших послуг
---------------------	---	---

Надалі проводимо аналіз пропозиції: визначаються загальні риси конкуренції на ринку, отримані дані заносимо до таблиці 8.7.

Таблиця 8.7 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Тип конкуренції: олігополія	Невелика кількість конкуруючих фірм, при цьому хоча б одна або дві з них, виробляють значну долю продукції даної галузі	Пропозиція унікального продукту на ринку, який дозволить знизити високий бар'єр входу на ринок
2. За рівнем конкурентної боротьби: Національна конкуренція на ринку	Забезпечення конкурентоспроможності на вітчизняному ринку.	Пропозиція продукту великим підприємствам з урахуванням вимог до наслідків його реалізації

Продовження таблиці 8.8– Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

3. За галузевою ознакою: Внутрішньогалузева конкуренція	Конкуренція за більш вигідні умови виробництва, за розширення ринків збуту своїх товарів, за одержання найбільшого прибутку між конкурентами в одній галузі	Підвищення ефективності всієї галузі, її технічний рівень та конкурентоспроможність, удосконалення структури виробництва відповідно до нових потреб.
4. Конкуренція за видами товарів: товарно-родова	Зосередження конкурентоспроможності на якості товару	Постійний моніторинг ринку щодо появи продуктів(технологій) замінників

5. За характером конкурентних переваг: нецінова	Технічні переваги, впровадження нововведень, найефективніші методи збуту товару	Зосередження конкурентоспроможності на якості товару, наданні додаткових послуг та збільшення асортименту
6. За інтенсивністю	Товарна марка надає можливість споживачеві швидко розрізнити товари різних виробників	Створення власного бренду

Після аналізу конкуренції проводимо більш детальний аналіз умов конкуренції в галузі за моделлю 5 сил М. Портера. Згідно цієї моделі розглядаємо 5 основних сил, які необхідно врахувати перед виходом на ринок, опис наведено в таблиці 8.8.

М. Портер вирізняє п'ять основних факторів, що впливають на привабливість вибору ринку з огляду на характер конкуренції.

- конкурент, що є вже в галузі;
- потенційні конкуренти;
- наявність товарів замінників;
- постачальники, що конкурують за ринкову владу;
- споживачі.

Таблиця 8.8 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари-замінники
Складові аналізу	Підприємства, що займаються виробництвом гліцерину: ТОВ «Хімпром», «Акво» тощо.	Конкурентом може стати підприємство, яке почне співпрацювати з технічними вузами.	Напрямо до бутті сировини, (бажано купувати сировину в українських виробників наприклад «Карпатнафтохім» та ін.)	не конкурентоспроможне обладнання; високі ціни на товари; неякісні послуги; безінноваційне.	Інші матеріали (масла, кераміди та інші композиційні матеріали)

Висновки:	На даний момент більшість конкурентів не створює нових технологій та модернізації обладнання для їх переробки.	- Вхід на ринок можливий, внаслідок того, що промисловість потребує велику кількість гліцерину. - нових конкурентів не знайдено.	Час, ціна та якість сировини для переробки і поставки комплексних та його мінімальна вартість.	Клієнту завжди не-обхідне: Конкурентно спроможне обладнання за низькою ціною якісне та інноваційне	На даний момент полімери є найпоширенішими матеріалами тому заміники полімерів в більшості галузей промисловості відсутні.
-----------	--	---	--	--	--

Згідно отриманого аналізу конкуренції визначено, що конкуренція на ринку, що важливим конкурентним рішенням є розвиток технології змішування, шляхом модернізації та створення нового обладнання для їх переробки.

На основі аналізу конкуренції, проведеного в таблиці 5.8, а також із урахуванням характеристик ідеї проекту (таблиця 5.2), вимог споживачів до товару (табл. 5) та факторів маркетингового середовища (таблиці 5.5, 5.6) визначається та обґрунтовується перелік факторів конкурентоспроможності.

Згідно отриманих результатів основним параметром конкурентоспроможності є якість отриманих гранул гліцерину для виробництва виробів різного призначення, а саме завдяки антифрикційним особливостям отриманої композиції, для виробництва виробів та деталей, що труться. Аналіз факторів конкурентоспроможності наведено в таблиці 8.9.

Таблиця 8.9 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Ціна	Зменшення вартості надання товарів та послуг шляхом зниження енергозатрат на виробництво гліцерину.
2.	Якість змішування та однорідність структури	Якість змішування компонентів гліцерину формує якість виробів, які будуть виготовлятися, тому клієнти зацікавлені в

		отриманні якісного товару.
3.	Асортимент продукції конструкції мішалок для виробництва гліцерину	Ми надаємо комплекс послуг по налагодженню виробництва, виготовленню і монтажу а також постачаємо комплектуючі по низьким цінам. Це важливо, тому що інші компанії не звіряють правильність технології виробництва Це важливо для якості товару.
4.	Рівень концентрації	Акцент на подальшій співпраці з існуючим клієнтами. Підвищує якість товару.

За визначеними факторами конкурентоспроможності проводиться аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту.

Таблиця 8.10 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін проекту

/п	Фактор конкурентоспроможності	Б али 1 -20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні проектом						
			3	2	1	0	1	2	3
1.	Ціна	5				△	□		
2.	Якість	10			□		△		
3.	Асортимент	5	△	□					
4.	Рівень концентрації	0			△	□			

* □ – ЗАТ «Аква»

△ – ЗАТ «Хімтон»

◇ – завод «Хімпром»

Сильні сторони проекту: якість структури гліцерину; зменшення кількості виходу бракованого неякісного матеріалу; універсальність застосування

модернізованого обладнання (швидке переорієнтування на нові види полімерних композиційних матеріалів).

Слабкі сторони проекту: невеликий асортимент продукції, що виготовляється; недостатня кількість сировинної бази в Україні та необхідність купівлі імпортової сировини.

Складаємо SWOT-аналіз (матриці аналізу сильних (Strength), слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities) на основі виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін (таблиця 8.10), та вносимо результати до таблиці 8.11.

Таблиця 8.11 – SWOT - аналіз стартап -проекту

Сильні сторони	Слабкі сторони
<ol style="list-style-type: none"> 1. новизна проекту; 2. актуальність стартап-проекту полягає в збільшенні конкурентоспроможності споживачів підприємств хімічної промисловості; 3. низька вартість впровадження проекту; 4. інноваційна діяльність; 5. робота за вільним графіком працівників та креативність нашої роботи. 6. залучення до співпраці фахівців в інженерії; 7. модернізація та проектування нового обладнання для виробництва гліцерину 	<ol style="list-style-type: none"> 1. низька дохідність проекту. 2. висока вірогідність інертності проекту і невстигання за змінами у галузі»?
Можливості	Загрози
<ol style="list-style-type: none"> 1. Створення нових рецептур гліцерину; 2. Екологічні зміни 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Консервативність споживачів до запровадження інновацій. 2. Низька конкурентоспроможність на ринку. 3. складність виходу на ринок;

	<p>4. низьке забезпечення сировиною в Україні для переробки з іншими компонентами композиції;</p> <p>5. складність знаходження організації, яка виконає модернізацію технологічної лінії отримання гранулгліцерину;</p>
--	---

Визначені альтернативи аналізуємо з точки зору строків та ймовірності отримання ресурсів, отримані дані вносимо до таблиці 8.12.

Таблиця 8.12 – Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
.	Використанні гліцерину для виробництва товарів косметологічної та тютюнової галузей	На даний момент недостатньо висока, внаслідок малої кількості клієнтів	1,5 року
.	Виробництво гліцерину для легкої промисловості	Достатньо висока	8 місяців
.	Приладобудування та обслуговування техніки (гліцерин для даної галузі)	Достатня	1 рік

Після аналізу зазначити обираємо альтернативу виробництво нових композиційних матеріалів для легкої промисловості та виробництво гліцерину для товарів косметологічної та тютюнової галузей. Запропоновано три альтернативи.

На даний момент легка, косметологічна та тютюнова промисловість отримує найбільшу кількість інвестицій з закордону та України, тому розробка альтернативного проекту в даній галузі є актуальним. Запропонований варіант змішування в технології виробництва гліцерину здатне вирішити дану проблему. Після аналізу обираємо альтернативу диференціації, що передбачає надання товару важливих з точки зору споживача відмітних властивостей, які роблять товар відмінним від товарів конкурентів.

8.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Розроблення ринкової стратегії першим кроком передбачає визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп потенційних споживачів (таблиця 8.13). Розроблення ринкової стратегії проекту проводимо згідно методикою наведеною в [44].

Таблиця 8.13 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів прийняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1.	Будівельні компанії, харчова та хімічна, сільськогосподарська, приладобудівна промисловості	Зазнаватиметься готовністю підприємств піти на додаткові витрати пов'язані з впровадженням імплементації результатів наукових досліджень в господарській діяльності	Залежить від рівня та темпу розвитку економіки країни, насамперед від галузей-споживачів, а також рівня характеру конкурентів	Низька	Високі бар'єри входу на ринок

			з боку держави		
Обрано наступні цільові групи: підприємства сільськогосподарської, легка промисловість, приладобудування та будівельна промисловості різних форм власності.					

За результатами аналізу потенційних груп споживачів (сегментів) обираємо сільськогосподарської, приладобудування та будівельна промисловості і використовуємо стратегію концентрованого маркетингу.

Для роботи в обраних сегментах ринку необхідно сформувати базову стратегію розвитку, яка наведена в таблиці 8.14.

Таблиця 8.14 – Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
1.	Виробництво гліцерину для покращення властивостей шкіри в легкій промисловості	Концентрований маркетинг	Наслідують дій лідера, захисні дії	Диференціації
2.	Полімерні композиції для приладобудування	Диференційований маркетинг	Захисні дії, наслідують лідера	Лідерства по витратах

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (таблиця 8.18).

Таблиця 8.15 – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і	Стратегія конкурентної поведінки*

			які?	
1.	Ні	Передбачається розвиток ринку	Ні, не буде. Буде утворено унікальну продукцію	Наслідування лідера

На основі вимог споживачів з обраних сегментів до постачальника (стартап-компанії) та до продукту, а також в залежності від обраної базової стратегії конкурентної поведінки розробляється стратегія позиціонування (таблиця 8.16), що полягає у формуванні ринкової позиції (комплексу асоціацій), за яким споживачі мають ідентифікувати торговельну марку/проект.

Таблиця 8.16 –Визначення стратегії позиціонування

Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкуренто-спроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1. до продукції: якість структури гліцерину, склад та однорідність розподілення компонентів, наявність дефектів, 2. до компанії-	Інтегративного зростання (поєднання з інвесторами та клієнтами)	Буде утворено унікальну продукцію Нова конструкція змішувального елемента, інтенсифікація процесу вища енергоефективність процесу виробництва	Виробництво асортименту, для кожного клієнта У клієнтів має сформуватися асоціація, що ця технологія підвищуватиме ефективність їх виробництва і дозволить їм

постачальника: якість постачання, швидкість, доступність		гранул композиції	надалі економити
--	--	-------------------	------------------

Основною особливістю пропонованого проекту є підвищення ефективності процесу змішування шляхом модернізації лопаті.

8.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Першим кроком є формування маркетингової концепції товару, який отримає споживач. Для цього у таблиці 20 підсумовуємо результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 8.17 – Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1.	Нові конструктивні матеріали.	Нові експлуатаційні властивості отриманих композицій	Якість структури гліцерину, ціна, підтримання потрібних характеристик
2.	Зменшення виходу бракованого матеріалу	Збільшення продуктивності та підвищення якості продукту	Інноваційна конструкція змішувального елемента

3.	Зниження енергозатрат на виробництво (проведення процесу змішування).	Зменшення ціни продукту	Інноваційна конструкція та спосіб змішування
----	---	-------------------------	--

Надалі розробляється трирівнева маркетингова модель товару: уточнюється ідея продукту та/або послуги, його фізичні складові, особливості процесу його надання (таблиця 8.18). Орієнтовний перелік можливих характеристик товару наведено у методиці [44].

До основних техніко-економічних характеристик товару відносяться:

- Економічні – вартість обслуговування, експлуатації, утилізації, витратних матеріалів, ремонту, знижки;
- Призначення (технічні) – показники, що визначають головний напрямок використання товару та можливу сферу його застосування: класифікаційні показники, складу і структури, технічної досконалості;
- Надійності – здатність товару безвідмовно функціонувати: безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність;
- Технологічні – можливість оптимізації витрат матеріалів, праці, коштів, часу під час технологічної підготовки виробництва, виготовлення та використання товару;
- Ергономічні – показники ступеню адаптованості технічних та конструктивних рішень виробу до біологічних властивостей людини та середовища використання товару: гігієнічні, антропометричні, фізіологічні та психологічні;
- Органолептичні – визначають властивості товару, які людина може визначити за допомогою своїх органів чуття;
- Естетичні – оцінюють зовнішній вигляд товару;

- Транспортальності – визначають пристосованість продукції до транспортування, підготовчих, початкових і кінцевих операцій перевезення;
- Екологічності – характеризують рівень негативного впливу на довкілля;
- Безпеки – безпечності та нешкідливості споживання товару.

Формулюємо 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 5.18.

Таблиця 8.18 – Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Опис базової потреби споживача, яку задовольняє товар (згідно концепції), її основної функціональної вигоди:		
	Переваги конструкції змішувального елемента в можливості старту після занурення мішалки під шар осаду, реалізації пульсаційного режиму роботи для підняття осаду та широкому діапазоні робочих швидкостей і відповідно, гідродинамічних режимів роботи. Та головна конкурента перевага порівняно з конкурентами -зниження ціни за рахунок багаторазового використання		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	1. Технічні: гліцерин в упаковці від виробника з перевіреними характеристиками; 3. Економічності: зниження затрат на ремонт, зменшення бракованих виробів та зменшення простоїв виробництва; 4. Ергономічність: доступ до всіх елементів конструкції; 5. Безпека: відповідність	+/+	-/+/+/- /-

	нормативам; 6. Екологічність: вміст шкідливих домішок нижче допустимих.		
	Якість: стандарти, нормативи, параметри тестування міжнародні та вітчизняні стандарти ДСТУ, ISO, DIN та інші.		
	Пакування– в поліетиленових мішках з логотипом підприємства.		
	Марка: назва організації-розробника + назва товару		
III. Товар із підкріпленням	До продажу : Роз'яснення клієнтові питань з технологією переробки		
	Після продажу: Гарантія якості продукції		
За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: Використання власних запатентованих розробок та методів оптимізації, консультування та шляхів розв'язку проблеми.			

Гліцерин є неоднорідною сумішшю декількох нерозчинних один в одному компонентів, тому важливими техніко-економічними параметрами є характеристики призначення (технічні), для забезпечення заданих експлуатаційних властивостей матеріалу. Матеріал повинен бути добре змішуваний, в його структурі не повинно бути розшарувань, порожнин та включень інших речовин, які не передбачені в рецептурі. Також матеріал повинен відповідати вимогам по екологічності та токсичності.

Після формування маркетингової моделі товару слід особливо відмітити – чим саме проект буде захищено від копіювання. Захист може бути організовано за рахунок захисту ідеї товару (захист інтелектуальної власності), або ноу-хау, чи комплексне поєднання властивостей і характеристик, закладене на другому та третьому рівнях товару.

Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар (остаточне визначення ціни відбувається під час фінансово-економічного аналізу проекту), яке передбачає аналіз ціни на товари-аналоги або товари

субститути, а також аналіз рівня доходів цільової групи споживачів (таблиця 8.19). Аналіз проводиться експертним методом.

Таблиця 8.19 – Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
	400-800 грн/1 упаковка	500-800 грн – ціни невисокі	Підприємства великі, середні та малі(цехи)	200-800 грн/1 консультація, в онлайні безкоштовно.

Продовження таблиці 8.19 – Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
	Сама модернізація робиться коштом підприємства (клієнта) оплата йде тільки за обсяги роботи. 80 грн / година роботи	Розробка нового обладнання 120 грн/1 год	Дивлячись від розміру підприємства (клієнта) та обсягів виконання: 200 -6000 грн/1 год (для всього колективу)	200 грн/1год (для всього колективу)

Наступним кроком є визначення оптимальної системи збуту, в межах якого приймається рішення (таблиця 8.20):

- проводити збут власними силами або залучати сторонніх посередників (власна або залучена система збуту);
- вибір та обґрунтування оптимальної глибини каналу збуту;

- вибір та обґрунтування виду посередників.

Таблиця 8.20 – Формування системи збуту

п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
	Закупівля оптом	Якість товару, потрібні характеристики, швидкість перевезення до клієнта	Нульового рівня - виробник сам продає товар кінцевому споживачеві, прямі канали розподілу	Через інтернет

Продовження таблиці 8.20 – Формування системи збуту

п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
	В роздріб	Швидкість перевезення на точку збуту	Дворівневий - між виробником і покупцем послідовно існують оптовий і роздрібний продавці	Через інтернет та безпосередньо на місці проведення продажу
	Консультації при виникненні питань та пропозицій	Виконання роботи та складання	Однорівневий	Через інтернет по телефону, відеоконференціях та на місці

Система збуту товарів - ключова ланка комерційної діяльності й свого роду фінішний комплекс у всій діяльності фірми по створенню, виробництву й доведенню товару до споживача. Власне, саме тут споживач або визнає, або не визнає всі зусилля підприємства корисними і потрібними для себе і, відповідно, купує або не купує її продукцію і послуги.

Останньою складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів (таблиця 8.21).

Таблиця 8.21 – Концепція маркетингових комунікацій

П/П	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
	Розв'язок проблем в діяльності	Інтернет та соціальні мережі	Запевнення якості, створення партнерських стосунків з клієнтом.	Запевнити в швидкому розв'язку та відповідях на всі питання, що турбують.	«Якісні матеріали для Вас!!!»
	Пошук варіантів розвитку клієнта (покращення параметрів, зменшення затрат тощо).	Інтернет та соціальні мережі, реклама	Надання всієї інформації про Нас, надання гарантій та картки клієнта з подальшим сервісом.	Показати перелік наших послуг та надати інформацію для звернення.	«Рушійна сила інновацій»
	Бажання здійснити вигідну покупку,				«Обирайте найкращі пропозиції»

Результатом останнього пункту має стати ринкова (маркетингова) програма, що включає в себе концепції товару, збуту, просування та попередній аналіз можливостей ціноутворення, спирається на цінності та потреби потенційних клієнтів, конкурентні переваги ідеї, стан та динаміку ринкового середовища, в межах якого буде впроваджено проект, та відповідну обрану альтернативу ринкової поведінки.

Висновок:

В процесі розробки стартап проекту було розроблено висновки, що можлива ринкова комерціалізація проекту. На користь цього свідчить наявність попиту, що виражена потребою у якісному вітчизняному гліцерині, який би не поступався закордонним аналогам.

Гліцерин отримує нові механічні властивості завдяки пульсуючому змішуванню, що робить ці матеріали затребуваними в багатьох галузях промисловості. Ринок гліцерину в Україні є перспективним в розвитку. Маркетингові дослідження обраного сегменту ринку оцінки рівня, динаміки конкуренції в базових та споріднених галузях та обґрунтовані фактори конкуренції формують особливості даного ринку. Особливостями даного ринку є конкурентоспроможність продукції на якості та відповідності до екологічних та технологічних нормативів.

Спроможність стартап проекту дозволяє стверджувати про перспективи створення та розвитку стартапу.

Висновки

У магістерській дисертації за освітньо-професійною програмою магістерської на тему: «Розроблення апарату з мішалкою та дефлегматора для модернізації установки виробництва гліцерину» розроблено дефлегматор та мішалка для модернізації установки виробництва гліцерину.

Описано технологічний процес виробництва гліцерину, обрано дефлегматор для охолодження парорідкої суміші води з гліцерином та мішалку, вибирають технічні характеристики цих приладів, обирають конструкції апаратів обґрунтовано, основні показники розроблених структур порівнюються з аналогами; проводиться патентне дослідження, розроблені заходи щодо вимог охорони праці, проводяться розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність пристроїв, частина розрахунків проводиться у вигляді програм з описом методів розрахунку, рекомендацій щодо встановлення та функціонування, стандартизація та уніфікація розроблених приладів оцінюються, розробляється проект запуску, технологічний процес виготовлення частини апарату (фланець муфти мішалки) та схема автоматичного управління технологічним процесом виробництва гліцерину.

Модернізація спрямована на забезпечення роботи механізму в широкому діапазоні швидкостей, яка закріплена у верхній частині корпусу мішалки.

Графічна частина проекту містить вісім малюнків у перерахунку формату А1, технічні характеристики складаються до креслень.

У науковій частині дисертації містяться результати досліджень процесу перемішування та зміни швидкостей мішалки. Встановлено основні залежності, які використовуються в конструкції мішалки.

Выводы

В магистерской диссертации на тему «Разработка аппарата с мешалкой и дефлегматора для модернизации установки производства глицерина» разработан дефлегматор и мешалка для модернизации установки производства глицерина.

Описаны технологический процесс производства глицерина, избран дефлегматор для охлаждения парожидкой смеси воды с глицерином и мешалку, выбирают технические характеристики этих приборов, выбирают конструкции аппаратов обоснованно, основные показатели разработанных структур сравниваются с аналогами; проводится патентное исследование, разработаны мероприятия по требованиям охраны труда, проводятся расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность устройств, часть расчетов проводится в виде программ с описанием методов расчета, рекомендаций по установлению и функционирования, стандартизация и унификация разработанных приборов оцениваются, разрабатывается проект запуска, технологический процесс изготовления части аппарата (фланец муфты мешалки) и схема автоматического управления технологическим процессом производства глицерина .

Модернизация направлена на запезпечення работы механизма в широком диапазоне скоростей, которая закреплена в верхней части корпуса мешалки.

Графическая часть проекта содержит восемь рисунков в пересчете формата А1, технические характеристики состоят с чертежами.

В научной части диссертации содержатся результаты исследований процесса перемешивания и изменения скоростей мешалки. Установлены основные зависимости, используемые в конструкции мешалки.

Conclusion

In the Master's thesis steam generator and centrifugal machine for modernization of synthetic glycerol production plant was developed.

Technical characteristics of these devices were selected, selected designs were substantiated, patent search was carried out, measures were worked out. The calculations confirming the efficiency and reliability of the devices were made according to safety requirements. Some of calculations were made by means of programs describing calculation methods in Mathcad environment. Installation and operation recommendations were given, expected technical and economic indicators were determined. The level of standardization and unification of developed devices was estimated. The development of technological process of parts manufacturing was carried out – the column cover and the scheme of automatic control of the installation's technological process.

Modernization of centrifugal machine was carried out by using discharge device that prevents contact of the centrifuge effluent with atmosphere and reduces the irreversible loss of product.

The graphic part of the project consists of ten drawings (A1 format), in particular: technological scheme of installation, steam generator assembly drawing, floating head lead assembly drawing, steam generator cover drawing, centrifugal machine assembly drawing, wheel assembly drawing, circuit of automatic control, conductor for tube sheet drilling drawing, evaporator tube sheet drawing, technical idea of patent, illustration for the occupational safety and health section, numerical scheme, and experiment results. Specifications are provided for each drawing.

According to the results of the Master's thesis, the patent for utility model for Ukraine was obtained, the results were tested at 3 international conferences, and an article was published in professional scientific journal.

Перелік посилань

1. Тищенко К.В., Двойнос Я.Г. Модернізація схеми виробництва гліцерину// Збірник тез доповідей XV всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів" (28-29 листопада 2018р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2018. с – 78-79
2. Корнієнко Я.М. Процеси та обладнання хімічної технології [Текст]: підруч. / Я. М. Корнієнко, Ю. Ю. Лукач, І. О. Мікульонок та ін.. – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – Ч. 2. – 416 с. – Бібліогр.: с. 415-415. – 400 пр.
3. Тищенко К.В., Двойнос Я.Г. Модернізація апарату з мішалкою// Збірник тез доповідей XVI міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсо енергозберігаючі технології та обладнання" (22-23 квітня 2019 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2018. с– 71-72
4. Теплообмінники [Електронний ресурс]. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: https://opeks.energy/teploobmenniki/?gclid=EAIaIQobChMI5oGPt5S45gIVDIuyCh12SgOhEAAAYASAAEgJ81_D_BwE.
5. Патент UA 98531 Змієвиковий теплообмінник. Москалик Валерій Михайлович Оpubліковано 27.04.2015, Бюл.№ 8.
6. Патент UA 81421.Пластинчастий теплообмінник-конденсатор Тищенко К.В., Двойнос Я.Г. Оpubліковано 25.04.2018, Бюл.№ 8.
7. Пат. № 137965 Україна МПК МПК (2006) B01F 7/24 Спіральна мішалка / Тищенко К.В., Двойнос Я.Г. - № и 201904935; заявл. 10.05.2019; опубл. 11.11.2019, Бюл. № 21.
8. Патент №20040604504 (UA), МПК9 B01 F7/16. Мішалка / Шатравка, Крилов, Тросіна (UA).- Заявка №20040604504, 15.02.2005;

- Опубл.15.07.2005, Бюл.№5.
9. Патент UA 99868 Мішалка. Шеляг Антоніна Василівна.Опубліковано 25.06.2015, Бюл.№ 12, 2015 р.
 10. ГОСТ1050-88.Сталь качественная и высококачественная.
 11. ГОСТ 380-94.Сталь углеродистая обыкновенного качества.
 12. ОСТ 481-80.Паронит и прокладки из него
 13. PatentCN 109798617 A / Система охолодження рідин/ZhangYuliang//
Опубл. 15.03.2019
 14. PatentCN 109798617 A / Система охолодження рідин ZhangYuliang//
Опубл. 24.05.2019
 15. Патент RU 2680291 Кожухотрубний теплообмінник. Данилов.С.Я.
Опубл.19. 02. 2019
 16. Патент RU 186512 Кожухотрубний теплообмінник Головенков.С.Я. –
Опубл. 03. 02. 2019
 17. Патент RU190278 С МПК F28В 43/00. /Перов.В.Б. // Опубліковано 25.
06. 2019
 18. Патент UA 54463. Пристрій для перемішування рідин / Мікульонок Ігор
Олегович НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
"КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ
СІКОРСЬКОГО.;– Опубл.11.02.2019..
 19. Патент UA 53821 Мішалка для перемішування рідкого середовища/
Мікульонок Ігор Олегович, НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ "КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО.;– Опубл.11.02.2019
 20. PatentUS 2019 / 0233183 A1 (US), Int. CL H05K 7/20 (2006/01). Data
center cooling system /Jeffrey Thomas LINTON , Ann Arbor ; Chase Ryan
LINTON Arbor Novi; Ted Matthew MILLS– Appl. No.:16 / 377,588, JilApr . 8
, 2019; Pub. Date: Aug .1 , 2019

21. Patent AU 2019/202963 A1 (AU) B01J 19/08 (2006.01). WRAYS PTY LTD, L7 863 Hay St, Perth, WA, 6000/Medoff, Marshall; Masterman, Thomas; Paradis, Robert—Application No: 2019202963Publication Date: 16.05.2019
22. Патент. RU2016143432. Рай Синха, Стокко Луис. Оpubл. 01. 07. 2019
23. Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии—М.:1991.— 496 с.
24. Лашинский А. А., Толчинский А.Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры. — Л.: «Машиностроение», 1970. — 752 с.
25. ОСТ 26-1403-76 Штуцера для сосудов и аппаратов стальных сварных
26. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии: Учебник для техникумов./ Иоффе И. Л. — Л.: Химия, 1991. — 352
27. М. М. Коробов и др.. Расчет продуктов бродильных производств, ликеро-водочных и без алкогольных напитков. — К. Вища школа 1972. — 375с.ил.
28. Доброногов В.Г., Мікульонок І.О. Конструювання опорних вузлів хімічних апаратів і перевірка несучої спроможності обичайок надію опорних навантажень. — К 1995. — 183с.
29. Тимонин А.С. Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования. Справочник Том 22-е изд., перераб. и доп. - Калуга: Издательство Н. Бочкаревой, 2002. — 1030 с. Основное типовое технологическое и природоохранное оборудование.
30. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. - Л: Химия 1987. — 576 с.
31. Соколов В.Н. Машины и аппараты химических производств: Примеры и задачи. — Л.: Машиностроение, 1982. — 384 с
32. Алгоритм расчета на вибро устойчивость валов механических перемешивающих устройств: Методические указания к применению вычислительной техники в курсе "Расчет и конструирование машин и

- аппаратов химических производств" для студентов специальностей 0516,0558 всех форм обучения / Сост. В. Г. Доброногов, О. Г. Зубрий, Л.Г. Воронин. – К.: КПИ, 1988. – 52 с.
33. ГОСТ 12.1.009-76. Электробезопасность. Термины и определения.
 34. ГОСТ 12.1.30–86. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Защитное заземление.
 35. ДБНВ 2.5-28.2006. Природне і штучне освітлення.
 36. ГОСТ 12.1.005–88. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны (с Изменением N 1
 37. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
 38. НАПББ 0.7.005-86. Пожежна безпека
 39. ГОСТ 12.1.004-91 Пожарная безопасность. Общие требования
 40. СНиП 2.09.02-85. Производственные здания промышленных предприятий.
 41. ГОСТ 12.3.009-76. Работы погрузочно-разгрузочные Рамм В. М., Абсорбция газов. Изд. 2-е, переработ. И доп. М., «Химия», 1976.
 42. ГОСТ 14.2.02-69. Трубопроводы промышленных предприятий М.: Химия. 1991. – 496 с.
 43. ОСТ 26-291-79. Сосуды и аппараты стальные сварные. Общие технические условия.
 44. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс] : Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.

Додаток А
Технологія виготовлення кондуктора для свердління фланця
муфти мішалки

Додаток Б
Автоматичний контроль і керування процесом

Додаток В
Документація до патентного дослідження

Додаток В. Патентний пошук.

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

РЕГЛАМЕНТ ПОШУКУ № ЛН81мп.065111РП

Найменування теми Дефлегматор та мішалка

шифр теми ЛН81мп.065111

Етап Проектування апарата та його основних частин

Номер, дата завдання на проведення патентних досліджень

ЛН81мп.065111 .

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

Мета пошуку інформації – визначення патентної ситуації щодо масообмінних апаратів (визначення патентоздатності проєктованого апарату і визначення тенденцій розвитку даного напрямку в техніці).

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

Ретроспективність. Термін дії патенту на винахід в Україні – 20 років, на корисну модель - 6 років, тому регламент пошуку встановлюємо такий: 1995-2015 .

Класифікаційні індекси. Міжнародна патентна класифікація: :
МПК5 - B01D1/22, D01D1/12, МПК6 - B0 D1/22

Уніфікована десяткова класифікація УДК 66.0 (075.8), 66.01/07(075.8).

Джерела інформації. 1) Патентна інформація: описи до винаходів, офіційні бюлетені Укрпатенту, Роспатенту і Госпатенту СРСР, 2) Науково-технічна інформація: монографії з тепломасообмінних процесів,

підручники й навчальні посібники з курсу процесів та апаратів хімічних технологій .

Початок пошуку 01.09.2019 Закінчення пошуку 11.11.2019.

Довідка про пошук № ЛН81мп.065111 ДП

Завдання на проведення патентних досліджень ЛН81мп.06511.000

(номер, дата)

Етап - Проектування апарата та його складових частин.

Номер, дата, завдання на проведення патентних досліджень

ЛН81мп.01.09.2019 .

Номер, дата регламенту пошуку ЛН81мп.065111РП 01.01.2019,

Початок пошуку 01.09.2019 Закінчення пошуку 11.11.2019.

Регламент пошуку дефлегматора наведено в таблиці В.1.

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

Предмет пошуку(ОГД, його складові)	Мета пошуку інформації	Держава пошуку	Класифікаційні індекси: МПК, НПК, МПКЗ, МКТП, УДК	Ретроспективність пошуку	Джерела інформації
Кожухотрубний теплообмінник	Визначення патентоздатності проєктованого апарата й визначення тенденції розвитку цього напрямку в техніці	Україна, Російська Федерація, США	МПК8 і МПК9 – F 28 D 1/00, F28F1/10, F25B 39/02	2001-2011	Національні й зарубіжні офіційні бюлетені, описи винаходів і корисних моделей

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

Таблиця В.2 - Джерела інформації, використані під час проведення пошуку

Предмет пошуку (ОГД, його складові частини)	Держава пошуку	Класифікаційні індекси	база, використана під	Бібліографічні дані першого та останнього за хронологією джерела інформації	
				патентна інформація	інша науково-технічна інформація
Кожухотрубний теплообмінник	Україна, РФ, США	МПК8 і МПК9 – F 28 D 1/00, F28F1/10, F25B 39/02	Фонд НТУУ «КПІ»; Державний патентний фонд	Описи корисних моделей патентів України №№ 1-1050. Описи винаходів патентів Російської Федерації №№ 2000000-2140000. Описи винаходів а.с. СРСР №№ 793422-1812000. Описи винаходів патентів США №№ 4685027-2351000.	Дытнерский Ю.И. процессы и аппараты хим. Технологии: Часть 2. Массообменные процессы и аппараты. – М.: Химия, 1992 – 384с.

У результаті проведення патентного пошуку для подальшого аналізу вибрані такі патентні документи (перелік згідно з таблиці В.4).

Таблиця В.4 – Патентна документація, відібрана для подальшого аналізу

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

ОГД його складові частини	Документи на об'єкти промислової власності	
	Бібліографічні дані	Відомос-ті щодо їхньої дії
Система охолодження рідин	PatentCN 109798617 А / Система охолодження рідин Zhang Yuliang// Опубл. 15.03.2019	Діє
Система контролю парів	PatentCN 109798617 А /Система контролю парів Yuliang// Опубл. 24.05.2019	Діє
Кожухотрубный теплообменник	Пат. RU2680291 С МПК В01D19/00. /Данилов.С.Я. // Опубл. 19. 02. 2019	Діє
Кожухотрубный теплообменник с мягким кожухом	Пат. RU186512 С МПК В01D19/00. /Голованчиков.А.Б. // Опубл. 03. 02. 2019	Діє
Повітреохолоджувальний конденсатор	Пат. RU190278 С МПК F28В 43/00. /Перов.В.Б. // Опубл. 25. 06. 2019	Діє

Аналіз новизни, винахідницького рівня та промислової придатності проєктованого об'єкта наведено в таблиці В.5.

Таблиця В.5 – Аналіз новизни, винахідницького рівня та промислової придатності проєктованого об'єкта

ОГД, його складові частини		Найближчий аналог		Очікуваний результат	Можливості використання у промисловості або іншій сфері діяльності	Номер поданої заявки, дата подачі заявки*
Назва	Сукупність ознак	Бібліографічні дані	сукупність ознак			
Теплообмінник кожухотрубний	А)горизонтальний корпус; Б)теплообмінні труби; В)перегородки	Патент на корисну модель Патент №54463 (UA), МПКF2 8D 3/00 1/00.	А)горизонтальний корпус; Б)теплообмінні труби;	Підвищення ефективності роботи теплообмінника	Можливе використання в хімічній, нафтохімічній, харчовій, мікробіологічній, медичній	

Регламент пошуку апарата з мішалкою наведено в таблиці В.6.

Таблиця В.6 – Регламент пошуку форма Б.1 згідно з ДСТУ 3575-97

Предмет пошуку (ОГД, його складові частини)	Мета пошуку інформації	Держава пошуку	Класифікаційні індекси МПК, НПК, МПКЗ, МКТП, УДК	Ретро-спективність пошуку	Джерела інформації
Перемішувальний пристрій	Визначення патентоздатності проєктованого апарата й визначення тенденції розвитку цього напрямку в техніці	Україна, Російська Федерація, СРСР, США	<u>МПК9</u> <u>B01F7/16</u> , <u>МПК6-</u> <u>B01F7/00</u> , <u>Int.</u> <u>C1³.F16C3/03</u> <u>Int.</u> <u>C1².B22D</u> <u>11/10</u>	1994-2010	Національні й зарубіжні офіційні бюлетені, описи винаходів корисних моделей.

Джерела інформації, які були використані під час проведення пошуку наведені в таблиці В.8.

Таблиця В.8 – Джерела інформації, використані під час проведення пошуку

Предмет пошуку (ОГД його складової частини)	Держава пошуку	Класифікаційні індекси	Інформаційна база, використана під час пошуку	Бібліографічні дані першого та останнього за хронологією джерела інформації	
				патентна інформація	інша науково-технічна інформація
Перемішувачий пристрій	Україна,	<u>МПК9</u>	Фонд НТУУ «КПІ»; Державний патентний фонд	Описи винаходів патентів України №№ 1-41000.	Дытнерский Ю. И. Процессы и аппараты химической технологии: учебник для вузов. Изд. 2-е. В 2-х кн.: Часть 1. Теоретические основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты. М.: Химия, 1995. - 400с, рисунок 7- 7г
	США Чехословацька	<u>B01F7/16</u> , <u>МПК6-B01F7/00</u> , <u>Int. C1³.F16C3/03</u> , <u>Int. C1².B22D11/10</u>		Описи корисних моделей патентів України №№ 1-1050. Описи винаходів патентів США №№ 4685027-2351000.	

У результаті проведення патентного пошуку для подальшого аналізу вибрані такі патентні документи (перелік згідно з таблиці В.9).

Таблиця В.9 – Патентна документація, відібрана для подальшого аналізу

ОГД його складові частини	Документи на об'єкти промислової власності	
	Бібліографічні дані	Відомості щодо їхньої дії
Пристрій для перемішування рідин	<p>Патент №54463 (UA), МПКF28D 3/00 1/00. Пристрій для перемішування рідин</p> <p>Мікульонок Ігор Олегович; НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ "КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО» Заявка № u2018 09650</p> <p>(22) 26.09.2018</p> <p>(24) 11.02.2019</p> <p>(46) 11.02.2019, Бюл.№ 3.</p>	Діє
Мішалка для перемішування рідкого середовища	<p>Патент №53821 (UA),F28D 7/00. МІШАЛКА ДЛЯ ПЕРЕМІШУВАННЯ РІДКОГО СЕРЕДОВИЩА</p> <p>(21) u 2018 09736</p> <p>(22) 28.09.2018</p> <p>(24) 11.02.2019</p> <p>(46) 11.02.2019, Бюл.№ 3 2019 р.</p> <p>(72) Мікульонок Ігор Олегович</p>	Діє

Дозатор для переміш ування рідин	Patent US 2019 / 0233183 A1 (US), Int. CL H05K 7/20 (2006/01). Data center cooling system /Jeffrey Thomas LINTON , Ann Arbor ; Chase Ryan LINTON Arbor Novi; Ted Matthew MILLS– Appl. No.:16 / 377,588, JilApr . 8 , 2019; Pub. Date: Aug .1 , 2019	Діє
Частина лопаті мішалк и	Patent AU 2019/202963 A1 (AU) B01J 19/08 (2006.01). WRAYS PTY LTD, L7 863 Hay St, Perth, WA, 6000 /Medoff, Marshall;Masterman, Thomas; Paradis, Robert – Application No: 2019202963 Publication Date: 16.05.2019	Діє
Екжект орна мішалка	Пат. RU2016143432 С МПК В01D19/00. /Рай Синха, Стокко Луис. // Оpubл. 01. 07. 2019	Діє

Аналіз новизни, винахідницького рівня та промислової придатності проєктованого об'єкта наведено в таблиці В.10.

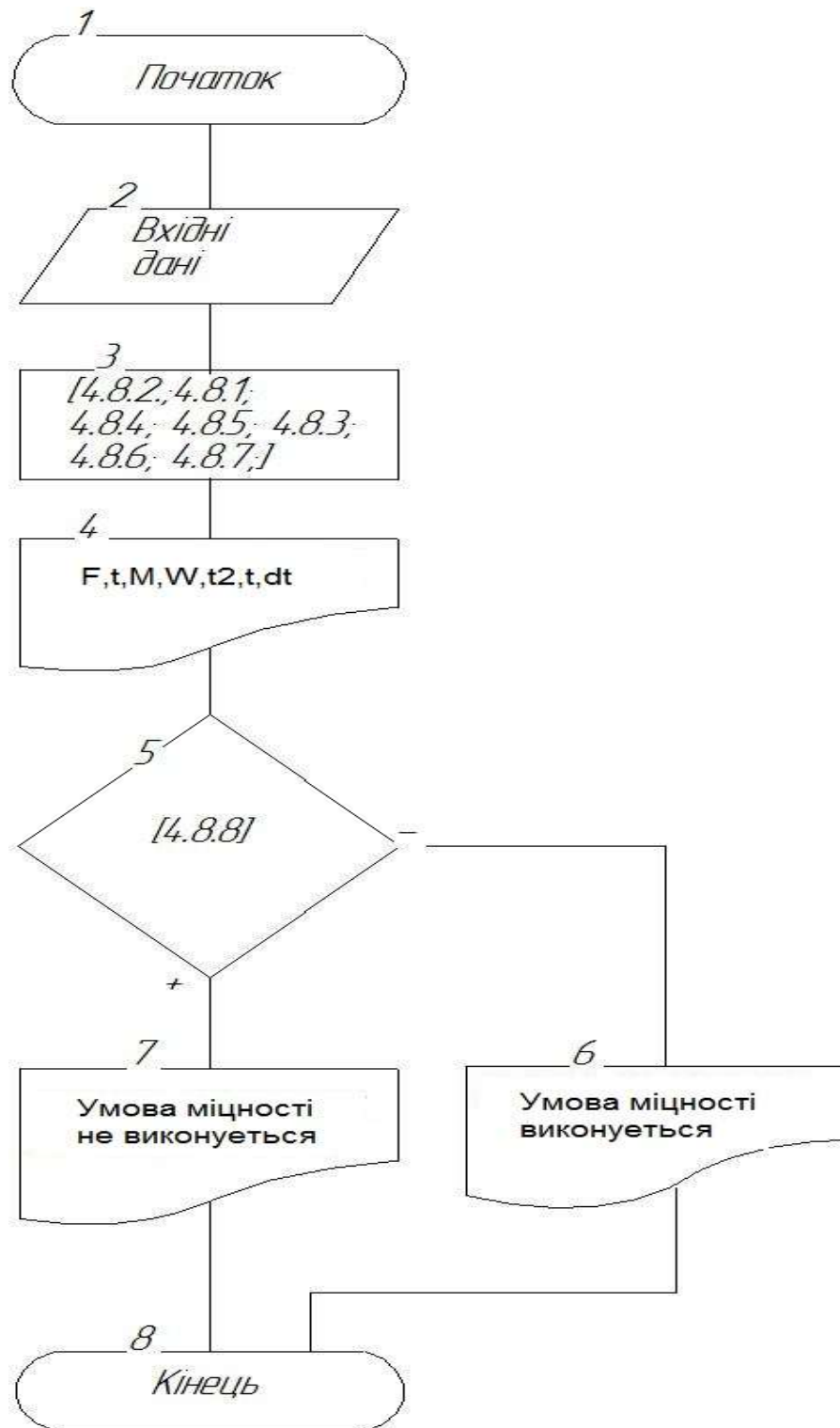
Таблиця В.10 – Аналіз новизни, винахідницького рівня та промислової придатності проєктованого об'єкта.

ОГД, його складові частини		Найближчий аналог		Очікуваний результат	Можливість використання у промисловості або іншій сфері діяльності	Номер поданої заявки, дата подачі заявки*
Назва	Сукупність ознак	Бібліографічні дані	Сукупність ознак			
Перемішувачий пристрій	А)Вал Б)Лопаті	Лацинский А.А., Толчинский А. Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры. Л.: Машиностроение, 1970. – 752с, рисунок 31.6а	А)Вал Б)Лопаті	Покращення перемішування та підвищення якості продукту	Можливе використання в хімічній, нафтохімічній, харчовій.	u2011075 68 16.06.201 1

Додаток Г

Комп'ютерна програма та результати розрахунку зварного шва

Г.1 Блок – схема



Програма розрахунку:

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Linq;
using System.Text;

namespace ConsoleApplication1
{
    class Program
    {
        static void Main(string[] args)
        {
            var p = 2700;
            var L = 0.365;
            var a = 0.008;
            var G = 174000000;
            var F = L * Alfa;
            var t1 = p / F;
            var M = 0.07 * p;
            var l = 0.004;
            var W = F * l / 6;
            var t2 = M / W;
            var t = Math.Sqrt(Math.Pow(t1,2)+Math.Pow(t2,2));
            var dt = 0.7 * G;

            Console.WriteLine("P= "+p);
            Console.WriteLine("L= "+L);
            Console.WriteLine("a= "+a);
            Console.WriteLine("G= "+G);
```

```
Console.WriteLine("W= "+W);
Console.WriteLine("F= "+F);
Console.WriteLine("t1= "+t1);
Console.WriteLine("t2= "+t2);
Console.WriteLine("t= "+t);
    Console.WriteLine("M= "+M);
Console.WriteLine("t допустиме = "+t3);
    IF (t > dt)
    {
Console.WriteLine("Умовам ідності виконується");
    }
Else
    {
        Console.WriteLine("Умовам ідності не виконується");
    }

Console.WriteLine("Натисніть Ентер щоб зачинити програму");
Console.Read();
    }
    }
}
```

Результати розрахунку

F=.00292

t1=924657

M=189

$W=1.94667E-06$

$t_2=9.70890E+07$

$t=9.709345E+07$

$t \text{ допустиме} =1.2180E+08$

Умова міцності виконується

Натисніть Ентер щоб зачини програму

Г.2 Таблиця ідентифікаторів програми розрахунку зварного шва

Таблиця Г.2 – Перелік ідентифікаторів

№	Найменування	Позначення	Ідентифікатор	Розмірність
1	Зрізаюча сила	P	P	Н
2	Довжина зварного шва	L	L	м
3	Катет зварного шва	a	a	м
4	Допустиме нормальне напруження	$[\sigma]$	G	Па
5	Довжина привареної ділянки	l	l	м
6	Площа привареної ділянки	F	F	м ²
7	Напруження у шві від зрізаючої сили	τ_1	t1	Па
8	Напруження у шві від моменту	τ_2	t2	Па
9	Згинаючий момент	M	M	Нм
10	Момент опору	W	W	м ³
11	Загальне напруження	τ	T	Па
12	Допустиме дотичне напруження	$[\tau]$	dt	Па

Додаток Д
Патенти, які використані в патентному дослідженні

Додаток Е
Публікації автора

СПИСОК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

магістранки кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних
виробництв

ТИЩЕНКО КАТЕРИНИ ВІТАЛІЇВНИ

1. Тищенко К.В., Двойнос Я.Г. Модернізація схеми виробництва гліцерину// Збірник тез доповідей XV всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Обладнання хімічних виробництв і підприємств будівельних матеріалів" (28-29 листопада 2018р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2018. – С. 78-79
2. Тищенко К.В., Двойнос Я.Г. Модернізація апарату з мішалкою// Збірник тез доповідей XVI міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання" (22-23 квітня 2019 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. – К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2018. – С.71-72
3. Тищенко К. В., Двойнос Я.Г. Методика розрахунку мішалки з гнучкими спіральними елементами. //Збірник тез доповідей XVII міжнародної науково-практичної конференції студентів, аспірантів і молодих вчених "Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання" (25-26 листопада 2019 р. м. Київ) / Укладач Я.М. Корнієнко. –К.: «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2019.С – 62-63
4. Пат. № 137965 Україна МПК МПК (2006) B01F 7/24 Спіральна мішалка / Тищенко К.В., Двойнос Я.Г. - № u 201904935; заявл. 10.05.2019; опубл. 11.11.2019, Бюл. № 21.
5. Тищенко К.В., Двойнос Я.Г. Розрахунок мішалки з гнучкими спіральними елементами// Міжнародний науковий журнал «ІНТЕРНАУКА» Збірник наукових статей № 14 (76) 1 Том (жовтень 2019 р. м. Київ)/ Укладач Т. Г. Камінська –К.: ТОВ «Фінансова Рада України». 2019.С-73-76

