

**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 ректифікаційної колони та виносного кип'ятильника для модернізації установки виробництва гліколю**

**Виконав студент 6-го курсу, групи ЛН-81мп**

Король Антон Юрійович \_\_\_\_\_

**Керівник дисертації:** ст. викл., канд. техн. наук, Я. Г. Двойнос \_\_\_\_\_

**Консультанти:**

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

(підпис)

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

(підпис)

технологія виготовлення деталі “Кришка”  
ст. викл., канд. техн. наук Я.Г. Двойнос \_\_\_\_\_

(підпис)

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

(підпис)

**Рецензент**

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

\_\_\_\_\_  
(підпис)

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

Студент \_\_\_\_\_ А. Ю. Король

Київ – 2019

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

**Інженерно-хімічний факультет**

**Кафедра машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв**

Освітній ступінь: магістр

Напрямок підготовки: 13 – Машинобудування

Спеціальність: 133 – Галузеве машинобудування

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Я. М. Корнієнко

“\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**

**на дипломний проект студенту**

Королю Антону Юрійовичу

**1. Тема проекту:** Розроблення ректифікаційної колони та виносного кип'ятильника для модернізації установки виробництва гліколю.

Керівник проекту кандидат технічних наук, старший викладач Двойнос Я.Г.

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

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

**3. Вихідні дані до проекту:** суміш етиленгліколь-вода, масова продуктивність за вихідною сумішшю  $L_F = 0,7$  кг/с; масова частка НКК (вода) у початковій суміші  $\bar{x}_F = 0,2$ ; масова частка НКК (вода) у дистилаті  $\bar{x}_P = 0,995$ ; масова частка НКК (вода) у кубовому залишку  $\bar{x}_W = 0,0005$ ; тип ректифікаційної колони – насадкова; тиск у колоні –  $1,064 \cdot 10^5$  Па.

#### **4. Зміст пояснювальної записки:**

а) основна частина розглянути існуючі конструкції насадкових ректифікаційних колон та кип'ятильників, схем виробництва гліколю, обґрунтувати вибір конструкцій апаратів; проаналізувати обрані конструкції в порівнянні з кращими вітчизняними та світовими аналогами; здійснити розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкцій: параметричний, конструктивний та гідравлічний, розрахунки на міцність і надійність елементів конструкції апаратів; виконати складальні креслення ректифікаційної колони, трубного пучка, кип'ятильника.

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

в) охорона праці: провести аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів, які пов'язані з експлуатацією ректифікаційної колони, запропонувати заходи щодо обмеження їх дії, виконати відповідні розрахунки, викласти основні правила безпечної експлуатації установки та дій обслуговуючого персоналу у надзвичайних ситуаціях;

г) частина автоматичного керування: скласти та обґрунтувати схему автоматизованого керування ректифікаційної колони та кип'ятильника; скласти специфікацію приладів, що комплектують схему;

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

**5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо):** технологічна схема установки – А1, кресленик складальний кип'ятильника – А1, кресленик складальний ректифікаційної колони – А1, кресленик складальний трубчатки кип'ятильника – А1, кришка кип'ятильника – А2, кришка колони – А3, схема автоматичного керування – А1, опора – А2, кондуктор для свердління кришки – А1, ілюстрація технічної ідеї патенту – А3.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	2	3	4
1	Переддипломна практика. Узгодження теми, вихідних даних, визначення джерел інформації. Добір матеріалів. Складання звіту з практики. Виконано складальні креслення: ректифікаційної колони – А1, виносного кип'ятильника – А1.	01.09.2019	
2	Патентне дослідження. Формування ідеї модернізації. Обґрунтування економічної доцільності нової машини.	15.09.2019	
3	Обґрунтування актуальності проекту. Опис установки. Схема установки. Вибір та опис ректифікаційної колони, кип'ятильника. Технічна характеристика апаратів.	20.09.2019	
4	Параметричні розрахунки: визначення основних розмірів апаратів. Розрахунок товщини стінок апаратів.	10.10.2019	
5	Розробка складальних креслень апаратів та їх складальних одиниць. Добір конструктивних параметрів конструктивних елементів апаратів.	19.10.2019	
6	Розрахунки на міцність. Розробка супроводжуючих документів. Виконання схем.	05.11.2019	
7	Консультації відповідно до графіку з питань охорони праці, економіки, технології машинобудування, автоматизації, автоматизації процесу.	10.11.2019	
8	Уточнення графічної частини проекту та специфікації	15.11.2019	
9	Оформлення пояснювальної записки. Перевірка відповідності проекту діючим нормам за змістом і оформлення. Підготовка до захисту. Складання плану викладення доповіді, окремих питань.	20.11.2019	
10	Попередній захист проекту.	02.12.2019	

1	2	3	4
11	Корегування проекту за результатами попереднього захисту. Отримання рецензії, відгуку. Підготовка до захисту.	09.12.2019	

**Студент**  
(підпис)

\_\_\_\_\_ А. Ю. Король

**Керівник дипломного проекту**  
(підпис)

\_\_\_\_\_ Я. Г. Двойнос

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

## **ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

освітньо-кваліфікаційного рівня «магістр»  
**з спеціальності:** 133 Галузеве машинобудування  
**спеціалізація:** Обладнання хімічних, нафтопереробних та  
целюлозно-паперових виробництв

**на тему: Розроблення ректифікаційної колони та виносного  
кип'ятильника для модернізації установки виробництва гліколю**

Київ – 2019

## РЕФЕРАТ

УДК 664.3

Магістерська дисертація на тему «Розроблення ректифікаційної колони та виносного кип'ятильника для модернізації установки виробництва гліколю». НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»; Керівник Двойнос Я.Г. – К., 2019. – 221с.: іл. 31. Виконавець А.Ю. Король – Бібліогр.: 31п.

Магістерська дисертація складається зі вступу, восьми розділів, висновків, переліку посилань із 31 найменувань і 11 додатків. Загальний обсяг роботи становить 127с. основного тексту, 31 рисунку, 24 таблиць.

Метою роботи є модернізація установки виробництва гліколю з розробкою ректифікаційної колони та виносного кип'ятильника. Проект містить опис процесу виробництва гліколю, конструкцій ректифікаційної колони та виносного кип'ятильника, опис, призначення та області застосування обладнання, технічні характеристики, опис і обґрунтування вибраних конструкцій, розрахунки, що підтверджують працездатність і надійність конструкцій, рекомендації, щодо монтажу та експлуатації апаратів, а також рівень стандартизації та уніфікації, розробку стартап-проекту.

Результати роботи можуть бути використані з навчальною метою на кафедрі машин та апаратів хімічних і нафтопереробних виробництв.

ЕТИЛЕНГЛІКОЛЬ, ДІЕТИЛЕНГЛІКОЛЬ, РЕКТИФІКАЦІЯ,  
НАСАДКА, ВІНОСНИЙ КИП'ЯТИЛЬНИК, МАСООБМІН, ТЕПЛООБМІН.

## РЕФЕРАТ

УДК 664.3

Магистерская диссертация на тему «Разработка ректификационной колонны и выносного кипятильника для модернизации установки производства гликоля». НТУУ «КПИ им. Игоря Сикорского»; Руководитель Двойнос Я. - М., 2019. - 221с. : ил. 31. Исполнитель А.Ю. Король - Библиогр. : 31п

Магистерская диссертация состоит из введения, восьми глав, заключения, списка ссылок из 31 наименований и 11 приложений. Общий объем работы составляет 211с. основного текста, 31 рисунка, 24 таблиц.

Целью работы является модернизация установки производства гликоля с разработкой ректификационной колонны и выносного кипятильника. Проект содержит описание процесса производства гликоля, конструкций ректификационной колонны и выносного кипятильника, описание, назначение и области применения оборудования, технические характеристики, описание и обоснование выбранных конструкций, расчеты, подтверждающие работоспособность и надежность конструкций, рекомендации по монтажу и эксплуатации аппаратов, а также уровень стандартизации и унификации, разработку стартап-проекта.

Результаты работы могут быть использованы в учебных целях на кафедре машин и аппаратов химических и нефтеперерабатывающих производств.

ЭТИЛЕНГЛИКОЛЬ, ДИЭТИЛЕНГЛИКОЛЬ, РЕКТИФИКАЦИИ,  
НАСАДКА, ВЫНОСНОЙ КИПЯТИЛЬНИК, МАССОБМЕНА,  
ТЕПЛОБМЕНА.

## ABSTRACT

UDC 664.3

The Master's thesis on the theme "Development of a distillation column and portable boiler for modernization of glycol production plant" National Technical University "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"; Scientific supervisor Y. Dvoynos – K., 2019. – 221 p.: il. – 31. Developer A. Korol – References: 31

The Master's consists of an introduction, eight sections, conclusions, a list of references of 31 titles and 11 appendixes. The total volume is 127 pages of the main text, 31 figures, 24 tables.

The purpose of the work is to modernization of glycol production plant with the development of distillation column and portable boiler. The project contains a description of the process of production of glycol, structures of distillation column and remote boiler, description, purpose and scope of equipment, specifications, description and justification of selected structures, calculations that confirm the efficiency and reliability of structures, recommendations for the installation and operation of apparatus, as well as the level of standardization and unification, startup project development.

The results of the work can be used with the educational purpose at the department of machinery and apparatus of chemical and petroleum processing industries.

ETHYLENGLYCOL, DIETHYLENGLYCOL, DISTILLATION, NOZZLE, REMOTE BOILER, MASS TRANSFER, HEAT EXCHANGE.

## Зміст

Перелік скорочень, умовних позначень та термінів.....	13
Вступ.....	14
1. Призначення та область використання апаратів.....	16
1.1 Опис технологічного процесу.....	16
1.2 Вибір типів апарату, їх місце в технологічній схемі.....	18
2. Технічна характеристика.....	20
3. Опис та обґрунтування обраних конструкцій.....	21
3.1 Конструкція і принцип дії апарату, основних складальних одиниць та деталей.....	21
3.2 Вибір матеріалів елементів конструкції апаратів.....	23
3.3 Порівняння основних показників обраних конструкцій апаратів з аналогами.....	24
3.4 Патентне дослідження.....	26
4. Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції апаратів.....	37
4.1 Розрахунок ректифікаційної колони.....	38
4.2 Параметричний розрахунок ректифікаційної колони.....	38
4.3 Розрахунок технологічних штуцерів апарату.....	50
4.4 Розрахунок гідравлічного опору ректифікаційної колони.....	52
4.5 Розрахунок еліптичного днища.....	54

					<i>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</i>			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		<i>Король А. Ю.</i>			<i>Розроблення ректифікаційної колони та виносного кип'ятильника для модернізації установки виробництва гліколю</i>	Лит.	Аркуш	Аркушів
Перевір.		<i>Двойнас Я. Г.</i>					10	221
Реценз.						<i>КПІ ім. Ігоря Сікорського, ІХФ, МАХНВ</i>		
Н.контр.								
Затв.								

4.6 Розрахунок товщини стінки циліндричної обичайки під дією внутрішнього надлишкового тиску.....	56
4.7 Розрахунок фланцевого з'єднання .....	57
4.8 Вибір опори апарата.....	64
4.9 Розрахунок укріплення отворів .....	66
4.10 Обґрунтування модернізації ректифікаційної колони .....	67
4.11 Розрахунок виносного кип'ятильника .....	68
4.13 Розрахунок товщини стінки корпусу виносного кип'ятильника .....	74
4.15 Розрахунок еліптичної кришки парогенератора.....	78
4.16 Розрахунок трубної решітки парогенератора.....	80
4.17 Визначення діаметрів штуцерів.....	82
5. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.....	85
5.1 Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів .....	86
5.2 Повітря робочої зони .....	86
5.3 Враження електричним струмом.....	87
5.4 Вплив високих температур.....	89
5.5 Виробниче освітлення.....	90
5.6 Виробничий шум.....	91
5.7 Пожежна безпека.....	92
5.8 Надзвичайні ситуації.....	95
6. Рекомендації щодо монтажу та експлуатації апаратів .....	98
7. Рівень стандартизації та уніфікації .....	100
8. Розробка стартап-проекту .....	101

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8.1	Опис ідеї проекту .....	101
8.2	Технологічний аудит ідеї проекту.....	103
8.3	Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	104
8.4	Розроблення ринкової стратегії стартап-проекту .....	112
8.5	Розроблення маркетингової програми стартап-проекту.....	114
8.6	Висновки до розділу .....	118
	Висновки .....	120
	Выводи.....	121
	Conclusion.....	122
	Перелік посилань.....	123
	Додаток А.....	127
	Додаток Б.....	143
	Додаток В.....	150
	Додаток Г.....	164
	Додаток Д.....	170
	Додаток Е.....	174
	Додаток Є.....	178
	Додаток Ж.....	182
	Додаток З.....	190
	Додаток И.....	194
	Додаток І.....	204
	Список наукових праць.....	215

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Перелік скорочень, умовних позначень та термінів

Умовні позначення:

$h$  – висота, м;

$D, d$  – діаметри, м;

$S$  – товщина, м;

$f$  – площа поперечного перерізу, м<sup>2</sup>;

$G$  – продуктивність, кг/с;

$V$  – об'ємна, м<sup>3</sup>/с;

$w$  – швидкість, м<sup>2</sup>/с;

$P$  – тиск, Па;

$T$  – температура, К;

$t_1$  – температура повітря на вході в сушарку, °С;

$t_2$  – температура повітря на вході в сушарку, °С;

$T_1$  – температура солі на вході в барабан, °С;

$T_2$  – температура солі на виході в барабан, °С;

$B$  – барометричний тиск в даній місцевості, мм.рт.ст.;

$\beta$  – коефіцієнт заповнення барабана, %;

$x_1$  – початкова масова концентрація твердих частинок, %;

$x_2$  – кінцева масова концентрація твердих частинок, %;

$\rho$  – густина матеріалу, кг/м<sup>3</sup>;

$n$  – частота обертання ротору, с<sup>-1</sup>;

$\nu$  – кінематичний коефіцієнт в'язкості, м<sup>2</sup>/с;

Критерії:

$Nu$  – критерій Нуссельта;

$Re$  – критерій Рейнольдса;

$Pr$  – критерій Прандтля.

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Вступ

Виробництво гліколю поступово набуває помітної актуальності, на тлі постійного збільшення потреб у гідравлічних рідинах, тканині, поліуретані і антифризі.

В даний час є необхідність в нових технологіях виробництва етиленгліколю. Для виробництва етиленгліколю використовується такий процес, як некаталічна гідратація окисі етилену, яка включає в собі наступні стадії: готування початкового водного розчину окису етилену у воді, гідратація окису етилену у воді, упарення водного розчину етиленгліколю та ректифікація розчину гліколей з виділенням товарних продуктів.

Метою даної магістерської дисертації є модернізація установки виробництва етиленгліколю з розробкою ректифікаційної колони та виносного кип'ятильника.

Для кращої якості виходу цільового продукту потрібно змінити технологічну схему. З етиленгліколю, після видалення води в випарному апараті, потрібно максимально вилучити воду, перед потраплянням до складу. Це можливо здійснити шляхом зміни конструкції насадки у ректифікаційній колоні, таким чином, що встановлюються насадки спірального типу, які являються направляючими для стікаючої рідини, що збільшує щільність зрошення насадки, збільшуючи ККД колони.

У роботі описано конструкцію апаратів, їх основні складальні одиниці та деталі, обґрунтувати призначення та області використання ректифікаційної колони, та виносного кип'ятильника у технологічній схемі, надано технологічну характеристику, обрано матеріали для їх виготовлення, проведено патентне дослідження та порівняно основні показники розробленої конструкції з аналогами, наведено заходи по охороні праці; проведено параметричний розрахунок апаратів та розрахунок на міцність основних деталей та вузлів конструкції; надано рекомендації, щодо монтажу та експлуатації, визначено рівень стандартизації та уніфікації апаратів; виконано техніко-економічне обґрунтування модернізації апарату;

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Завдання на магістерську дисертацію видано 1 вересня 2019 року під час проходження переддипломної практики в інституті газу НАН України.

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1. Призначення та область використання апаратів

## 1.1 Опис технологічного процесу

Технологічна схема для виробництва етиленгліколю наведена на рис. 1.1. С початку окись етилену охолоджується до температури  $-10^{\circ}\text{C}$ , після того зі збірки 1 подається у змішувач 3. Верхня частина змішувача представлена у вигляді насадкової колони, яка заповнена кільцями Рашига ( $15 * 15\text{ мм}$ ). Її основна функція полягає у абсорбції парів окису етилену, які можуть виділятися в нижній частині змішувача при неповному зчепленні її водою.

Зі збірника 5 подається у верхню частину змішувача водяного конденсату температурою близько  $20^{\circ}\text{C}$ , отриманий після випарювання та ректифікації слабкий розчин гліколя. При цьому співвідношення окису ефіру та води необхідно підтримувати 1:6 (по об'єму).

Зі змішувача 3 шихта, що складається з 13% окису етилену, подається під тиском до 2,45 МПа в гідрататор 7 через теплообмінник 6. Шихта в теплообміннику 6 підігрівається завдяки реакційній рідині, що надходить з гідратора до  $160-180^{\circ}\text{C}$ , а реакційна рідина охолоджується до  $90^{\circ}\text{C}$ .

Реакційна рідина, що поступає з гідрататора, дроселює і з неї виділяється частина газів - кротоновій альдегід, ацетальдегід та ін., Після чого поступає в розширювач 8. Після цього рідина, в яку безперервно вводиться 30-відсотковий розчин лужних, для підтримання рН на рівні 7-8, направляється у ємність 9.

Слабкий розчин гліколей зі збірника 9 надходить на трьохступеневу випарну установку 11 через підігрівач 10. Підігрівач обігрівається завдяки вторинному пару, який надходить з корпусу випарного апарату. Конденсат з підігрівача збирається у збірнику 5.

Парою з тиском 2,1 МПа розчин в першому корпусі нагрівається до  $214^{\circ}\text{C}$ . Пара яка виходить з цього корпусу під тиску 0,8-0,9 МПа при температурі  $170^{\circ}\text{C}$  йде на нагрівання другого корпусу. Другий корпус працює під тиском 0,3-0,4 МПа.

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У ньому розчин нагрівається до 170 ° С; водяний пар з цього корпусу з температурою 129 °С надходить на нагрів до третього корпусу. Останній працює під тиском 66,7 кПа, і сирий концентрований гліколь який з нього виходить містить 5-15% води; він збирається у збірнику 12.

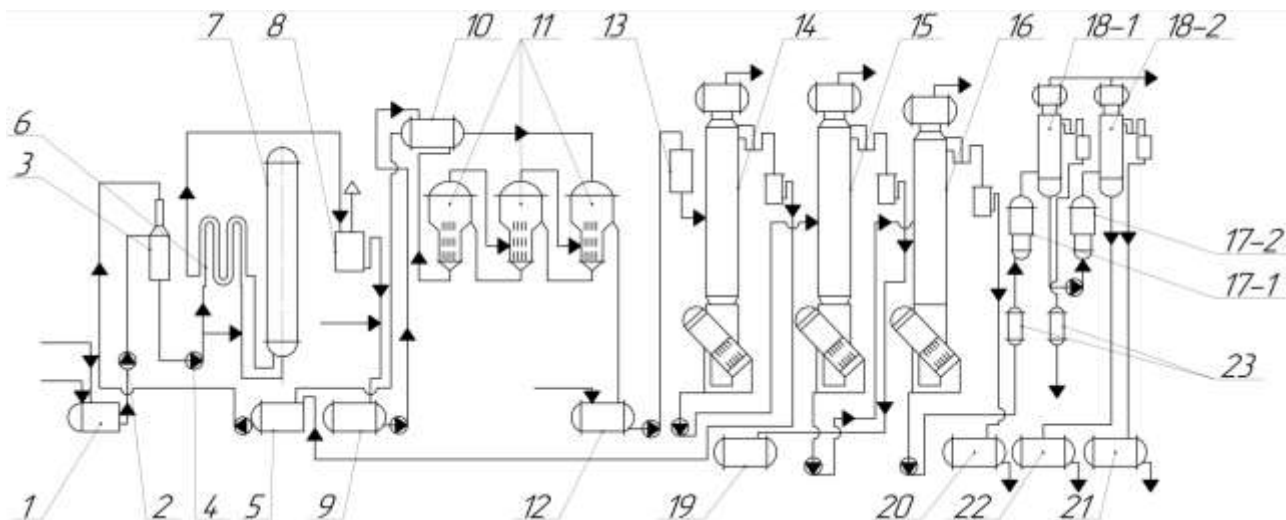
Завдяки використанню насосу центробіжного типу інтенсифікується випарювання завдяки примусовому обігу в'язкого розчину гліколю. Гліколь з збірника 12 надходить у ректифікаційну колону 14 для повного відділення води.

Дистилят колони 14 збирається у збірнику 5, який використовується для приготування водно-оксидної шихти. Обезвожений гліколь-сирець з куба колони 14 при температурі 145 °С завдяки насосу подається до колони 15 де отримується етиленгліколь-ректифікат. Ректифікація проводиться при залишковому тиску 0,7 кПа у верхній частині колони, що відповідає температурі 80 °С.

збирається В збірнику 19 готовий етиленгліколь. Кубова рідина колони 15 при температурі 195 °С подається насосом до колони 16 діаметром. Готовий діетиленгліколь відбирається при залишковому тиску 0,5 кПа до збірника 20 зверху колони. Кубовий залишок з колони 16 відправляють на склад для подальшої переробки на двох послідовно працюючих насадкових колонах 18 під залишковим тиском 0,7 кПа.

У кожній колоні є змішувач який гріє та по 2 виносних випарних апарата 17, які під тиском 2,1 МПа гріються парою. З колони 16 кубова рідина подається у перший випарний апарат 17 проходячи підігрівач 23, з якого гліколі у вигляді пари надходять до колон 18. Дистилят цієї колони містить деяку кількість діетиленгліколя, який вертається у збірник 12, концентрованого гліколя-сирця. Триетиленгліколь у суміші с більш високомолекулярними гліколями з нижньої частини колони подається насосом до другого випарного апарату 17. З цього апарата пара поступає до другої колони 18, дистилят якої є готовим триетиленгліколем та збирається в збірнику 21. Кубові залишки колон 18 – технічний триетиленгліколь який збирають до збірника 22. Випарні апарати 17 працюють періодично.

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



- 1 – сбірник; 2 – насос; 3 – змішувач; 4 – насос; 5 – сбірник; 6 – теплообмінник;  
 7 – гідратор; 8 – розширювач; 9 – сбірник; 10 – підігрівач; 11 – випарний апарат;  
 12 – сбірник; 13 – сбірник; 14 – ректифікаційна колона 1 ст.;  
 15 – ректифікаційна колона 2 ст.; 16 – ректифікаційна колона 3 ст.;  
 17 – випарний апарат; 18 – ректифікаційна колона; 19 – сбірник; 20 – сбірник;  
 21 – сбірник; 22 – сбірник; 23 – підігрівач;

Рис. 1.1 Технологічна схема виробництва етиленгліколя

## 1.2 Вибір типів апарату, їх місце в технологічній схемі

У даній дисертації розробляються два апарати, розміщені згідно технологічної схеми у такому порядку: ректифікаційна колона, виносний кипятильник.

### Ректифікаційна колона.

Для даної схеми необхідно підібрати колону, яка б відповідала наступним вимогам: простота конструкції; простота виготовлення; продуктивність процесу; ремонтодоступність; легкість очистки; простота експлуатації.

У ректифікаційних колонах можна застосовувати як тарілки, так і насадки для розділення суміші. Насадка, що заповнює колону, може бути будь-якого вигляду і матеріалу. Конденсація здійснюється на поверхні цих елементів.

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для процесу розділення суміші «вода-етиленгліколь» доцільно використовувати насадкову ректифікаційну колону, яка має кращі показники розділення, ніж інші аналоги. Насадкові колони складають основну групу масообмінних апаратів.

Обираємо насадкову ректифікаційну колону безперервної дії. Як аналог вибираємо апарат даної технологічної схеми.

Переваги насадкової ректифікаційної колони:

- простота обслуговування;
- високий ККД;
- велика продуктивність.

Недоліки насадкової ректифікаційної колони:

- висока металоємність;
- високі енерговитрати.

Насадкова ректифікаційна колона має високий рівень продуктивності і високоякісний кінцевий продукт.

#### **Виносний кип'ятильник.**

Парогенератор представляє собою горизонтальний циліндричний корпус, одного пучка U-подібних труб, закріплених у нерухомій трубній решітці, і приєднані за допомогою фланцевих з'єднань до корпусу.

Етиленгліколь надходить у міжтрубний простір де підігрівається до стану пари. Потім пара проходить через краплевідбійник та подається через трубу до колони. Гріючим агентом слугує насичена водяна пара, що надходить у трубний простір.

Переваги виносного кип'ятильника:

- простота конструкції;
- простота експлуатації;
- велика продуктивність.

Недоліки виносного кип'ятильника:

- великі габарити;
- чималі експлуатаційні витрати;

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2. Технічна характеристика

### Технічна характеристика ректифікаційної колони

Центрифуга призначена для розділення суміші етиленгліколь–вода.

Продуктивність по вхідній суміші, кг/с	0,7;
Діаметр колони, м	0,4;
Висота колони, м	8;
Масова частка води у початковому розчині, %	45;
Масова частка води у дистилляті, %	96;
Масова частка води у кубовому залишку, %	1.

### Технічна характеристика виносного кип'ятильника

Виносний кип'ятильник призначений для пароутворення розчину.

Водяна пара:

Тиск, МПа	1,6;
Температура водяної пари на вході $t_{в.п.}$ , К	480,75;

гліколь:

Тиск, МПа	0,15;
температура етиленгліколю на вході $t_{г.п.}$ , К	470,75;

Витрати етиленгліколю $G_{в.п.}$ , кг/с	0,498;
---	--------

геометричні параметри труб:

діаметр труби $d$ , м	0,025;
товщина стінки труби, м	0,002;
Діаметр апарату, м	1;
Довжина труб, м	5.

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

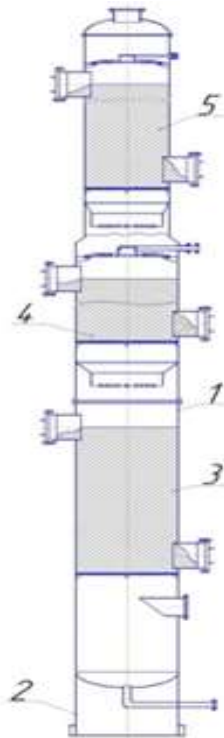
### 3. Опис та обґрунтування обраних конструкцій

#### 3.1 Конструкція і принцип дії апарату, основних складальних одиниць та деталей

##### Ректифікаційна колона

Насадкові колони одержали широке застосування в промисловості (рисунок 3.1). Усередині колони розташовано решітки, на які вкладено насадки. Рідина тонкою плівкою тече по насадці вниз, і паралельно вгору протитечією підіймається пара. До основних конструктивних елементів ректифікаційної колони відносяться: корпус, кришка, днище, фланці, прокладки, кріпильні вироби, люки, штуцери і опори.

Конструкція та принцип дії ректифікаційної колони представлена на рисунку 3.1.



1 – царга; 2 – опора; 3,4,5 – насадки

Рисунок 3.1 - Схема насадкової колони

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Початкова суміш подається у нижню частину ректифікаційної колони. Знизу до корпусу апарата приварюється спеціальна опорна обичайка, що дозволяє надійно кріпити колону до фундаменту. Розподільчий пристрій монтується у верхній частині колони і призначений для рівномірного розподілу рідини за перерізом колони [1].

У середню частину подається сировина, яку необхідно розділити на дві частини – висококиплячу та низькокиплячу. Пара контактує з шаром рідини, який протікає через насадки від одного зливного пристрою до іншого.

Потік рідини рухаючись через шари насадки контактує з гарячою парою, і тому йде випаровування деякої кількості НКК, в результаті чого концентрація НКК в рідині зменшується. З іншого боку, потік пара, що поступає з нижньої частини колони, контактує з рідиною, температура якої нижча, і частина ВКК з цього потоку конденсується, переходячи в рідину.

### **Виносний кип'ятильник**

Виносний кип'ятильник, призначений для нагрівання етиленгліколю насиченою водяною парою. Схема виносного кип'ятильника наведена на рисунку 3.2. Нагрівач складається з: циліндричної обичайки-кожуха, до якої з одної сторони на фланцевому з'єднанні приєднано розподільчу кришку та трубку решітку, а з іншої приварена кришка з люком для обслуговування апарату.

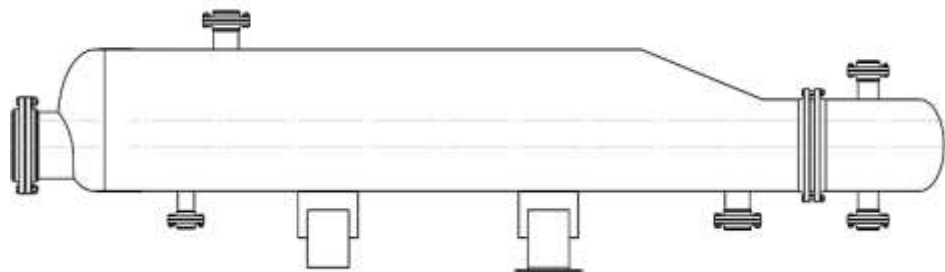


Рисунок. 3.2 – Конструктивна виносного кип'ятильника

Принцип дії виносного апарату полягає в тому, що через розподільчу кришку насичена водяна пара потрапляє у труби та гріє етиленгліколь. Пара яка

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

утворюється надходить через краплевідбійник до наступного апарату у схемі.

Етиленгліколь який встиг сконденсуватися до краплевідбійника йде у бункер.

В трубній решітці щільно закріплено труби, які в подальшому тримаються завдяки перегородкам. Ущільнення досягається завдяки встановленню прокладок. Для вводу та виводу теплоносіїв до кожуха і кришок приварені патрубки. Щільність з'єднання труб з трубою решіткою забезпечується розвальцьовкою.

### 3.2 Вибір матеріалів елементів конструкції апаратів

При конструюванні хімічної апаратури до конструктивних матеріалів висуваються такі вимоги:

Достатня загальна хімічна і корозійна стійкість матеріалу в агресивному середовищі з заданими концентраціями, температурою і тиском, при яких здійснюється технологічний процес, а також стійкість проти інших можливих видів корозійного руйнування.

Достатня механічна стійкість при заданих тиску і температурі технологічного процесу, з врахуванням специфічних вимог, що висуваються при випробуванні апарату на міцність, герметичність в експлуатаційних умовах при дії на апарати різного роду додаткових навантажень.

Найкраща здатність матеріалу зварюватись з забезпеченням високих механічних властивостей зварних з'єднань і корозійної стійкості їх в агресивному середовищі, що оброблюється різанням, тиском, підлягає згину. Низька вартість матеріалу, не дефіцитність і засвоєння її промисловістю.

Виходячи з вище перерахованих вимог вибираю такі матеріали відповідно до обладнання:

1) Для виносного кип'ятильника приймаю такі матеріали: корпус виготовлений зі сталі – 12X18H10, ГОСТ 10885-85. Плити, фланці, стійка, штанги виготовляються із легованої Сталі 40X ГОСТ 4543-71.

3) Для ректифікаційної колони приймаю такі матеріали: для обичайки, днища, кришки та штуцерів, що обираємо сталь 12X18H10. Кріпильні вироби

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(шпильки, болти, гайки, шайби) виготовляються зі сталі марки Ст.3 (ГОСТ 380-71).

### 3.3 Порівняння основних показників обраних конструкцій апаратів з аналогами

#### Ректифікаційна колона.

За конструкцією запропонована в даному проекті ректифікаційна колона насадкового типу, яка суттєво відрізняється від наведених аналогів [2]. Вона має більшу площу поверхні ректифікації, враховуючи що продуктивність колони не змінюється.

Порівняльна характеристика різних типів ректифікаційних колон наведена у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Порівняльна характеристика ректифікаційних колон

Основні технологічні показники	Ректифікаційна колона з клапанними тарілками	Ректифікаційна колона з сітчатими тарілками	Апарат, що проектується
Продуктивність колони по вхідній суміші, кг/с	0,5 (2)	0,6 (3)	0,7(4)
Площа поверхні ректифікації, м <sup>2</sup> (бал)	550 (3)	500 (4)	400-500 (4)
Габарити, м			
Висота	$H_k = 12$ (4)	$H_k = 16$ (3)	$H_k = 8$ (5)
Діаметр	$D = 1$ (4)	$D = 1.4$ (3)	$D = 0,4$ (5)
Ширина	$S = 1.2$ (4)	$S = 1,6$ (3)	$S = 0,6$ (5)
Робота при змінній витраті	3	2	5

Продовження таблиці 3.1

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Малі капітальні витати	4	2	3
Легкість пуску та установки	4	4	4
Сумма балів	28	24	35

Висновок:

Враховуючи, що продуктивність апаратів однакова, а площа поверхні ректифікації запропонованої колони значно перевищує аналоги, то доцільно використовувати запропонований тип ректифікаційної колони.

#### **Виносний кип'ятильник.**

За конструкцією запропонований в даному проекті виносний кип'ятильник, який суттєво відрізняється від наведених аналогів [2]. Має більшу площу поверхні теплообміну, враховуючи що продуктивність виносного кип'ятильника не змінюється.

Таблиця 3.2 – Порівняльна характеристика кип'ятильників [2]

Основні технологічні показники	Аналог №1	Аналог №2	Парогенератор, що проектується
Довжина, мм	7000 (3)	5000 (4)	5000 (4)
продуктивність, кг/с	0,7 (5)	0,65 (4)	0,65 (4)
діаметр, м	4 (2)	1 (4)	1 (4)
маса, кг	10000 (2)	7000 (4)	5000 (4)
Площа поверхні теплообміну, м <sup>2</sup>	63 (4)	62 (3)	68 (5)
Сумма балів	26	28	33

Висновок:

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Враховуючи, що продуктивність апаратів однакова, а площа поверхні теплообміну запропонованого виносного кип'ятильника значно перевищує аналоги, то доцільно використовувати запропонований тип виносного кип'ятильника.

### 3.4 Патентне дослідження

Для знаходження об'єктів порівняння та перевірки патентної чистоти конструкції проведений патентний пошук. Для докладного аналізу було обрано патенти [6-10] для ректифікаційної колони, та [11-15] для виносного кип'ятильника.

**Ректифікаційна колона.** Предметом патентного пошуку є ректифікаційна колона.

1. Ректифікаційна колона [6], зображена на рисунку 3.3.

Конструкція ректифікаційної колони насадкового типу (аналог №1), рисунок 3.3, [6]. У винаході, представленому авторами, запропоноване нове рішення у насадковому масообмінному апараті, що містить корпус, розподільник рідини, штуцер для відведення рідини, штуцер для введення і відведення газу, заповнений насадкою, що складається з вертикально підвішених ланцюгів, розміщених концентрично, ланцюги з'єднані між собою поперечними ланками.

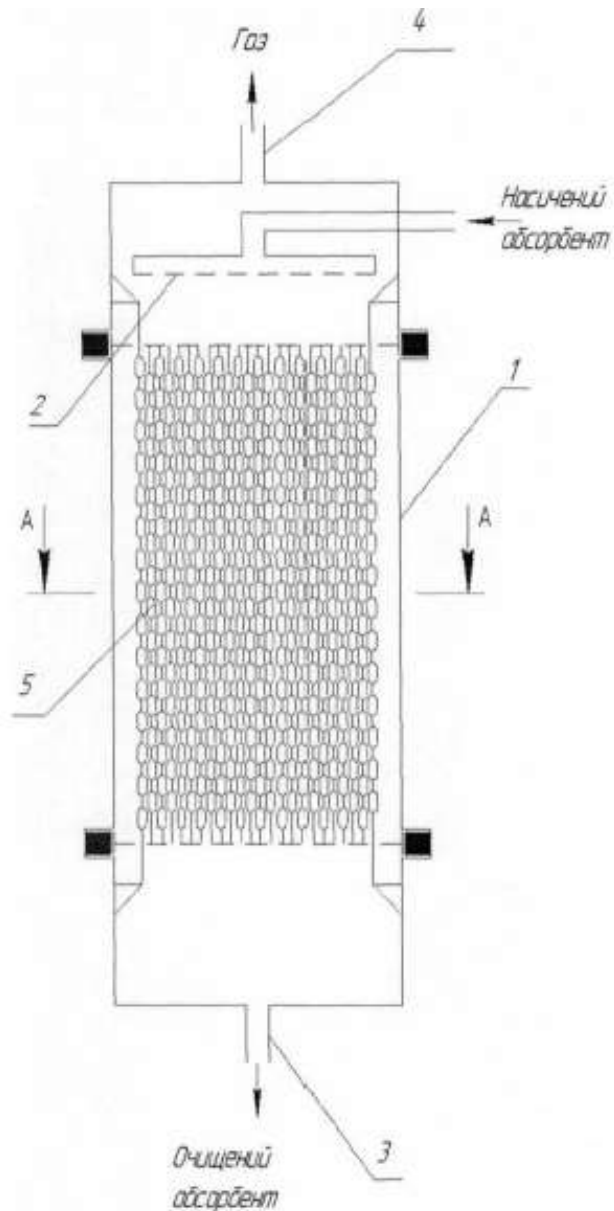
Переваги:

- Простота конструкції;
- Дешевизна.

Недоліки:

- висока металоємність;
- високий виробничий шум
- низька щільність зрошення.

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



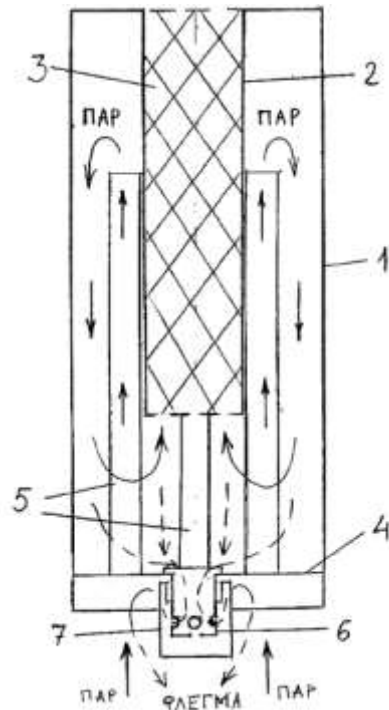
1 – корпус;; 2 – розподільник рідини;  
 3 – штуцер відведення; 4 –штуцер для газу; 5 –насадка;

Рисунок 3.3 – Ректифікаційна колона

2. Ректифікаційна колона [7], зображена на рисунку 3.4.

У ректифікаційній колоні (аналог №2), [7] рисунок 3.4, У винаході, представленому авторами, запропоноване таке рішення конструкція яка містить корпус у вигляді відрізка труби, який має вигляд труба в трубі.

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1,2 – труби; 3 – насадка; 4 – пластина; 5 – патрубок для пари;  
6 – стрижень; 7 – ковпачок;

Рисунок 3.4 – Ректифікаційна колона

Переваги:

- низькі габаритні розміри;
- простота конструкції;
- низька металоємність.

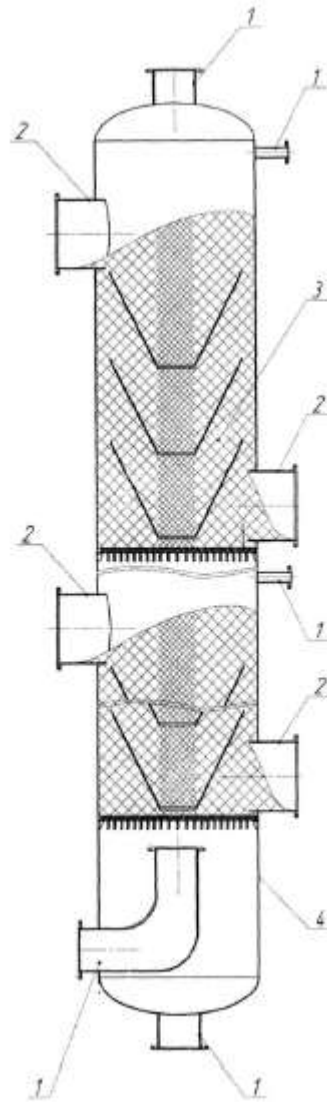
Недоліки:

- низький ККД.

3. Ректифікаційна колона [8], зображена на рисунку 3.5.

Елементи насадки ректифікаційної колони виконано у вигляді щонайменше двох радіальних пристроїв з вікнами, заповнених насипною насадкою різного діаметра, що складається з традиційних елементів насадки (наприклад кілець Рашига). Насипну насадку меншого розміру розташовують в середині колони, а більшого на периферії.

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1 – штуцер підводу; 2 – штуцер виводу; 3 – елемент насадки; 4 – корпус;

Рисунок 3.5 – Ректифікаційна колона

Переваги:

- Високий ККД;
- зменшення енергозатрат.

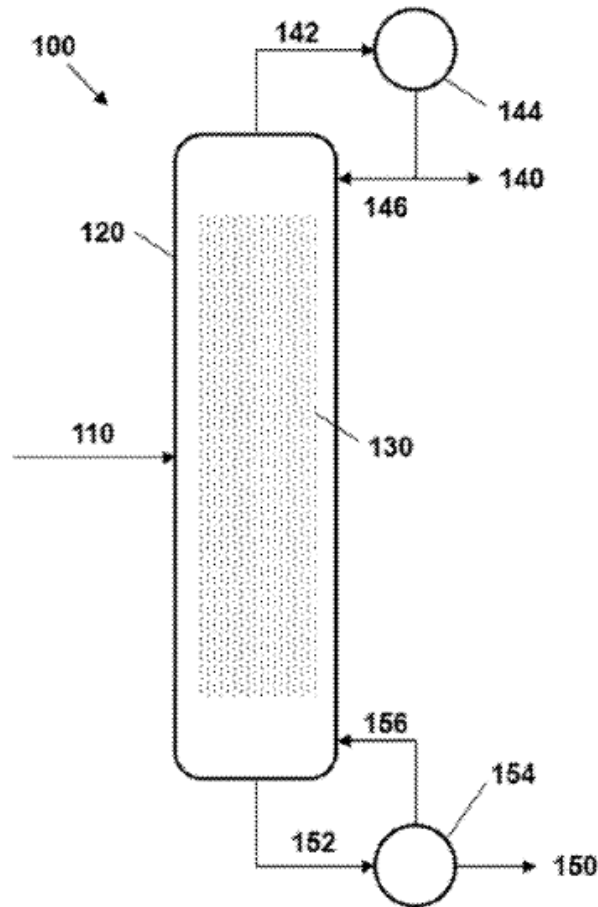
Недоліки:

- Складності при обслуговуванні;
- висока металоємність.

4. Ректифікаційна колона [9], зображена на рисунку 3.6.

Елементи насадки ректифікаційної колони виконано у вигляді ланцюгів, які знаходяться по всій висоті апарату.

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



100 – ректифікаційна колона; 110 –подача; 120 – корпус;  
 130 – елемент насадки; 140 – вихід з дефлегматора;  
 142 – вихід на дефлегматор; 144 – підвід холодного агенту;  
 146 – вихід на дефлегматор; 150 – вихід концентрованного розчину;  
 152 – потік на парогенератор; 154 – підвід теплоти;

Рисунок 3.6 – Ректифікаційна колона

Переваги:

- простота конструкції;
- легкість обслуговування.

Недоліки:

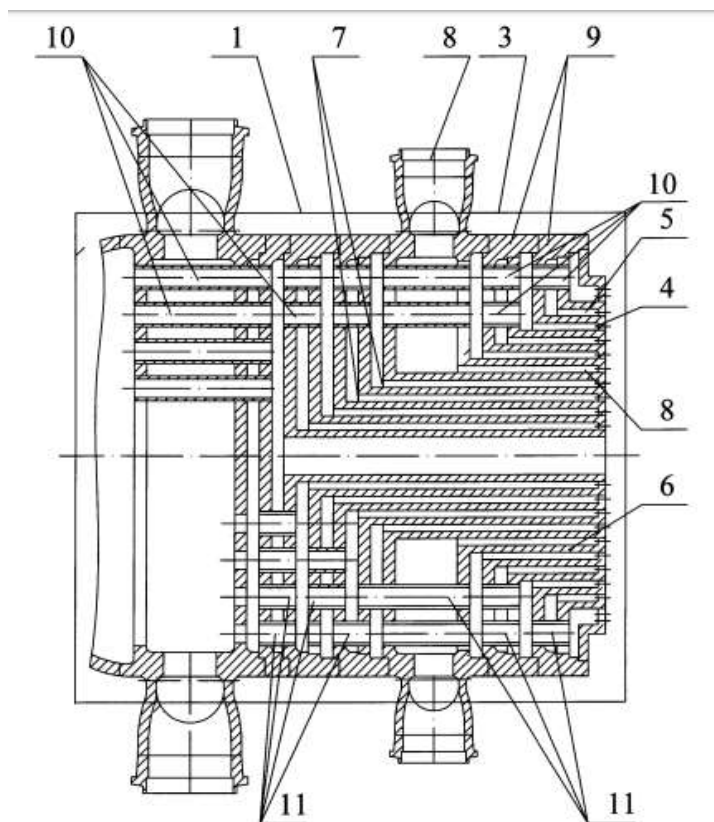
- високий рівень шуму;
- низька щільність зрошення;

5. Процес ректифікації і система ректифікації [10], зображена на рисунку 3.7.

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



причому кільцеві порожнини компонентів палива рівномірно чергуються між собою, при цьому в центральній частині головки, між поясами подачі компонентів, встановлено пояс подачі пароутворюючої рідини, порожнина якого відкривається в порожнину камери згоряння, при цьому на торцях обичайок з боку входу встановлені торцеві профільовані днища, скріплені між собою і з корпусом і утворюють послідовно розташовані торцеві кільцеві порожнини, причому довжина згаданих порожнин зменшується від вхідної частини камери згоряння до вихідній, при цьому в зазначених днищах і порожнинах виконані ізолювані канали, що з'єднують згадані торцеві порожнини подачі компонентів палива через одну між собою, при цьому зазначені кільцеві порожнини компонентів палива з'єднані з відповідними порожнинами підведення компонентів через згадані торцеві порожнини, утворені профільованими днищами.



1 –корпус; 2 – камера сгорання; 3 –змішуюча головка; 4,5 – пояси подачі;  
 6 – обичайки; 7 –кільцеві зазари; 8 – пояс подачі рідини; 9 – днище;  
 10,11 – ізолювані канали;

Рисунок 3.8 – Парогенератор

Переваги:

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- велика площа теплообміну;
- високий ККД.

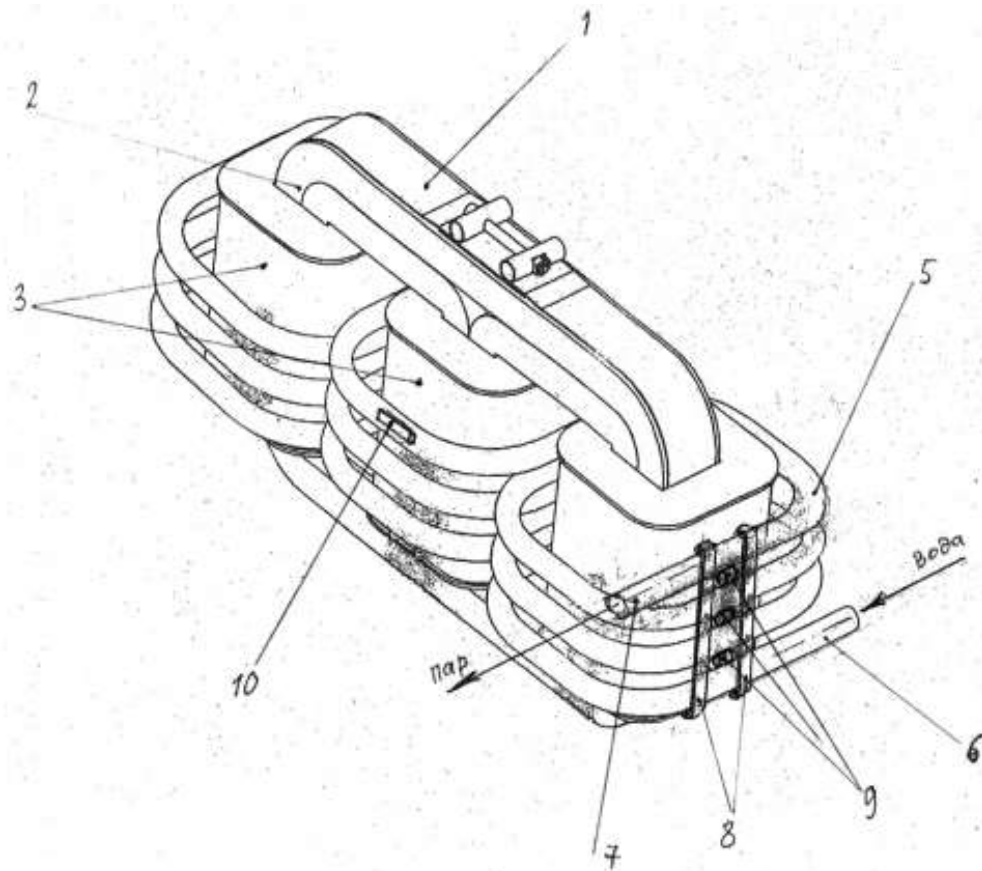
Недоліки:

- складність конструкції;
- велика металоємність.

## 2. Парогенератор [12], зображений на рисунку 3.9.

Прямоточний електричний парогенератор включає плоский феромагнітний сердечник зі стрижнями, первинні обмотки, розташовані у вигляді котушок на стрижнях і електрично ізолювані від них, засоби примусової подачі води у внутрішню порожнину загальної трубчастої вторинної обмотки, має підвідний і відвідний патрубки і розташовані в магнітному полі ізолювано від первинних обмоток і охоплює всі стрижні феромагнітного сердечника так, що навколо кожного стержня творює замкнуті витки, розташовані в міжкотушкових просторі по черзі один над одним і з'єднані електрично нероз'ємно зовнішньо в площині діаметру труби, паралельного вектору магнітної індукції стержня, а на периферії в міжтрубному просторі між витками встановлені дистанційні циліндричні елементи, зовнішньо з'єднані з витками нероз'ємним з'єднанням в площині діаметра труб, паралельного вектору магнітної індукції стрижнів, датчик температури, встановлений на ділянці труби трубчастої вторинної обмотки, близькому до відводить патрубку, датчик тиску пара, розташований на зворотному патрубку, зовнішню перемичку, що складається з двох паралельних шин, розташованих перпендикулярно витків трубчастої вторинної обмотки і електрично приєднаних до початкового і кінцевого виткам на відстані один від одного, кратному радіусу труби трубчастої вторинної обмотки, причому довжина трубчастої вторинної обмотки кратна радіусу труби трубчастої вторинної обмотки. Особливістю даного парогенератора є те, що кошти для примусової подачі рідини виконані з можливістю здійснювати контроль кількості що подається рідини у внутрішню порожнину трубчастої вторинної обмотки в залежності від температури поверхні трубчастої вторинної обмотки, а на зворотному патрубку встановлений механічний запобіжний клапан.

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



1 – сердечник; 2 – стрижні; 3 – катушки; 4 – система управління;  
 5 – вторинна обмотка; 6 – патрубок вводу; 7 – патрубок виводу;  
 8 – перемичка; 9 – дистанційні циліндри; 10 – датчик;

Рисунок 3.9 – Парогенератор

Переваги:

- іноваційність;
- високий ККД;

Недоліки:

- складність конструкції;

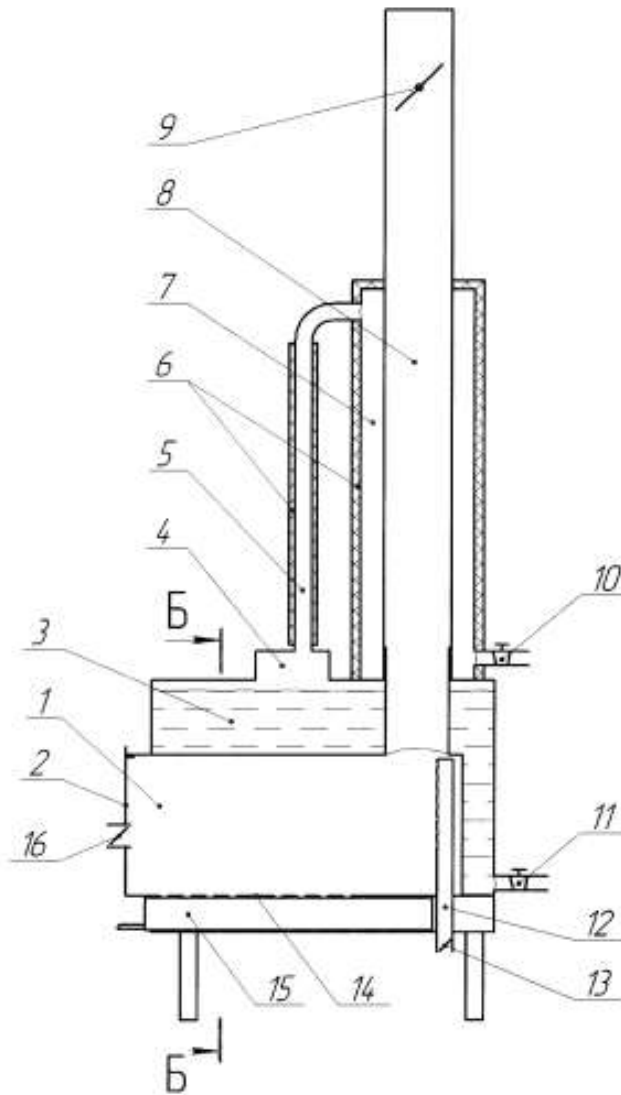
3. Парогенератор [13], зображений на рисунку 3.10.

Технічним результатом, забезпечуваним наведеної сукупністю ознак, є отримання перегрітого сухого пара, який за допомогою жорстких або гнучких паропроводів (Шлангів) може бути направлений в парову топку будь-якої відомої конструкції.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЛН81мп.066210.001 ПЗ

Арк.



- 1 – топка; 2 – двері топки; 3 – водогрійний бак; 4 – відділювач води;  
 5 – трубка; 6 – втоплювач; 7 – сухопарник; 8 – димова труба; 9 – заслонка;  
 10 – вентиль відбору пари; 11 – вентиль відбору води; 12 – інжектор;  
 13 – регулятор інжектора; 14 – решітка; 15 – зольник;  
 16 – повітряний регулятор; 17 – дверний засув; 18 – заливна горловина;  
 19 – ніжки; 20 – запобіжний клапан;

Рисунок 3.10 – Парогенератор

Переваги:

- простота конструкції;
- довговічність.

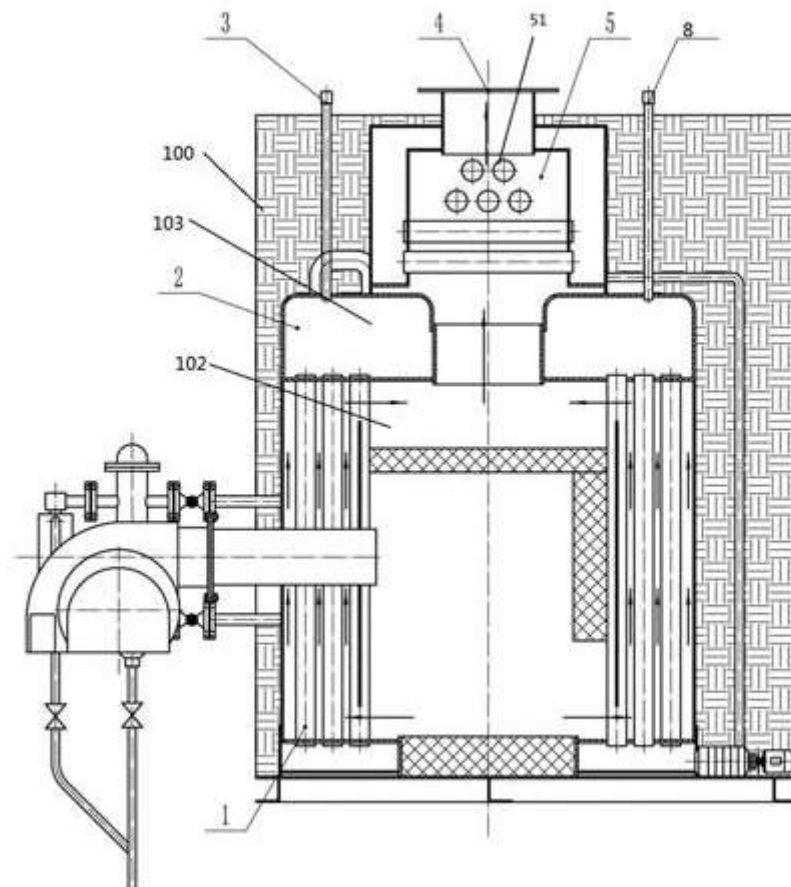
Недоліки:

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- велика вага;
- ціна;

#### 4. Парогенератор [14], зображений на рисунку 3.11.

Вертикальний парогенератор, що містить: вертикальний корпус, в якому в корпусі розміщена нагрівальна камера



- 1 – труби; 2 – камера; 3,8 – запобіжні клапани; 4 – система управління;  
 5 – економайзер; 51 – теплообмінна трубка; 100 – корпус;  
 102 – ґріюча камера; 103 – камера;

Рисунок 3.11 – Парогенератор

#### Переваги:

- велика площа теплообміну;
- високий ККД.

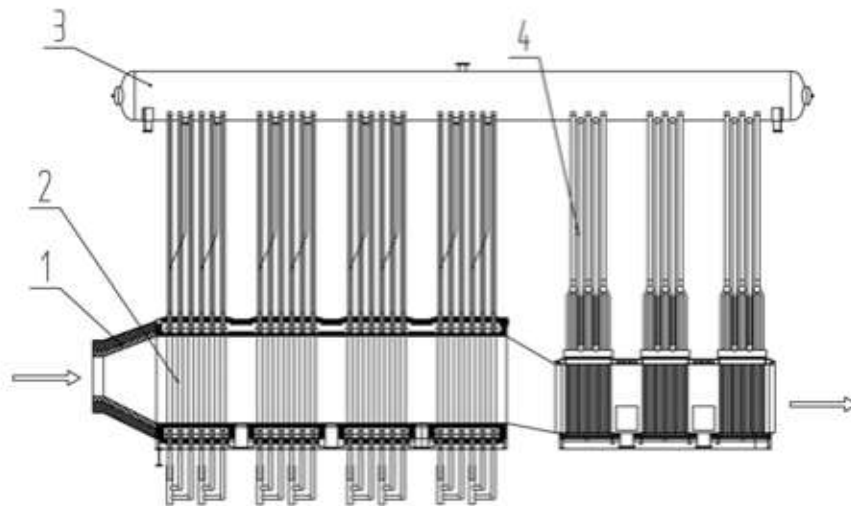
#### Недоліки:

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- габаритні розміри;
- складність конструкції;
- велика металоємність;

5. Парогенератор [15], зображений на рисунку 3.12.

Включає димовідвід, що має вхід повітря, випускний отвір, безліч блоків випаровування з труб послідовно розташованих за входом повітря. Виключаючи прохід вихлопу в задній частині.



1 – корпус; 2 – труби першого контуру; 3 – розподільник;  
4 – труби другого контуру;

Рисунок 3.12 – Парогенератор

Переваги:

- простота конструкції;
- довговічність.

Недоліки:

- габарити;
- велика металоємність.

**4. Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність**

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## конструкції апаратів

### 4.1 Розрахунок ректифікаційної колони

### 4.2 Параметричний розрахунок ректифікаційної колони

Метою розрахунку є визначення основних геометричних розмірів ректифікаційної колони.

Розрахункову схему зображено на рисунку 4.1.

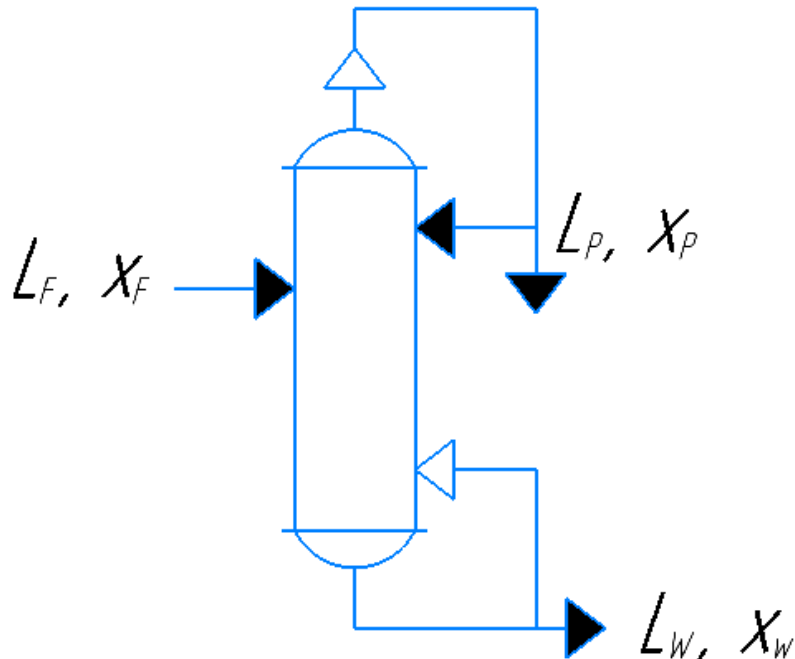


Рисунок 4.1 – Схема для розрахунку робочої висоти колони

Вихідні дані:

Масова продуктивність колони за вихідною сумішшю  $L'_F$ , кг/с 0,7;

Масова частка води у початковій суміші  $\bar{x}_F$ , % 0,45;

у дистилляті  $\bar{x}_p$ , % 0,96;

у кубовому залишку  $\bar{x}_w$ , % 0,01;

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тип колони – насадкова;

тиск у колоні – атмосферний;

Температури, °С:

початкової суміші  $t_1$  23;

зберігання продуктів на складі  $t_2$  25.

Флегма і початкова суміш підводяться до колони, підігрітиму до температури кипіння. Суміш не містить механічних домішок і не полімеризується.

Розрахунок ведеться за авторами [1].

### Матеріальний баланс колони і визначення флегмового числа

Визначаємо масову продуктивність колони:

за початковою сумішшю, кг/с:

$$L_F = L'_F \cdot \quad (4.1)$$

За кубовим залишком, кг/с:

$$L_W = L_F \frac{\overline{x_P} - \overline{x_F}}{\overline{x_P} - \overline{x_W}} \cdot \quad (4.2)$$

за дистиллятом, кг/с:

$$L_P = L_F - L_W \cdot \quad (4.3)$$

Молярні маси компонентів суміші:

Для води  $M_{HK} = 18,02$  кг/кмоль

Для етиленглыколю  $M_{BK} = 62,07$  кг/кмоль

Для подальших розрахунків виразимо концентрації живлення, дистилляту й кубового залишку в молярних частках, за загальною формулою:

Живлення, %:

$$x_F = \frac{\overline{x_F}}{\frac{x_F}{M_{HK}} + \frac{1-x_F}{M_{BK}}} \cdot \quad (4.4)$$

дистиллят, %:

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$x_p = \frac{\frac{\overline{x_p}}{M_{HK}}}{\frac{\overline{x_p}}{M_{HK}} + \frac{1 - \overline{x_p}}{M_{BK}}} \quad (4.5)$$

кубовий залишок, %:

$$x_w = \frac{\frac{\overline{x_w}}{M_{HK}}}{\frac{\overline{x_w}}{M_{HK}} + \frac{1 - \overline{x_w}}{M_{BK}}}, \% \quad (4.6)$$

Відносна молярна витрата живлення:

$$f = \frac{x_p - x_w}{x_F - x_w} \quad (4.7)$$

$$t_K = 101.84 \text{ }^\circ\text{C}; T_K = t_K + 273,15 = 374 \text{ K.}$$

За авторами [1] температури кипіння чистих компонентів:

$$\text{Води} \quad t_{HK} = 100 \text{ }^\circ\text{C};$$

$$\text{Етиленгліколю} \quad t_{BK} = 197,6 \text{ }^\circ\text{C.}$$

Розраховуємо коефіцієнт активності за формулою:

$$\lg \alpha = \frac{t_{BK} - t_{HK}}{T_K} \cdot (3,9871 + 0,00194T_K)$$

Рівноважна концентрація НКК у парі:

$$y_F^* = \frac{\alpha x_F}{1 + (\alpha - 1)x_F} \quad (4.8)$$

Розраховуємо флегмове число:

мінімальне за формулою:

$$R_{\min} = \frac{x_p - y_{F^*}}{y_{F^*} - x_F} \quad (4.9)$$

робоче:

$$R = 1,3 R_{\min} + 0,3 \quad (4.10)$$

Рівняння робочих ліній:

для верхньої частини колони за формулою:

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$y' = \frac{R}{R+1} x' + \frac{x_p}{R+1} \quad (4.11)$$

$$y' = 0,7294x' + 0,2674$$

для нижньої частини колони за формулою:

$$y'' = \frac{R+f}{R+1} x'' - \frac{f-1}{R+1} x_w \quad (4.12)$$

$$y'' = 1,096x'' - 0,0007614.$$

### Витрати рідини в колоні

Молярна маса живлення, кг/моль:

$$M_F = x_F M_{HK} + (1 - x_F) M_{BK}.$$

Середні концентрації рідини

для верхньої частини колони, %:

$$x'_m = \frac{x_F + x_P}{2}. \quad (4.13)$$

для нижньої частини колони, %:

$$x''_m = \frac{x_F + x_W}{2}. \quad (4.14)$$

Середні молярні маси рідини визначаються за формулами:

у верхній частині колони, кг/моль:

$$M'_{Lm} = x'_m M_{HK} + (1 - x'_m) M_{BK}. \quad (4.15)$$

у нижній частині колони, кг/моль:

$$M''_{Lm} = x''_m M_{HK} + (1 - x''_m) M_{BK}. \quad (4.16)$$

Середні масові витрати рідини

у верхній частині колони, кг/с:

$$L' = RL_P \frac{M'_{Lm}}{M_{HK}}; \quad (4.17)$$

у нижній частині колони, кг/с:

$$L'' = RL_P \frac{M''_{Lm}}{M_{HK}} + L_F \frac{M''_{Lm}}{M_F}. \quad (4.18)$$

### Витрати пари у колоні

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Середні концентрації пари знаходимо з рівнянь робочих ліній

для верхньої частини колони:

$$y'_m = 0,7294x' + 0,2674 \quad (4.19)$$

для нижньої частини колони:

$$y''_m = 1,096x'' - 0,0007614. \quad (4.20)$$

Середні молярні маси пари розраховуємо за формулою:

для верхньої частини колони, кг/моль:

$$M'_{Gm} = y'_m M_{HK} + (1 - y'_m) M_{BK}. \quad (4.21)$$

для нижньої частини колони, кг/моль:

$$M''_{Gm} = y''_m M_{HK} + (1 - y''_m) M_{BK}. \quad (4.22)$$

Середні масові потоки за формулою:

у верхній частині колони, кг/с:

$$G' = L_p (R + 1) \frac{M'_{Gm}}{M_{HK}}; \quad (4.23)$$

у нижній частині колони, кг/с:

$$G'' = L_p (R + 1) \frac{M''_{Gm}}{M_{HK}}. \quad (4.24)$$

### Визначення температурного режиму колони

Температура рідини у верхній частині колони, коли  $x_p = y_p = 0,9877$ ,  $t'_L = 101,43^\circ\text{C}$ .

Середню температуру пари у верхній частині колони, коли  $y'_m = 0,7959$ ,  $t'_{Gm} = 101,43^\circ\text{C}$ , для нижньої частини колони, коли  $y''_m = 0,2609$ ,  $t''_{Gm} = 188,85^\circ\text{C}$ .

### Визначення теплофізичних властивостей рідини

Теплофізичні властивості рідини визначаємо за табличними даними. Оскільки у верхній частині колони впливом на густину рідини вмісту висококиплячого компонента (етиленгліколю), а густину рідини визначати як густиною рідкого етиленгліколю можна знехтувати, густину рідини будемо визначати за густиною води. Відповідно до таблиці, коли  $t'_L = 101,43^\circ\text{C}$ ,  $\rho'_{Lm} = 958$  кг/м<sup>3</sup>.

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У нижній частині колони можна знехтувати впливом на густину вмісту низькокиплячого компонента (води), а густину рідини визначити за густиною етиленгліколю, тому, коли  $t''_L = 188,85^\circ\text{C}$ ,  $\rho''_{Lm} = 1116,1 \text{ кг/м}^3$ .

В'язкість рідкої води складає,

$$\text{коли } t'_L = 101,43^\circ\text{C}, \mu'_{LHK} = 0,293 \text{ мПа} \cdot \text{с};$$

$$\text{коли } t''_L = 118^\circ\text{C}, \mu''_{LHK} = 0,238 \text{ мПа} \cdot \text{с};$$

В'язкість рідкого етиленгліколю –

$$\text{коли } t'_L = 101,43^\circ\text{C}, \mu'_{LBK} = 15,7 \text{ мПа} \cdot \text{с};$$

$$\text{коли } t''_L = 188,85^\circ\text{C}, \mu''_{LBK} = 0,7 \text{ мПа} \cdot \text{с};$$

В'язкість суміші взаємонерозчинних рідин у верхній і нижній частинах колони знаходимо за рівняннями.

Для верхньої частини колони [16], Па·с:

$$\mu'_L = 10^{x'_m \lg \mu'_{HK} + (1-x'_m) \lg \mu'_{BK}}; \quad (4.25)$$

Для нижньої частини колони [16], Па·с:

$$\mu''_L = 10^{x''_m \lg \mu''_{HK} + (1-x''_m) \lg \mu''_{BK}}. \quad (4.26)$$

### Визначення теплофізичних властивостей пари

Середню густину пари визначаємо за формулою:

у верхній частині колони, кг/м<sup>3</sup>:

$$\rho'_{Gm} = \frac{M'_{Gm} T_0}{22,4 T'_{Gm}}; \quad (4.27)$$

у нижній частині колони, кг/м<sup>3</sup>:

$$\rho''_{Gm} = \frac{M''_{Gm} T_0}{22,4 T''_{Gm}}. \quad (4.28)$$

В'язкість пари води згідно табличним даним складає,

$$\text{коли } t'_G = 101,43^\circ\text{C}, \mu'_{GHK} = 12,28 \cdot 10^{-3} \text{ мПа} \cdot \text{с}.$$

$$\text{коли } t''_G = 188,85^\circ\text{C}, \mu''_{GHK} = 12,5 \cdot 10^{-3} \text{ мПа} \cdot \text{с}.$$

В'язкість пари етиленгліколю –

$$\text{коли } t'_G = 101,43^\circ\text{C}, \mu'_{GHK} = 5,3 \cdot 10^{-3} \text{ мПа} \cdot \text{с}.$$

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

коли  $t_G'' = 188,85^\circ\text{C}$ ,  $\mu_{GHK}'' = 5,4 \cdot 10^{-3} \text{ мПа} \cdot \text{с}$ .

Середню в'язкість пари в колоні розраховуємо за формулою окремо для кожної частини колони.

Для верхньої частини, Па·с:

$$\mu'_{Gm} = \frac{M'_{Gm}}{\frac{y'_m M_{HK}}{\mu'_{GHK}} + \frac{(1-y'_m)M_{BK}}{\mu'_{GBK}}}; \quad (4.29)$$

для нижньої частини, Па·с:

$$\mu''_{Gm} = \frac{M''_{Gm}}{\frac{y''_m M_{HK}}{\mu''_{GHK}} + \frac{(1-y''_m)M_{BK}}{\mu''_{GBK}}}. \quad (4.30)$$

### Визначення діаметрів колони

Об'ємні витрати пар визначаємо за формулами:

У верхній частині колони, м<sup>3</sup>/с:

$$V' = \frac{G'}{\rho'_{Gm}}; \quad (4.31)$$

у нижній частині колони, м<sup>3</sup>/с:

$$V'' = \frac{G''}{\rho''_{Gm}}. \quad (4.32)$$

Для подальших розрахунків необхідно вибрати насадки. За даними таблиці(табл. 1.33, «Основи проектування насадкових ректифікаційних колон») вибираємо укладені рядами кілець керамічні щільноспечені з фарфорової маси (Рашига) за ГОСТ 17612-89 з умовними розмірами 80×80×8мм і такими параметрами:

Питома поверхня насадок  $f_n = 68 \text{ м}^2 / \text{м}^3$ ;

Вільний об'єм  $V_f = 0,75 \text{ м}^2 / \text{м}^3$ .

Еквівалентний діаметр насадок:

$$d_e = 4 V_f / f_n \quad (4.33)$$

Оптимальну щільність зрошення насадок оцінюємо за формулою:

$$U'_{opt} = 1,8 \cdot 10^{-5} f_n \quad (4.34)$$

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Допоміжна величина для формули:

$$a' = -0,125 - 1,75 \left( \frac{R}{R+1} \right)^{0,25} \left( \frac{\rho'_{Gm}}{\rho'_{Lm}} \right)^{0,125} \quad (4.35)$$

$$b' = \frac{\rho'_{Gm} f_H (\mu'_L)^{0,16}}{\rho'_{Lm} g V_f^3} \quad (4.36)$$

Швидкість пари у верхній частині колони за умови захлинання, обчислена за формулою:

$$\omega'_0 = 10^{0,5(a' - \lg b')} \quad (4.37)$$

Робоча швидкість пари у верхній частині колони ( $k=0,95$ ), обчислена за формулою:

$$\omega'_G = 0,87 \omega'_0 \quad (4.38)$$

Розрахунковий діаметр верхньої частини колони, м:

$$D' = \sqrt{\frac{4V'}{\pi \omega'_G}} \quad (4.39)$$

За ГОСТ 9617 приймаємо стандартний діаметр верхньої частини колони  $D'_c = 0,4$  м.

Перевіряємо співвідношення щільності зрошення:

$$\frac{U'}{U'_{opt}} \quad (4.40)$$

Що більше ніж 1,1, тобто вибрані насадки зрошуються повністю.

Визначаємо діаметр нижньої частини колони. Допоміжні величини для формули:

$$a'' = -0,125 - 1,75 \left( \frac{R+f}{R+1} \right)^{0,25} \left( \frac{\rho''_{Gm}}{\rho''_{Lm}} \right)^{0,125} \quad (4.41)$$

$$b'' = \frac{\rho''_{Gm} f_H (\mu''_L)^{0,16}}{\rho''_{Lm} g V_f^3} \quad (4.42)$$

Швидкість пари у нижній частині колони за умови захлинання, обчислена за формулою:

$$\omega''_0 = 10^{0,5(a'' - \lg b'')} \quad (4.43)$$

Робоча швидкість пари у нижній частині колони ( $k=0,95$ ), обчислена за

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

формулою:

$$\omega_G'' = 0,78\omega_0'' \quad (4.44)$$

Розрахунковий діаметр нижньої частини колони:

$$D'' = \sqrt{\frac{4V''}{\pi\omega_G''}}, \text{ м} \quad (4.45)$$

За ГОСТ 9617 приймаємо стандартний діаметр нижньої частини колони  $D_c'' = 0,5 \text{ м}$ .

Дійсна щільність зрошення, обчислена за формулою:

$$U'' = \frac{4L''}{\pi D_c''^2 \rho_{Lm}''} \quad (4.46)$$

Перевіряємо співвідношення щільності зрошення:

$$\frac{U''}{U''_{opt}} \quad (4.47)$$

Що більше ніж 1,1. Це свідчить про те, що вибрані насадки зрошуються повністю.

Уточнена фіктивна швидкість пари, віднесена до повного перерізу незаповненої колони,

У верхній частині колони:

$$\omega_c' = \frac{4V'}{\pi D_c'^2} \quad (4.48)$$

У нижній частині колони:

$$\omega_c'' = \frac{4V''}{\pi D_c''^2} \quad (4.49)$$

### Розрахунок кількості ступенів зміни концентрації

Розраховуємо теоретичну кількість ступенів зміни концентрації у верхній частині колони. З цією метою обчислюємо допоміжні величини для формули:

$$a' = 0,5 \left[ 1 + \frac{\alpha}{(\alpha - 1) \cdot R} - \frac{y_p}{R} \right] \quad (4.50)$$

$$b' = \frac{y_p}{(\alpha - 1)R} \quad (4.51)$$

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$c' = a' + \sqrt{(a')^2 - b'} \quad (4.52)$$

$$d' = a' - \sqrt{(a')^2 - b'} \quad (4.53)$$

$$\alpha' = 1 + \frac{(\alpha - 1)(c' - d')}{1 + (\alpha - 1)d'} \quad (4.54)$$

Тоді теоретична кількість ступенів зміни концентрації для верхньої частини колони:

$$N_T' = \frac{\lg \left( \frac{y_p - d'}{c' - y_p} \cdot \frac{c' - x_F}{x_F - d'} \right)}{\lg \alpha'} \quad (4.55)$$

Розраховуємо допоміжні величини для формули:

$$\varepsilon = \frac{x_F - x_W}{y_p - x_W}; \quad (4.56)$$

$$R'' = - \left[ 1 + \frac{\varepsilon}{1 - \varepsilon} (1 + R) \right] \quad (4.57)$$

$$a'' = 0,5 \left[ 1 + \frac{\alpha}{(\alpha - 1)R''} - \frac{x_W}{R''} \right] \quad (4.58)$$

$$b'' = \frac{x_W}{(\alpha - 1)R''} \quad (4.59)$$

$$c'' = a'' + \sqrt{(a'')^2 - b''} \quad (4.60)$$

$$d'' = a'' - \sqrt{(a'')^2 - b''} \quad (4.61)$$

$$\alpha'' = 1 + \frac{(\alpha - 1)(c'' - d'')}{1 + (\alpha - 1)d''} \quad (4.62)$$

Тоді теоретична кількість ступенів зміни концентрації для нижньої частини колони, обчислена за формулою:

$$N_T'' = \frac{\lg \left( \frac{x_F - d''}{c'' - x_F} \cdot \frac{c'' - x_W}{x_W - d''} \right)}{\lg \alpha''} \quad (4.63)$$

Загальний коефіцієнт корисної дії тарілки за формулою:

для верхньої частини колони:

$$\eta' = 0,49 \cdot (\mu_L' \alpha)^{-0,245} \quad (4.64)$$

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для верхньої частини колони:

$$\eta'' = 0,49 \cdot (\mu_L'' \alpha)^{-0,245}. \quad (4.65)$$

Тоді дійсна кількість ступенів, обчислена за формулою, складе для верхньої частини колони:

$$N' = \frac{N_T'}{\eta'} \quad (4.66)$$

для нижньої частини колони:

$$N'' = \frac{N_T''}{\eta''} \quad (4.67)$$

### Визначення висоти колони

Середнє значення тангенса кута нахилу кривої рівноваги знаходимо шляхом заміни кривої рівноваги ламаною, яка має  $n=11$  прямолінійних частин з тангенсами кутів нахилу  $m_i$ . Тоді для верхньої і нижньої частин колони

$$m = \frac{1}{i} \sum_{i=0}^{10} m_i, \text{ а } m_i = \frac{a}{[1 + (\alpha - 1)x_i]^2}, \quad (4.68)$$

причому для верхньої частини  $x_i$  буде знаходитися в межах  $[x_F; x_P]$ , а для нижньої – в межах  $[x_W; x_F]$

Таким чином,  $m' = 9,18$ , а  $m'' = 9,18$ .

Допоміжна величина  $K$  для формули:

для верхньої частини колони:

$$K' = \frac{\lg \frac{R}{(R+1)m'}}{1 - \frac{m'(R+1)}{R}} \quad (4.69)$$

для нижньої частини колони:

$$K'' = \frac{\lg \frac{R+f}{(R+1)m''}}{1 - \frac{m''(R+1)}{R+f}} \quad (4.70)$$

Значення критерію Рейнольдса парової фази

для верхньої частини:

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\text{Re}'_G = \frac{4\omega'_c \rho'_{Gm}}{\mu'_{Gm} f_H} \quad (4.71)$$

для нижньої частини:

$$\text{Re}''_G = \frac{4\omega''_c \rho''_{Gm}}{\mu''_{Gm} f_H} \quad (4.72)$$

Висота насадок, знаходиться за формулою:

для верхньої частини колони:

$$h'_e = 5,31K'd_e \text{Re}'_G{}^{0,2} \left(\frac{G'}{L'}\right)^{0,342} \cdot \left(\frac{\rho'_{Lm}}{\rho'_{Gm}}\right)^{0,19} \cdot \left(\frac{\mu'_{Gm}}{\mu'_{Lm}}\right)^{0,038}, \text{ м} \quad (5.73)$$

для нижньої частини колони:

$$h''_e = 5,31K''d_e \text{Re}''_G{}^{0,2} \left(\frac{G''}{L''}\right)^{0,342} \cdot \left(\frac{\rho''_{Lm}}{\rho''_{Gm}}\right)^{0,19} \cdot \left(\frac{\mu''_{Gm}}{\mu''_{Lm}}\right)^{0,038}, \text{ м} \quad (5.74)$$

Розрахункова висота шару насадок:

у верхній частині колони, м:

$$H'_p = N' \cdot h'_e; \quad (4.75)$$

у нижній частині колони, м:

$$H''_p = N'' \cdot h''_e. \quad (4.76)$$

Максимальна висота шару насадок між перерозподільними тарілками в одній секції

верхньої частини колони, м:

$$H' = 3D'_c; \quad (4.77)$$

нижньої частини колони, м:

$$H'' = 3D''_c. \quad (4.78)$$

Кількість секцій

верхньої частини колони:

$$n' = \left[ \frac{H'_p}{H'} + 0,55 \right] \quad (4.79)$$

нижньої секції колони:

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n'' = \left[ \frac{H_p''}{H''} + 0,55 \right] \quad (4.80)$$

Загальна висота шару насадок, м:

$$H_H = n'H' + n''H'' \quad (4.81)$$

Висота вільного простору над насадками у верхній частині колони відповідно до формули, коли  $D'_c = 0,4$  м,  $z_B = 0,3$  м. Висота вільного простору під насадками нижньої частини колони, коли  $D''_c = 0,5$  м,  $z_H = 0,3$  м. Висоти перерозподільних тарілок верхньої і нижньої частин колони  $h'_T$  і  $h''_T$  приймаємо рівним 1 м, а висоту тарілки живлення  $h_{TF} = 0,5$  м.

Тоді загальна висота колони, м:

$$H_K = H_H + h'_T(n' - 1) + h''_T(n'' - 1) + h_{TF} + z_B + z_H. \quad (4.82)$$

Алгоритмічна схема, таблиця ідентифікаторів та програма розрахунку знаходяться у додатку В.

Висновок: за розрахунками було визначено висоту колони, необхідну для забезпечення нормального процесу ректифікації. За розрахунками було визначено: загальна висота колони  $H_K = 8$  м, загальна висота шару насадок  $H_H = 6$  м, кількість секцій у верхній частині колони  $n' = 3$ , кількість секцій у нижній частині колони  $n'' = 2$ , діаметр верхньої частини колони  $D'_c = 0,4$  м, діаметр нижньої частини колони  $D''_c = 0,4$  м, висота насадок верхньої частини колони  $h'_e = 1,2$  м, висота насадок нижньої частини колони  $h''_e = 1,2$  м.

### 4.3 Розрахунок технологічних штуцерів апарату

Метою розрахунку є визначення діаметрів штуцерів ректифікаційної колони, для введення та виведення рідкої та газоподібної фази.

Розрахункова схема штуцера зображена на рисунку 4.2.

Вихідні дані до розрахунку:

Видаток пари  $G_n$ , кг/с

у верхній частині колони

0,266;

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

у нижній частині колони	0,498.
Рекомендована швидкість гріючої пари $W_n$ , м/с	20;
Густина пари $\rho_n$ , кг/м <sup>3</sup>	0,732;
Видаток рідини $G_p$ , кг/с	
у верхній частині колони	0,7;
у нижній частині колони	0,538;
Рекомендована швидкість рідкої фази $W_p$ , м/с	2;
Середня густина рідини $\rho_p$ , кг/м <sup>3</sup>	1111.



Рисунок 4.2 – Розрахункова схема штуцера

Розрахунок здійснюється за методикою [4].

Визначення діаметра штуцера, м.

$$d = \sqrt{\frac{4G}{\pi\rho w}}, \quad (4.83)$$

Алгоритмічна схема, таблиця ідентифікаторів та програма розрахунку знаходяться у додатку Г.

Визначення діаметра штуцера для входу вихідної суміші. Отримали розрахунковий діаметр:

$$d_1 = 0,02 \text{ м.}$$

Приймаємо розрахунковий діаметр штуцера за [5]:  $d_1 = 20$  мм.

Визначення діаметра штуцера для виходу парів дистилляту. Отримали розрахунковий діаметр, м:

$$d_2 = 0,108.$$

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо розрахунковий діаметр штуцера за [5]:  $d_2 = 150$  мм.

Визначення діаметра штуцера для подачі зрошення. Отримали розрахунковий діаметр, м:

$$d_3 = 0,006 .$$

Приймаємо розрахунковий діаметр штуцера за [5]:  $d_3 = 10$  мм.

Визначення діаметра штуцера для виходу кубової рідини. Отримали розрахунковий діаметр, м:

$$d_4 = 0,036 .$$

Приймаємо розрахунковий діаметр штуцера за [5]:  $d_4 = 50$  мм.

Визначення діаметра штуцера для повернення парів кубової рідини. Отримали розрахунковий діаметр, м:

$$d_5 = 0,208.$$

Приймаємо розрахунковий діаметр штуцера за [5]:  $d_5 = 250$  мм.

Висновок: за розрахунками було підібрано діаметри штуцерів, які забезпечать необхідні швидкості руху теплоносіїв.

#### 4.4 Розрахунок гідравлічного опору ректифікаційної колони

Метою розрахунку є визначення загального гідравлічного опору ректифікаційної колони.

Вихідні дані:

Швидкість пари:

- у верхній частині колони, м/с	3,95;
- у нижній частині колони, м/с	2,18;
Вільний об'єм насадки	0,75.

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

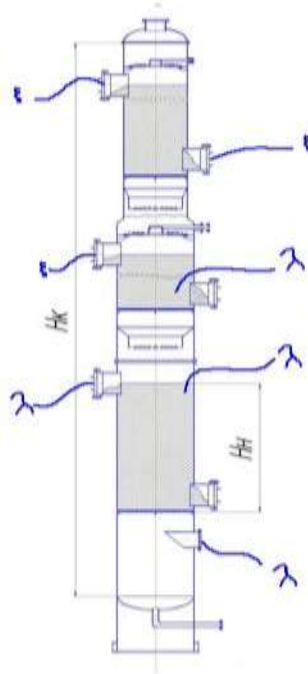


Рисунок 4.3 – Схема для розрахунку гідравлічного опору ректифікаційної  
КОЛОНИ

у нижній частині колони:

$$\omega_p'' = \frac{\omega_c''}{V_f} \quad (4.84)$$

Для насадок з кілець, укладених рядами, коефіцієнт опору складатиме:

для верхньої частини колони:

$$\lambda' = \frac{9,21}{(\text{Re}'_G)^{0,375}} \quad (4.85)$$

для верхньої частини колони:

$$\lambda'' = \frac{9,21}{(\text{Re}'_G)^{0,375}} \quad (4.86)$$

Тоді гідравлічний опір сухих насадок, обчислений за формулою,  
для верхньої частини колони, Па:

$$\Delta p'_c = \frac{\lambda' H'_c}{d_e} \cdot \frac{\rho'_{Gm} \omega_p'^2}{2}; \quad (4.87)$$

для нижньої частини колони, Па:

$$\Delta p''_c = \frac{\lambda'' H''_c}{d_e} \cdot \frac{\rho''_{Gm} \omega_p''^2}{2}. \quad (4.88)$$

Гідравлічний опір зрошених насадок, обчислений за формулою,

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

для верхньої частини колони, Па:

$$\Delta p'_{zp} = \Delta p'_c (1 + 0,04U') . \quad (4.89)$$

для нижньої частини колони, Па:

$$\Delta p''_{zp} = \Delta p''_c (1 + 0,04U'') . \quad (4.90)$$

Загальний гідравлічний опір зрошених насадок в колоні, Па:

$$\Delta p''_{zp} = \Delta p'_{zp} + \Delta p''_{zp} . \quad (4.91)$$

Висновок: за розрахунками було визначено гідравлічний опір сухих і зрошених насадок для обох частин колони, а також визначено загальний гідравлічний опір.

Результати розрахунку: Загальний гідравлічний опір зрошених насадок в колоні складає  $\Delta p''_{zp} = 3017 \text{ Па}$ .

#### 4.5 Розрахунок еліптичного днища

Метою розрахунку є визначення товщини днища та перевірити, чи виконується умова міцності.

Розрахункова схема днища наведена на рисунку 4.4.

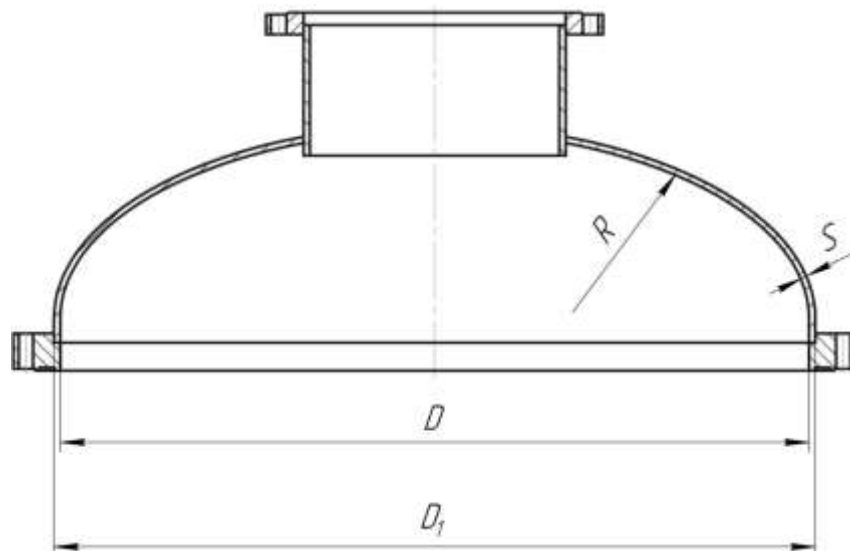


Рисунок 4.4 – Розрахункова схема еліптичного днища

Вихідні дані:

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розрахунковий тиск $p$ , МПа	0,15;
діаметр апарата $D$ , м	0,4;
допустиме напруження матеріалу $[\sigma]$ , МПа	140.

Розрахунок ведемо по методиці, приведеній в [5].

Розрахунок на допустимий внутрішній надлишковий тиск, м:

$$s_R = \frac{p_R \cdot R}{2 \cdot [\sigma] \cdot f - 0,5 \cdot p} \quad (4.92)$$

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

Із врахуванням поправок маємо, м:

$$s = s_R + c_1 + c_2 + c_3. \quad (4.93)$$

Товщину днища приймаємо  $s = 6$  мм. Обчислюємо висоту еліптичної частини днища та радіус, м:

$$H = 0,25 \cdot D; \quad (4.94)$$

$$R = \frac{D^2}{4 \cdot H}. \quad (4.95)$$

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

Виконуємо перевірку на допустимий тиск, МПа:

$$[p] = \frac{2 \cdot (s - c) \cdot [\sigma] \cdot f}{R + 0,5 \cdot (s - c)}. \quad (4.96)$$

де  $s$  – виконавча товщина еліптичного днища;  $R$  - радіус кривизни в вершині днища.

$$p \leq p, \quad (4.97)$$

$$0,15 \text{ МПа} \leq 2,819 \text{ МПа.}$$

Умова міцності виконується.

Приймаємо товщину стінки  $s = 6$  мм.

Алгоритмічна схема, таблиця ідентифікаторів та програма розрахунку знаходяться у додатку Д.

Висновок: під час розрахунку знайшли товщину стінки, що дорівнює 16 мм;

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перевірили виконання умови міцності.

#### 4.6 Розрахунок товщини стінки циліндричної обичайки під дією внутрішнього надлишкового тиску

Метою розрахунку є визначення товщини стінки циліндричної обичайки. Розрахункова схема обичайки наведена на рисунку 4.5.

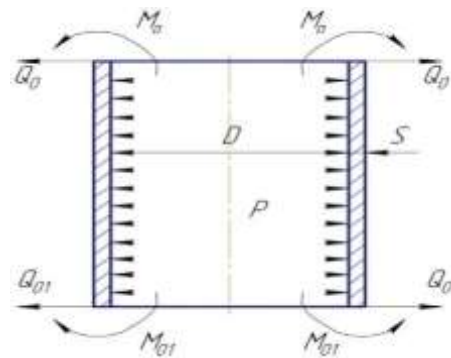


Рисунок 4.5 - Розрахункова схема циліндричної обичайки

Вихідні дані:

Діаметр апарата, м, D	0,4;
Матеріал	08X1810T;
Температура робочого середовища t, К	118;
Допустиме напруження, МПа, [σ]	140;
Розрахунковий тиск, МПа, p <sub>R</sub>	1.1;
Коефіцієнт міцності зварного шва, φ	0,9;
Проникненість, м/рік, П	0,00005;
Термін служби апарату, років, T	10.

Розрахунок ведеться за авторами [5].

Алгоритмічна схема, таблиця ідентифікаторів та програма розрахунку знаходяться у додатку Ж.

Визначаємо розрахункову товщину стінки циліндричної обичайки за безмоментною теорією, м:

$$S_R = \frac{p_R D}{2[\sigma]\varphi - p_R}. \quad (4.98)$$

Додаток до розрахункової товщини стінки, м:

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C = PT + C_2 + C_3. \quad (4.99)$$

де  $C_2$  - додаток до розрахункової товщини, який враховує від'ємний допуск,

$$C_2 = 0,0006 \text{ м};$$

$C_3$  - технологічний додаток до розрахункової товщини, що враховує можливе зтоншення листа металу,  $C_3 = 0 \text{ м}$ .

Виконавча товщина стінки циліндричної обичайки, м:

$$S \geq S_R + C. \quad (4.100)$$

З конструктивних міркувань приймаємо  $S = 0,01 \text{ м}$ .

Допустимий внутрішній надлишковий тиск, МПа:

$$[p] = \frac{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi \cdot (S - C)}{D + S - C}. \quad (4.101)$$

Перевіряємо умову міцності:

$$p_R \leq [p], \quad (4.102)$$

Приймаємо товщину стінки  $s = 6 \text{ мм}$ .

Висновок:

Для колонних апаратів визначена товщина стінки циліндричної обичайки приймається  $S = 0,006 \text{ м}$  забезпечує міцність апарата в умовах робочих навантажень.

#### 4.7 Розрахунок фланцевого з'єднання

Метою проведення розрахунок фланцевого з'єднання є визначення навантажень на кріпильні деталі, обчислення напружень у кріпильних деталях і порівняння їх з допустимими, знаходження напруження в найбільш небезпечних перерізах фланців та порівняння їх з допустимими та перевірка фланців на жорсткість за умовою герметичності. На рисунку 4.6 представлена схем фланцевого з'єднання.

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

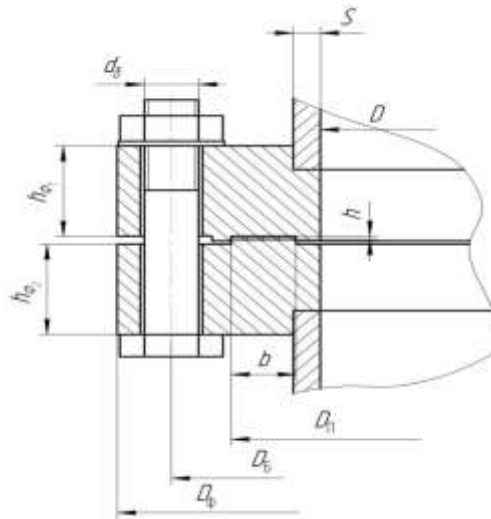


Рисунок 4.6 – Схема фланцевого з'єднання.

Вихідні дані до розрахунку:

внутрішній діаметр $D$ , м	0,4;
зовнішній діаметр $D_{\text{ф}}$ , м	0,520;
діаметр болтового кола $D_{\text{б}}$ , м	0,480;
товщина фланця $h_{\text{ф}}$ , м	0,022;
зовнішній діаметр прокладки $D_{\text{п}}$ , м	0,444;
ширина прокладки $b$ , м	0,025;
товщина прокладки $h$ , м	0,002;
матеріал прокладки	пароніт ГОСТ 481-80;
коефіцієнт $m$	2,5;
мінімальне питоме навантаження $q$ , МПа	20;
матеріал фланців	08X18H10; ГОСТ5582-75;
межа текучості $\sigma_{\text{тф}}^{20}$ , МПа	253;
межа текучості $\sigma_{\text{тф}}^t$ , МПа	196;
допустиме напруження $[\sigma]_{\text{тф}}^{20}$ , МПа	140;
допустиме напруження $[\sigma]_{\text{тф}}^t$ , МПа	130;
модуль пружності $E$ , МПа	$1,96 \cdot 10^5$ ;
коефіцієнт відносного лінійного розширення $\alpha_{\text{ф}}^t$ , $\text{K}^{-1}$	$12,6 \cdot 10^{-6}$ ;

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

внутрішній тиск $p$ , МПа	0,1;
кількість болтів $z^B$ , шт	16;
діаметр різьби болтів	M20;
внутрішній діаметр $d_0$ , м	0,0173;
матеріал болтів	сталь 3;
	ГОСТ 380-94;
допустиме напруження $[\sigma]_B^{20}$ , МПа	230;
допустиме напруження $[\sigma]_B^t$ , МПа	223;
модуль пружності $E$ , МПа	$1,93 \cdot 10^5$ ;
коефіцієнт відносного лінійного розширення $\alpha_{\phi}^t$ , $K^{-1}$	$12,6 \cdot 10^{-6}$ .

Розрахунок ведемо по методиці, приведеній в [5].

Середній діаметр прокладки, м:

$$D_{СП} = D_{П} - b . \quad (4.103)$$

Ефективна ширина прокладки, м:

$$\text{при } b \geq 0,015, b_E = 0,5 \cdot b. \quad (4.104)$$

Конструктивний коефіцієнт для фланця

$$K_{\phi} = \frac{D_{\phi}}{D}. \quad (4.105)$$

Конструктивні коефіцієнти для фланців:

$$\lambda_{\phi 1} = \lambda_{\phi 2} = \frac{h_{\phi 1}}{\sqrt{D \cdot s}}. \quad (4.106)$$

Поправочний коефіцієнт для фланців:

$$\psi_{1\phi} = 1,28 \cdot \lg K_{\phi} \quad (4.107)$$

Поправочний коефіцієнт для фланців:

$$\psi_{2\phi} = \frac{(K_{\phi} + 1)}{(K_{\phi} - 1)} \quad (4.108)$$

Геометричні параметри фланців:

$$j_{\phi 1} = j_{\phi 2} = \frac{h_{\phi 1}}{s} \quad (4.109)$$

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Безрозмірний параметр фланців:

$$T_{\Phi} = \frac{K_{\Phi}^2 (1 + 8,55 \lg K_{\Phi}) - 1}{(1,05 + 1,945 K_{\Phi}^2) \cdot (K_{\Phi} - 1)}. \quad (4.110)$$

Безрозмірні параметри фланців

$$\omega_{\Phi 1} = \omega_{\Phi 2} = \left[ 1 + 0,9 \cdot \lambda_{\Phi 1} \left( 1 + \psi_{1\Phi} \cdot j_{\Phi 1}^2 \right) \right]^{-1} \quad (4.111)$$

Кутова піддатливість фланців:

$$y_{\Phi 1} = y_{\Phi 2} = \frac{\left[ 1 - \omega_{\Phi 1} \cdot \left( 1 + 0,9 \cdot \lambda_{\Phi 1} \right) \right] \cdot \psi_{\Phi 2}}{h_{\Phi 1}^3 \cdot E_{\Phi 1}} \quad (4.112)$$

Розрахункова довжина болтів фланцевого з'єднання, м:

$$L_{\text{Б}} = h_{\Phi 1} + h_{\Phi 2} + h + 0,28 d_{\text{Б}}. \quad (4.113)$$

Лінійна піддатливість металевої прокладки:

$$y_{\Pi} = 0.$$

Площа поперечного перерізу болта, м<sup>2</sup>:

$$f_{\text{Б}} = 0,75 \cdot d_{\text{Б}}^2. \quad (4.114)$$

Лінійна піддатливість болтів, м/Н:

$$y_{\text{Б}} = \frac{L_{\text{Б}}}{E_{\text{Б}} \cdot f_{\text{Б}} \cdot Z_{\text{Б}}}. \quad (4.115)$$

Параметр жорсткості фланцевого з'єднання, м:

$$A_{\Phi} = \left[ y_{\Pi} + y_{\text{Б}} + 0,25 \cdot y_{\Phi 1} + y_{\Phi 2} \cdot \left( D_{\text{Б}} - D_{\text{СП}} \right)^2 \right]^{-1}. \quad (4.116)$$

Параметр жорсткості фланця, 1/Н:

$$B_{\Phi 1} = B_{\Phi 2} = y_{\Phi 1} \cdot \left( D_{\text{Б}} - D - S \right). \quad (4.117)$$

Безрозмірний коефіцієнт фланцевого з'єднання

$$\gamma = A_{\Phi} \cdot y_{\text{Б}}. \quad (4.118)$$

Коефіцієнт жорсткості фланцевого з'єднання:

$$\alpha_{\%} = A_{\Phi} \cdot \left[ y_{\text{Б}} + 0,25 \cdot \left( B_{\Phi 1} + B_{\Phi 2} \right) \cdot \left( D_{\text{Б}} - D_{\text{СП}} \right) \right] \quad (4.119)$$

Для розрахунку болтів фланцевого з'єднання визначимо болтове навантаження. Рівнодіюча внутрішнього тиску, Н:

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$Q_g = 0,785 \cdot D_{\text{СП}}^2 \cdot p. \quad (4.120)$$

Реакція прокладок в робочих умовах, Н:

$$R_{\text{П}} = 2 \cdot \pi \cdot D_{\text{СП}} \cdot e_E \cdot m \cdot p. \quad (4.121)$$

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

$$Q_{\text{ф}} = \gamma \cdot Z_B \cdot f_B \cdot E_B \cdot (\alpha_{\text{ф}}^t \cdot t_{\text{ф}} - \alpha_B^t \cdot t_B), \quad (4.122)$$

де  $\alpha_{\text{ф}}^t = \frac{(\alpha_{\text{ф1}}^t + \alpha_{\text{ф2}}^t)}{2}$ ,  $\text{K}^{-1}$ .

Монтажні болтові навантаження фланцевого з'єднання за різних умов розрахунку, Н:

$$P'_{\text{Б1}} = \pi \cdot D_{\text{СП}} \cdot b_E \cdot q; \quad (4.123)$$

$$P''_{\text{Б1}} = \alpha_{\text{ф}} \cdot (Q_g \pm p) + R_{\text{П}} + \frac{4M}{D_{\text{СП}}}; \quad (4.124)$$

$$P'''_{\text{Б1}} = 0,4 \cdot [\sigma_B]^{20} \cdot Z_B \cdot f_B. \quad (4.125)$$

Розрахункове монтажне болтове навантаження, Н:

$$P_{\text{Б1}} = \max \{ P'''_{\text{Б1}}; P''_{\text{Б1}} \}. \quad (4.126)$$

Умова міцності прокладки:

$$\frac{P_{\text{Б1}}}{\pi \cdot D_{\text{СП}} \cdot b} \leq [q], \quad (4.127)$$

Умова міцності виконується.

Болтове навантаження за робочих умов, Н:

$$P_{\text{Б2}} = P_{\text{Б1}} + 1 - \alpha_{\text{ф}} \cdot Q_g \pm P + Q_{\text{ф}}. \quad (4.128)$$

Розрахункове навантаження на болти, Па:

$$P_{\text{Бф}} = \max \{ P_{\text{Б1}}; P_{\text{Б2}} \}. \quad (4.129)$$

Напруження розтягання болтів за робочих умов, Па:

$$\sigma_B^{20} = \frac{P_{\text{Б1}}}{Z_B \cdot f_B}. \quad (4.130)$$

Напруження розтягання болтів за умов монтажу, Па:

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sigma_B^t = \frac{P_{B2}}{Z_B \cdot f_B} \quad (4.131)$$

Крутний момент, що виникає від розтягування гайок, Н·м:

$$M_{СКР} = f_1 \cdot \frac{P_{БФ}}{Z_B} \cdot d_B \quad (4.132)$$

Дотичне напруження в болтах, Па:

$$\tau_B = \frac{M_{СКР}}{0,2 \cdot d^3} \quad (4.133)$$

Еквівалентне напруження в болтах, Па:

$$\sigma_{BE}^{20} = \sqrt{(\sigma_B^{20})^2 + 3 \cdot \tau_B^2} \quad (4.134)$$

$$\sigma_{BE}^t = \sqrt{(\sigma_B^t)^2 + 3 \cdot \tau_B^2} \quad (4.135)$$

Умови міцності:

$$\sigma_{BE}^{20} \leq [\sigma_B]^{20} \quad (4.136)$$

$$\sigma_{BE}^t \leq [\sigma_B]^t \quad (4.137)$$

Умови міцності виконуються.

Для розрахунку фланців на міцність визначимо еквівалентні напруження.

Приведений згинаючий момент в діаметральному перерізі фланця за умов монтажу, Н·м:

$$M_{01\phi} = 0,5 P_{B1} \cdot D_B - D_{СП} \quad (4.138)$$

Приведений згинаючий момент в діаметральному перерізі фланця за робочих умов:

$$M_{02\phi} = 0,5 \cdot [P_{B2} \cdot (D_B - D_{СП}) + Q_g \cdot (D_{СП} - D - S)] \cdot \frac{[\sigma_\phi]^{20}}{[\sigma_\phi]^t} \quad (4.139)$$

Розрахунковий приведенний згинаючий момент у діаметральному перерізі фланця, Н·м:

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$M_{0\phi} = \max\{M_{01}; M_{02}\}. \quad (4.140)$$

Розрахунковий діаметр, м:

$$D^* = D = 0,4.$$

Максимальні напруження в перерізах  $S_0$  фланців від дії згинаючого моменту  $M_0$ , Па:

$$\sigma_{1\phi 1} = \sigma_{1\phi 2} = \frac{T_\phi \cdot M_{0\phi} \cdot \omega_{\phi 1}}{D^* \cdot (s - c)^2}. \quad (4.141)$$

Напруження в перерізі  $S_0$  фланців від дії згинаючого моменту  $M_0$ , Па:

$$\sigma_{O\phi 1} = \sigma_{O\phi 2} = \Psi_{3\phi} \cdot \sigma_{1\phi 1}. \quad (4.142)$$

Кільцеве напруження в дисках фланців від згинаючого моменту  $M_0$ , Па:

$$\sigma_{K\phi 1} = \sigma_{K\phi 2} = \frac{M_{0\phi} \cdot [1 - \omega_{\phi 1} \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda_{\phi 1})] \cdot \Psi_{2\phi}}{D \cdot h_{\phi 1}^2}. \quad (4.143)$$

Еквівалентні напруження в перерізі  $S_1$  фланців, Па:

$$\sigma_{E\phi 1}^{S1} = \sigma_{E\phi 2}^{S1} = \sqrt{\sigma_{1\phi 1}^2 + \sigma_{K\phi 1}^2 - \sigma_{1\phi 1} \cdot \sigma_{K\phi 1}}. \quad (4.144)$$

Кільцеві та меридіальні напруження у втулці фланців від дії внутрішнього тиску, Па:

$$\sigma_{X\phi 1} = \sigma_{X\phi 2} = \frac{P \cdot D}{2 \cdot (s_o - e)}; \quad (4.145)$$

$$\sigma_{Y\phi 1} = \sigma_{Y\phi 2} = \frac{P \cdot D}{4 \cdot (s_o - e)}. \quad (4.146)$$

Еквівалентні напруження в перерізі  $S_0$  втулки фланців, Па:

$$\sigma_{E\phi 1}^{S0} = \sigma_{E\phi 1}^{S0} = \sqrt{(\sigma_{O\phi 1} + \sigma_{Y\phi 1})^2 + \sigma_{X\phi 1}^2 - (\sigma_{O\phi 1} + \sigma_{Y\phi 1}) \cdot \sigma_{X\phi 1}}. \quad (4.147)$$

Умови міцності фланців

$$\sigma_{E\phi 1}^{S1} \leq [\sigma]_{T\phi 1}^t; \quad (4.148)$$

$$\sigma_{E\phi 2}^{S1} \leq [\sigma]_{T\phi 2}^t; \quad (4.149)$$

$$\sigma_{E\phi 1}^{S0} \leq [\sigma_{\phi 1}^{S0}]^t \cdot \phi_0; \quad (4.150)$$

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\sigma_{E\Phi 2}^{S0} \leq [\sigma_{\Phi 2}^{S0}]' \cdot \Phi_0; \quad (4.151)$$

Умови міцності виконуються.

Умови герметичності:

$$[\theta] = 0,009 \text{ рад}$$

$$\frac{\sigma_{\text{кф1.кф2}} \cdot D}{h_{\Phi} \cdot E_{\Phi}} \leq [\theta], \quad (4.152)$$

$$0,00021 \leq 0,009.$$

Умови герметичності виконуються.

Алгоритмічна схема, таблиця ідентифікаторів та програма розрахунку знаходяться у додатку Ж .

Висновок: визначені навантаження на кріпильні деталі, напруження у них, а також напруження в найбільш небезпечних перерізах фланців менші за допустимі, що свідчить про надійність роботи фланцевих з'єднань колони.

#### 4.8 Вибір опори апарата

Метою даного розрахунку є вибір опори апарата, який здійснюємо за двома параметрами: діаметром і вагою апарата

Розрахункова схема зображена на рисунку 4.7.

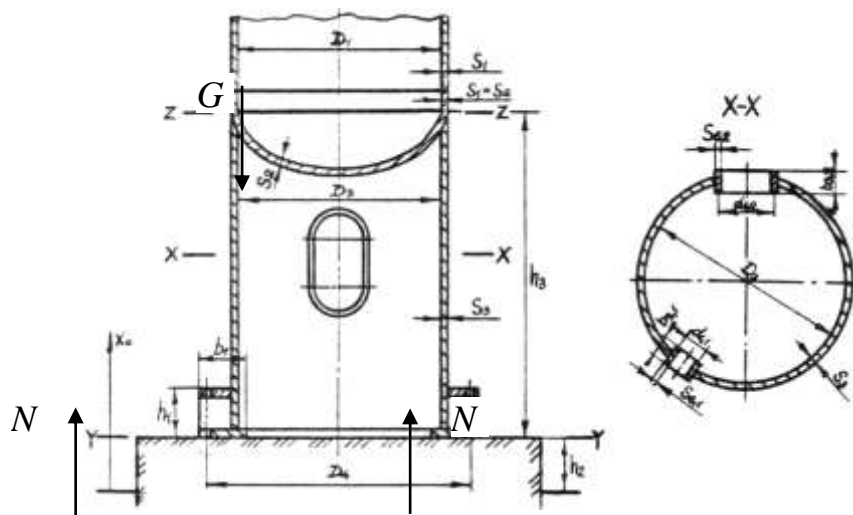


Рисунок 4.7 – Конструкція циліндричної опори для ректифікаційної колони

Вихідні дані:

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

діаметр апарата $D_1$ , м	0,4;
товщина циліндричної обичайки $S_1$ , м,	0,006;
висота колони $h_k$ , м	8;
маса фланців і арматури $M_{фл}$ , кг	150;
густина матеріалу корпусу $\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	7850;
об'єм днища $V_{дн}$ , м <sup>3</sup>	0,13;
густина води при $T = 293$ К $\rho_v$ , кг/м <sup>3</sup>	998.

Розрахунок ведемо по методиці, приведеній в [18].

Маса корпусу колони, кг:

$$M_k = h_k \cdot \pi \cdot D \cdot S_1 \cdot \rho. \quad (4.153)$$

Маса днища апарата, кг:

$$M_{дн} = V_{дн} \cdot \rho_v. \quad (4.154)$$

Маса кришки апарата, кг:

$$M_{кр} = M_{дн}. \quad (4.155)$$

Маса води в колоні, кг:

$$M_v = \left[ \pi \cdot \left( \frac{D}{2} \right)^2 \cdot H \cdot \rho_v \right] \cdot 0,6. \quad (4.156)$$

Маса апарату, кг:

$$M = M_k + M_{фл} + 2 \cdot M_{кр} + M_v. \quad (4.157)$$

Навантаження апарата на опори під час гідравлічних випробувань, МН:

$$Q_{ан}^u = M_{ан} + M_v \cdot g. \quad (4.158)$$

Перевірка міцності стінки опорної обичайки, що знаходиться в стані напруженого вигину від верхнього опорного елемента - кільця:

$$\sigma_{1x} \leq [\sigma]_n, \quad (4.159)$$

Умова міцності виконується.

Алгоритмічна схема, таблиця ідентифікаторів та програма розрахунку

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

знаходяться у додатку И.

Висновок: Виходячи з того, що  $Q_{\max} = Q_{\text{ап}}'' = 0,63 \text{ МН}$ , вибираємо циліндричну опору типу з згідно ГОСТ 26-467-78 по  $Q_{\max}$ . Як показує розрахунок, стінка обичайки витримує опорні навантаження, тому циліндрична опора типу 3-400-0,63-0,32-400 задовольняє наші вимоги.

#### 4.9 Розрахунок укріплення отворів

Мета розрахунку: визначити необхідність укріплення отворів і вид укріплення.

Розрахункова схема представлена на рисунку 4.8.

Вихідні дані:

діаметр штуцера, $d_t$ , м	0,030;
товщина стінки обичайки, $S$ , м	0,006;
розрахункова товщина стінки обичайки, $S_R$ ,	0,003;
Сума всіх додатків до розрахункових товщин стінок, м	0,00173;
Діаметр обичайки, м	0,4;

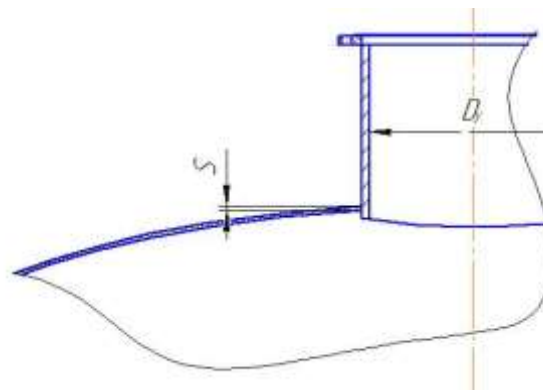


Рисунок 4.8– Розрахункова схема визначення необхідності укріплення отворів

Розрахунок проводимо згідно методики наведеної в [4].

Перевіряємо найбільший допустимий отвір в колоні, м:

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$d_0 = 2 \cdot \left[ \left( \frac{S - C}{S_R} \right) - 0,8 \right] \cdot \sqrt{D \cdot (S - C)} =$$

$$= 2 \cdot \left[ \left( \frac{0,006 - 0,00173}{0,003} \right) - 0,8 \right] \cdot \sqrt{0,4 \cdot (0,006 - 0,00173)} = 0,131.$$

$$0,131 \geq 0,030$$

Висновок: оскільки дана умова виконується, то отвір у кришці під штуцер не потрібно буде додатково укріплювати.

#### 4.10 Обґрунтування модернізації ректифікаційної колони

Вибір типу та розмірів конструкції насадки ректифікаційної колони має визначальний вплив на її розміри та гідравлічний опір. Обраний тип – спіральні елементи, розташовані упорядковано, рис. 4.9 забезпечують турбулізацію рідинної суміші і порівняно низький гідравлічний опір.

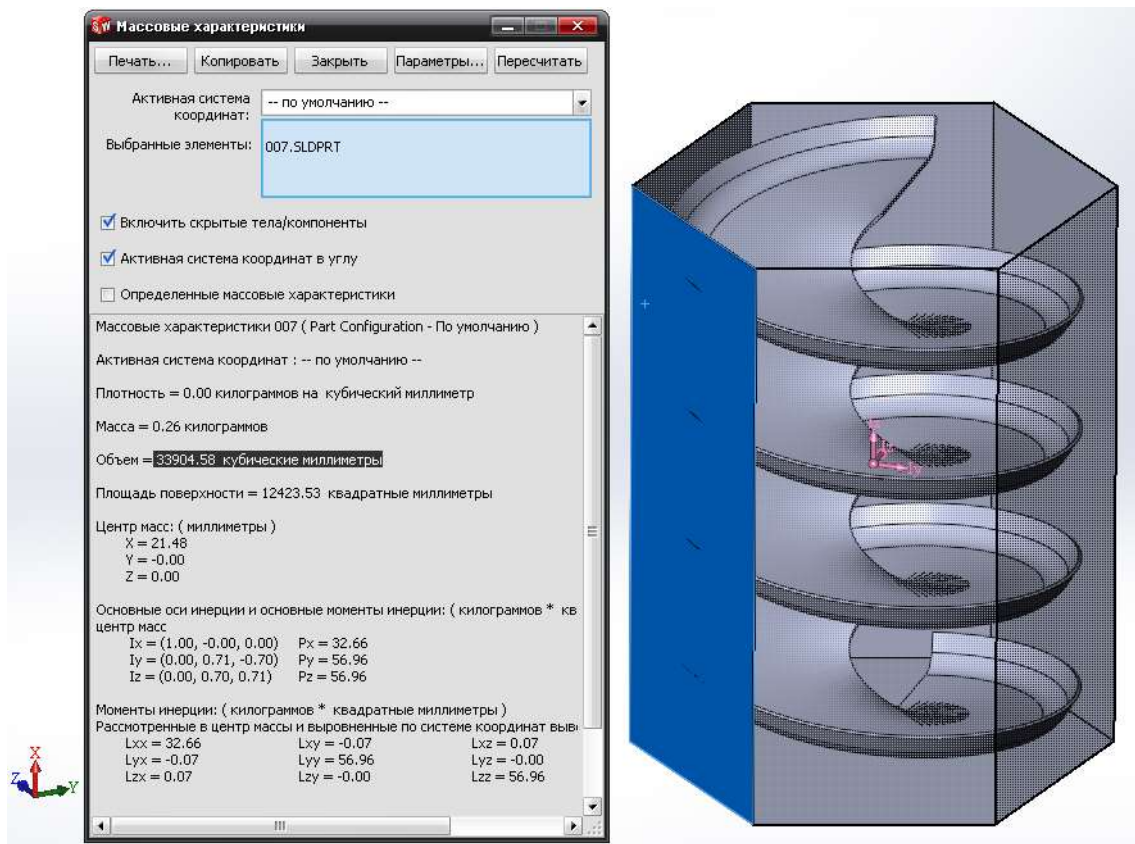


Рисунок 4.9 – Елемент насадки ректифікаційної колони, об'єм, в якому міститься елемент дорівнює  $3,39 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$

									ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Кількість елементів насадки, що розташована в  $1 \text{ м}^3$  – 10754 шт., площа, по якій стікає плівка, і приймає участь в масообміні для одного елемента, рис. 4.6 –  $6,323 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$

Питома поверхня насадок  $f_i = 10754 \cdot 6,323 \cdot 10^{-3} = 68 \text{ м}^2 / \text{м}^3$ ;

Вільний об'єм  $V_f = 0,75 \text{ м}^3 / \text{м}^3$ .

Еквівалентний діаметр насадок:  $d_e = 4 V_f / f_n$

Питомий гідравлічний опір насадки 3017 Па/м.

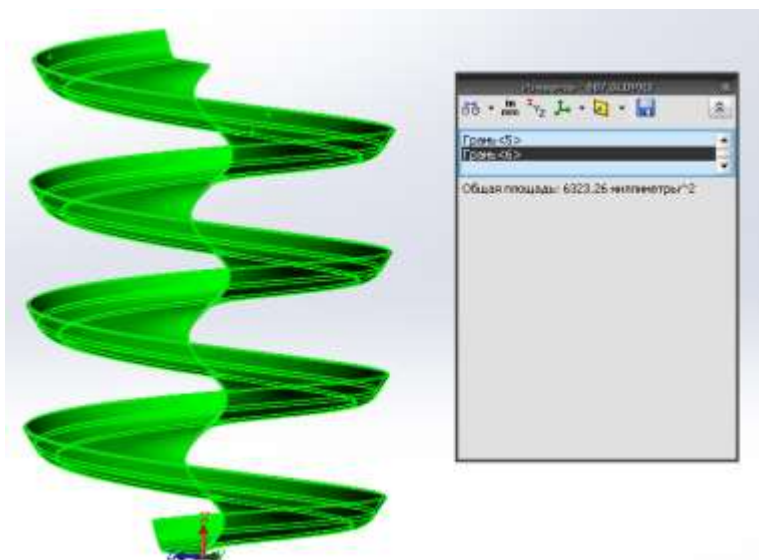


Рисунок 4.10 – Визначення вільної поверхні елемента насадки

#### 4.11 Розрахунок виносного кип'ятильника

#### 4.12 Параметричний розрахунок виносного кип'ятильника

Метою розрахунку є визначення теплового навантаження виносного кип'ятильника, розрахунок поверхні теплообміну, вибір типового виносного кип'ятильника.

Вихідні дані:

Водяна пара:

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тиск $P$ , МПа	1,5;
Температура водяної пари на вході $t_{в.п.}$ , К	480,75;
гліколь:	
Тиск $P$ , МПа	0,15;
температура етиленгліколю на вході $t_{г.п.}$ , К	470,75;
Витрати етиленгліколю $G_{в.п.}$ , кг/с	0,498
геометричні параметри труб:	
діаметр труби $d$ , м	0,025;
товщина стінки труби, м	0,002;
Схема апарата зображена на рисунку 4.11	

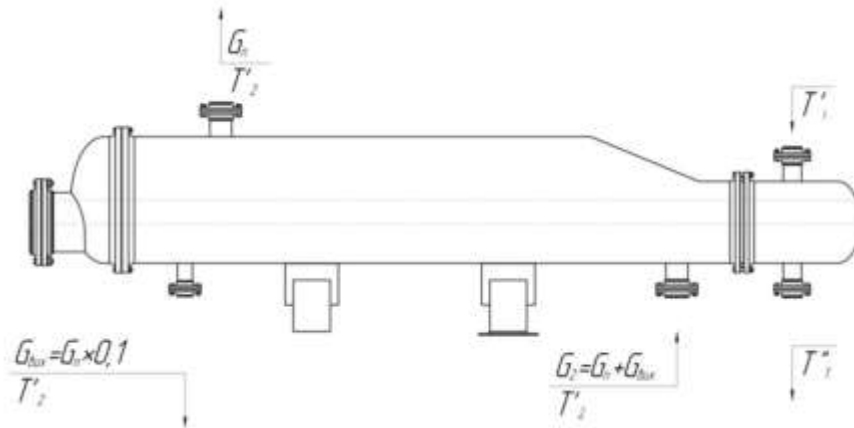


Рисунок 4.11 – Схема виносного кипятильника

Методика проведення даного розрахунку складена згідно [4].

Теплове навантаження виносного кип'ятельника:

Розглянемо процес фазового переходу етиленгліколю з рідкого до газоподібного стану. Процес відбувається при температурі від  $t = 475,75$  К до температури  $t = 480,75$  К.

Визначаємо загальну витрату водяної пари у парогенераторі, кг/с:

$$G_v = \frac{r_{gl} \cdot G_{gl}}{r_v} = \frac{800 \cdot 10^3 \cdot 0,498}{1945 \cdot 10^3} = 0,205 .$$

де  $r_v$  – теплота пароутворення води,  $r_v = 1945$  кДж/кг.

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$Q = G_{\text{гл}} \cdot r_{\text{гл}} \cdot 1,05 = 0,498 \cdot 800 \cdot 10^3 \cdot 1,05 = 4,183 \cdot 10^5,$$

де  $r_{\text{гл}}$  – теплота пароутворення,  $r_{\text{гл}} = 800$  кДж/кг.

Розрахунок необхідної площі теплообміну для нормального протікання процесу,  $\text{м}^2$ :

$$F = \frac{Q}{K_{\text{ор}} \cdot \Delta t} = \frac{418300}{500 \cdot 10} = 83,664.$$

Визначаємо загальну довжину труб у теплообміннику, м:

$$nL = \frac{F}{\pi \cdot d_{\text{зовн}}} = \frac{167,328}{3,14 \cdot 0,025} = 1,065 \cdot 10^3,$$

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

Щільність стікання конденсату по внутрішній стінці труби,  $\text{кг/м}\cdot\text{с}$ :

$$\Gamma = \frac{G_{\text{vp}}}{nL \cdot 2} = \frac{0,205}{1,065 \cdot 10^3 \cdot 2} = 9,614 \cdot 10^{-5}.$$

Критерій Рейнольдса плівки конденсату:

$$\text{Re}_{\text{pl}} = \frac{4 \cdot \Gamma}{\mu} = \frac{4 \cdot 9,614 \cdot 10^{-5}}{87,28 \cdot 10^{-6}} = 4,406.$$

Розрахунок критерія Нюсельта:

$$\text{Nu} = a \cdot \text{Re}_{\text{pl}}^{0,5} \cdot \left( \frac{\sigma}{\rho_p \cdot g \cdot d_{\text{вн}}^2} \right)^{0,3} \cdot \left( \frac{L}{d_{\text{вн}}} \right)^{0,35} = 0,5 \cdot 4,406^{0,5} \cdot \left( \frac{0,0121}{46,25 \cdot 9,8 \cdot 0,021^2} \right)^{0,3} \cdot \left( \frac{5}{0,021} \right)^{0,35} = 3,072.$$

Розрахунок приведеної товщини плівки конденсату, м.:

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

Коефіцієнт тепловіддачі  $\alpha_1$  зі сторони водяної пари,  $\text{Вт/м}^2 \cdot \text{К}$ :

$$\alpha_1 = \frac{\text{Nu} \cdot \lambda}{\sigma_{\text{priv}}} = \frac{3,072 \cdot 0,549}{7,851 \cdot 10^{-5}} = 2,148 \cdot 10^4$$

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт тепловіддачі на поверхні труб для бульбашкового кипіння:

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

$$= 0,075 \cdot \left[ 1 + 10 \cdot \left( \frac{1116}{1,33} - 1 \right)^{-\frac{2}{3}} \right] \cdot \left( \frac{0,35^2 \cdot 1116,1}{0,7 \cdot 4,98 \cdot 10^{-6} \cdot (197,6 + 273)} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot 5000^{\frac{2}{3}} = 1065,67$$

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

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda_{st}} + r_{st1} + r_{st2} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{21484,02} + \frac{0,002}{24} + \frac{1}{5800} + \frac{1}{3000} + \frac{1}{1065,67}} = 635,323$$

$$q = K \cdot \Delta t = 635,32 \cdot 10 = 6,353 \cdot 10^3,$$

де  $\Delta t$  – різниця температур теплоносіїв,  $\Delta t = 10$  К.

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

$$\varepsilon_q = \frac{|q_{or} - q|}{q} \cdot 100\% = \frac{|5000 - 6353,2|}{6353,23} \cdot 100\% = 21,3\%$$

Друга ітерація.

Розрахунок необхідної площі теплообміну для нормального протікання процесу, м<sup>2</sup>:

$$F = \frac{Q}{q} = \frac{418320}{6353,23 \cdot 10^3} = 65,84.$$

Визначаємо загальну довжину труб у теплообміннику, м:

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



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

$$\varepsilon_q = \frac{|q_1 - q|}{q} \cdot 100\% = \frac{|6353,23 - 6991,176|}{6991,176} \cdot 100\% = 9,132\%$$

Третя ітерація.

Розрахунок необхідної площі теплообміну для нормального протікання процесу, м<sup>2</sup>:

$$F = \frac{Q}{q} = \frac{418320}{6991,176} = 59,83.$$

Визначаємо загальну довжину труб у теплообміннику, м:

$$nL = \frac{F}{\pi \cdot d_{zovm}} = \frac{59,83}{3,14 \cdot 0,025} = 761,785.$$

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

$$\Gamma = \frac{G_{vp}}{nL \cdot 2} = \frac{0,204}{761,785 \cdot 2} = 1,344 \cdot 10^{-4}.$$

Критерій Рейнольдса плівки конденсату:

$$\text{Re}_{pl} = \frac{4 \cdot \Gamma}{\mu} = \frac{4 \cdot 1,344 \cdot 10^{-4}}{87,28 \cdot 10^{-6}} = 6,161$$

Розрахунок критерія Нюсельта:

$$Nu = a \cdot \text{Re}_{pl}^{0,5} \cdot \left( \frac{\sigma}{\rho_p \cdot g \cdot d_{vn}^2} \right)^{0,3} \cdot \left( \frac{L}{d_{vn}} \right)^{0,35} = 0,5 \cdot 6,161^{0,5} \cdot \left( \frac{0,0121}{46,25 \cdot 9,8 \cdot 0,021^2} \right)^{0,3} \cdot \left( \frac{5}{0,021} \right)^{0,35} = 3,633$$

Коефіцієнт тепловіддачі  $\alpha_1$  зі сторони водяної пари, Вт/м<sup>2</sup>·К:

$$\alpha_1 = \frac{Nu \cdot \lambda}{\sigma_{priv}} = \frac{3,633 \cdot 0,549}{7,851 \cdot 10^{-5}} = 2,541 \cdot 10^4$$

Коефіцієнт тепловіддачі на поверхні труб для бульбашкового кипіння:

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$= 0,075 \cdot \left[ 1 + 10 \cdot \left( \frac{1116,1}{1,33} - 1 \right)^{\frac{2}{3}} \right] \cdot \left( \frac{0,35^2 \cdot 1116,1}{0,7 \cdot 4,98 \cdot 10^{-6} \cdot (197,6 + 273)} \right)^{\frac{1}{3}} \cdot 6991,76^{\frac{2}{3}} = 1332,6$$

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

$$K = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda_{st}} + r_{st1} + r_{st2} + \frac{1}{\alpha_2}} = \frac{1}{\frac{1}{25405,26} + \frac{0,002}{24} + \frac{1}{5800} + \frac{1}{3000} + \frac{1}{1332,6}} = 725,241$$

$$q = K \cdot \Delta t = 725,241 \cdot 10 = 7,252 \cdot 10^3.$$

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

$$\varepsilon_q = \frac{|q_1 - q|}{q} \cdot 100\% = \frac{|6991,76 - 7252,41|}{7252,41} \cdot 100\% = 3,594\%$$

Висновок: приймаємо двоходовий виносний кип'ятильник з паровим простором, діаметр корпусу 1000 мм, відносний тиск у корпусі  $P_y = 0,15$  МПа та трубках  $P_y = 1,6$  МПа. Кількість труб  $n=78$  діаметр трубок 25x2 довжина теплообмінної поверхні труб  $L = 5$  м. Виносний кип'ятильник має поверхню теплообміну  $F = 68$  м<sup>2</sup>.

#### 4.13 Розрахунок товщини стінки корпусу виносного кип'ятильника

Метою розрахунку є визначення товщини стінки циліндричної обичайки.

Вихідні дані:

діаметр апарата D, м

1,0;

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

матеріал	12X18H10;
розрахункова температура стінки	197,6;
допустиме напруження $[\sigma]$ , МПа	156;
розрахунковий тиск $p_R$ , МПа	0,15;
коефіцієнт міцності зварного шва $\varphi$	0,9.

Розрахункова схема обичайки наведена на рисунку 4.12.

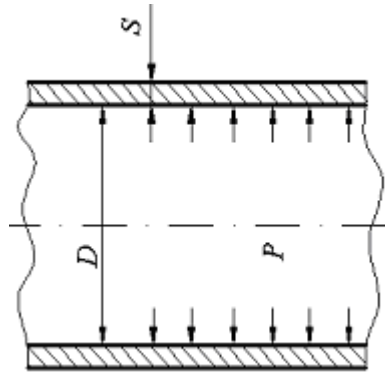


Рисунок 4.12 – Розрахункова схема циліндричної обичайки

Розрахунок ведеться згідно методики [18].

Визначаємо розрахункову товщину стінки циліндричної обичайки за безмоментною теорією, м:

$$S_R = \frac{p_R D}{2[\sigma]\varphi - p_R} = \frac{0,15 \cdot 1,0}{2 \cdot 156 \cdot 0,9 - 2,5} = 0,000534.$$

Додаток до розрахункової товщини стінки:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 = 0,0005 + 0,0012 + 0 = 0,0017,$$

де  $C_1$  – прибавка на компенсацію корозії, яка визначається як, м:

$$C_1 = \Pi \tau = 0,05 \cdot 10^{-3} \cdot 10 = 0,0005 \text{ м},$$

де  $\Pi$  – швидкість корозії,  $\Pi = 0,05 \cdot 10^{-3}$  м/рік;

$\tau$  – строк служби апарату,  $\tau = 10$  років;

$C_2 = 0,0012$  м [7];

$C_3$  – технологічний додаток до розрахункової товщини, що враховує можливе стоншення листа металу,  $C_3 = 0$ .

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Виконавча товщина стінки циліндричної обичайки, м:

$$S \geq S_R + C = 0,0058 + 0,0017 = 0,0075.$$

З конструктивних міркувань приймаємо  $S = 0,008$  м.

Допустимий внутрішній надлишковий тиск, МПа:

$$[p] = \frac{2[\sigma]\varphi(S - C)}{D + S - C} = \frac{2 \cdot 156 \cdot 0,9(0,008 - 0,0017)}{1,0 + 0,008 - 0,0017} = 1,75.$$

Перевіряємо умову міцності:

$$p_R \leq [p],$$

$$0,15 < 1,75 \text{ МПа.}$$

Умова міцності виконується.

Висновок: визначена товщина стінки циліндричної обичайки  $S = 0,008$  м забезпечує міцність апарата в умовах робочих навантажень.

#### 4.14 Розрахунок еліптичного днища парогенератора

Метою розрахунку є визначення товщини стінки стандартного еліптичного днища та перевірка умови міцності.

Вихідні дані:

внутрішній діаметр апарата $D_b$ , м	0,6;
матеріал	12X18H10T;
допустиме напруження $[\sigma]$ , МПа	156;
розрахунковий тиск $p_R$ , МПа	1,5.

Розрахункова схема наведена на рисунку 4.13.

Розрахунок ведеться згідно методики [18].

Обчислимо розрахункову товщину стінки стандартного еліптичного днища [2]:

$$S_R = \frac{p_R R_b}{2[\sigma]\varphi - 0,5p_R} = \frac{1,5 \cdot 0,6}{2 \cdot 156 \cdot 0,9 - 0,5 \cdot 1,5} = 0,00032 \text{ м,}$$

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

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$R_B$  – внутрішній діаметр кривизни у вершині днища. Для стандартних днищ

$$R_B = D_B.$$

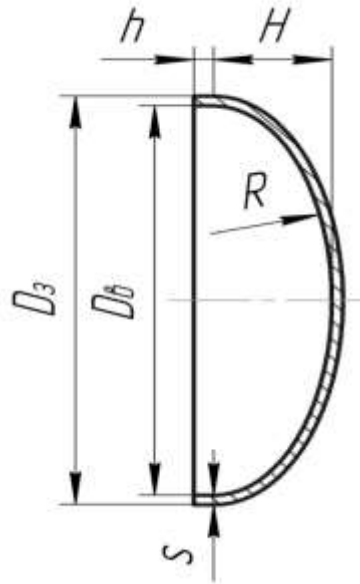


Рисунок 4.13 – Розрахункова схема еліптичного днища

Виконавчу товщину еліптичного днища з урахуванням прибавок визначаємо за формулою, м:

$$S = S_R + C_1 + C_2 + C_3 = 0,00032 + 0,0005 + 0,0012 + 0 = 0,00032,$$

де  $C_1$  – прибавка на компенсацію корозії, яка визначається як, м:

$$C_1 = \Pi \tau = 0,05 \cdot 10^{-3} \cdot 10 = 0,0005,$$

де  $\Pi$  – швидкість корозії,  $\Pi = 0,05$  м/рік;

$\tau$  – строк служби апарату,  $\tau = 10$  років;

$C_2$  – прибавка на компенсацію від'ємного допуску до товщини листа, що залежить від товщини листа,  $C_2 = 0,0012$  м;

$C_3$  – технологічна прибавка, пов'язана зі зміною листа при формуванні деталі,  $C_3 = 0$ .

Згідно конструктивних міркувань, товщину еліптичного днища необхідно приймати не менше товщини корпусу, тому приймаємо  $S = 0,008$  м.

Розраховуємо геометричні параметри еліптичної частини днища. Висота становить, м:

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$H = 0,25D_B = 0,25 \cdot 0,6 = 0,15,$$

де  $D$  – діаметр апарата,  $D = 0,6$  м.

Радіус еліптичної частини днища визначаємо за формулою, м:

$$R = \frac{D_e^2}{4H} = \frac{0,6^2}{4 \cdot 0,15} = 0,6.$$

Допустимий внутрішній надлишковий тиск, МПа:

$$[p] = \frac{2[\sigma]\varphi(S - C)}{R + 0,5(S - C)} = \frac{2 \cdot 156 \cdot 0,9(0,008 - 0,0017)}{0,6 + 0,5(0,008 - 0,0017)} = 2,93.$$

Умова міцності:

$$p_R \leq [p],$$

$$0,15 < 2,93 \text{ МПа.}$$

Умова міцності виконується.

Висновок: визначена товщина стінки еліптичного днища  $S=0,006$  м забезпечує міцність апарата в умовах робочих навантажень.

#### 4.15 Розрахунок еліптичної кришки парогенератора

Метою розрахунку є визначення товщини стінки стандартного еліптичного днища та перевірка умови міцності.

Вихідні дані:

внутрішній діаметр апарата $D_B$ , м	1;
матеріал	12X18H10;
допустиме напруження $[\sigma]$ , МПа	156;
розрахунковий тиск $p_R$ , МПа	0,15.

Розрахункова схема наведена на рисунку 4.14.

Розрахунок ведеться згідно методики [18].

Обчислимо розрахункову товщину стінки стандартного еліптичного днища, м:

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S_R = \frac{p_R R_B}{2[\sigma]\varphi - 0,5p_R} = \frac{0,15 \cdot 1}{2 \cdot 156 \cdot 0,9 - 0,5 \cdot 0,15} = 0,00053,$$

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

$R_B$  – внутрішній діаметр кривизни у вершині днища. Для стандартних днищ

$$R_B = D_B.$$

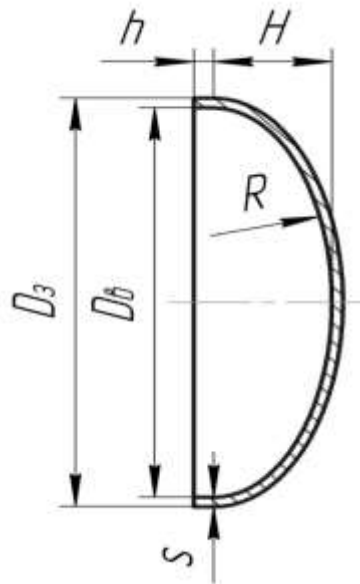


Рисунок 4.14 – Розрахункова схема еліптичної кришки

Виконавчу товщину еліптичного днища з урахуванням прибавок визначаємо за формулою, м:

$$S = S_R + C_1 + C_2 + C_3 = 0,00053 + 0,0005 + 0,0012 + 0 = 0,00223,$$

де  $C_1$  – прибавка на компенсацію корозії, яка визначається як, м:

$$C_1 = \Pi \tau = 0,05 \cdot 10^{-3} \cdot 10 = 0,0005,$$

де  $\Pi$  – швидкість корозії,  $\Pi = 0,05$  м/рік;

$\tau$  – строк служби апарату,  $\tau = 10$  років;

$C_2$  – прибавка на компенсацію від'ємного допуску до товщини листа, що залежить від товщини листа,  $C_2 = 0,0012$  м;

$C_3$  – технологічна прибавка, пов'язана зі зміною листа при формуванні деталі,

$$C_3 = 0.$$

Згідно конструктивних міркувань, товщину еліптичного днища необхідно

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

приймати не менше товщини корпусу, тому приймаємо  $S = 0,008$  м.

Розраховуємо геометричні параметри еліптичної частини днища. Висота становить, м:

$$H = 0,25D_b = 0,25 \cdot 0,6 = 0,15,$$

де  $D$  – діаметр апарата,  $D = 0,6$  м.

Радіус еліптичної частини днища визначаємо за формулою, м:

$$R = \frac{D_e^2}{4H} = \frac{0,6^2}{4 \cdot 0,15} = 0,6.$$

Допустимий внутрішній надлишковий тиск, МПа:

$$[p] = \frac{2[\sigma]\varphi(S - C)}{R + 0,5(S - C)} = \frac{2 \cdot 156 \cdot 0,9(0,008 - 0,0017)}{0,6 + 0,5(0,008 - 0,0017)} = 2,93.$$

Умова міцності:

$$p_R \leq [p],$$

$$0,15 < 2,93 \text{ МПа.}$$

Умова міцності виконується.

Висновок: визначена товщина стінки еліптичного днища  $S=0,006$  м забезпечує міцність апарата в умовах робочих навантажень.

#### 4.16 Розрахунок трубної решітки парогенератора

Метою розрахунку є визначення товщини трубних решіток для забезпечення роботи теплообмінного апарата, навантаженого внутрішнім надлишковим тиском.

Вихідні дані:

внутрішній надлишковий тиск $p$ , МПа	1,6;
матеріал трубних решіток	12X18H10T;
допустиме напруження $[\sigma]$ , МПа [11]	156;
середній діаметр прокладки $D_1$ , м	0,623;
зовнішній діаметр труб $d_3$ , м	0,025;

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

внутрішній діаметр труб $d_B$ , м	0,021;
матеріал труб	15X5M;
крок труб $t$ , м	0,055;
кількість труб на діаметрі решітки $z$	156.

Розрахункова схема зображена на рисунку 4.15.

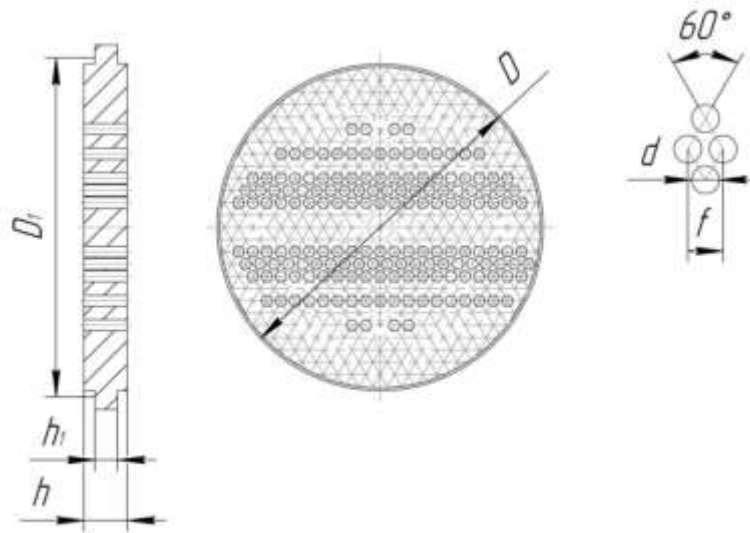


Рисунок 4.15 – Розрахункова схема трубної решітки

Розрахунок ведемо за методикою, наведеною у [3].

Номінальна розрахункова товщина решітки зовні  $h_1'$ , м:

$$h_1' = KD_1 \sqrt{\frac{p}{[\sigma_u]}} = 0,36 \cdot 0,623 \sqrt{\frac{1,6}{156}} = 0,023,$$

де  $K$  – коефіцієнт,  $K=0,36$ .

Коефіцієнт ослаблення решітки отворами  $\varphi_0$ :

$$\varphi_0 = \frac{D_1 - \sum d}{D_1} = \frac{0,623 - 0,42}{0,623} = 0,325,$$

де  $\sum d$  - сума діаметрів отворів у решітці на діаметрі  $D$ , м:

$$\sum d = zd = 21 \cdot 0,02 = 0,42.$$

Номінальна розрахункова товщина решітки посередині  $h'$ , м:

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$h' = KD_1 \sqrt{\frac{p}{\varphi_0 [\sigma_u]}} = 0,45 \cdot 0,623 \sqrt{\frac{1,6}{0,325 \cdot 156}} = 0,05,$$

де  $K$  – коефіцієнт,  $K=0,45$ .

Висновок: з урахуванням поправки на корозію  $C = 0,0018$  м, а також з конструктивних міркувань, приймаємо  $h_1 = 0,024$  м;  $h = 0,05$  м.

#### 4.17 Визначення діаметрів штуцерів

Мета розрахунку: визначення розмірів штуцерів, в залежності від швидкості руху теплоносіїв та їх масових витрат.

Вихідні дані:

Витрати гріючої пари $G_{г.п.}$ , кг/с	0,205;
вхідна кількість речовини $G_{п.}$ , кг/с	0,537;
кількість конденсату етиленгліколю $G_{ке.}$ , кг/с	0,049;
кількість пари етиленгліколю $G_{е.}$ , кг/с	0,489;
температура конденсації $t_k$ , К (°С)	467,75(187,6);
температура кипіння розчину $t$ , К (°С)	475,75 (197,6);
тиск в міжтрубному просторі $p$ , МПа	0,15.

Схема розрахунку зображена на рисунку 4.16.

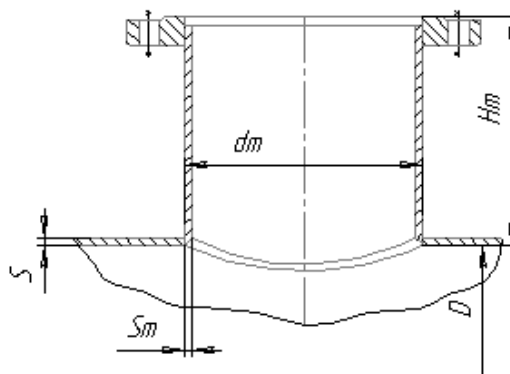


Рисунок 4.16 – Розрахунок штуцерів

Для розрахунку діаметрів штуцерів приймаємо значення для швидкостей потоку із рекомендованого діапазону для рідини та газів [17].

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приймаємо для розрахунку швидкості:

- гріючої пари  $\omega_{г.п.} = 15$  м/с;
- конденсату  $\omega_{конд.} = 0,4$  м/с;
- вхідного розчину  $\omega_{р1} = 0,5$  м/с;
- вихід пари  $\omega_{р2} = 20$  м/с;

Тоді діаметр патрубку для входу гріючої пари становить, м:

$$d_{г.п.} = \sqrt{\frac{4G_{г.п.}}{\pi\rho_{г.п.}\omega_{г.п.}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,205}{3,14 \cdot 7,84 \cdot 15}} = 0,0149.$$

де  $\rho_{г.п.}$  – густина гріючої пари при  $p=1,6$  МПа,  $\rho_{г.п.}=7,84$  кг/м<sup>3</sup>.

Приймаємо патрубок діаметром 0,05 м.

Для входу початкового розчину, м:

$$d_{р1} = \sqrt{\frac{4G_{п}}{\pi\rho_{р1}\omega_{р1}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,538}{3,14 \cdot 1055 \cdot 0,5}} = 0,114.$$

де  $\rho_{р1}$  - густина вхідного розчину при  $t = 470,75$  К 197 (°С),  
 $\rho_{р1}=1055$  кг/м<sup>3</sup>.

Приймаємо патрубок діаметром 0,150 м.

Для виходу конденсату, м:

$$d_{конд.} = \sqrt{\frac{4G_{г.п.}}{\pi\rho_{конд.}\omega_{конд.}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,049}{3,14 \cdot 897,3 \cdot 0,4}} = 0,092.$$

де  $\rho_{конд.} = 1055$  кг/м<sup>3</sup> – густина води при 470,75 К (197 °С).

Приймаємо патрубок діаметром 0,1 м.

Для виходу пари етиленгліколю, м:

$$d_{р2} = \sqrt{\frac{4G_e}{\pi\rho_{р2}\omega_{р2}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,489}{3,14 \cdot 0,732 \cdot 20}} = 0,208.$$

де  $\rho_{р2}$  - густина вихідного розчину при  $t = 470,75$  К 197 (°С),  
 $\rho_{р2}=0,732$  кг/м<sup>3</sup>.

Приймаємо патрубок діаметром 0,250 м.

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновок: в результаті проведеного розрахунку були визначені діаметри патрубків штуцерів і визначено їх основні розміри.

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях

Організація безпечної праці та виробничих процесів, на даний момент має важливе значення на підприємствах хімічної промисловості, так як на таких підприємствах широко використовуються різні отруйні, вибухонебезпечні та вогненебезпечні та вибухонебезпечні речовини. В останніх рішеннях та постановах уряду України, які стосуються питанню охорони праці, зазначається на неприпустимо високий рівень нещасних випадків на виробництві, у порівнянні з іншими розвиненими галузями промисловості [19].

Тема дипломного проекту – Розроблення ректифікаційної колони та виносного парогенератора для модернізації установки виробництва етиленгліколю.

Технічний нагляд за апаратами у ректифікаційному відділенні відбувається безнастанно і цілодобово у 3 зміни – одним фахівцем (за зміну), що пройшов інструктаж та склав відповідний кваліфікаційний іспит. Обслуговування ректифікаційної установки відбувається безпосередньо в середині приміщення цеху.  $S=70 \text{ м}^2$ ;  $V=294 \text{ м}^3$ .

Шкідливими і небезпечними виробничими факторами є:

- повітря робочої зони;
- враження електричним струмом;
- вплив високих температур;
- промислове освітлення;
- виробничий шум;
- пожежна безпека;
- надзвичайні ситуації.

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5.1 Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів

## 5.2 Повітря робочої зони

Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень, який визначається діючими на організм людини в сполученні з температурою, вологістю, швидкістю руху повітря та тепловим випромінюванням.

Таким чином, основними параметрами мікроклімату є:

- температура повітря, °С ;
- відносна вологість повітря, W % ;
- швидкість руху повітря, м/с;
- інтенсивності теплового випромінювання Вт/м<sup>2</sup>.

Параметри мікроклімату можуть змінюватись в дуже широких межах та суттєво впливає на самопочуття та здоров'я працюючих, продуктивність та якість його праці.

Робота по обслуговуванню установки та ректифікаційної колони належить до робіт середньої важкості з енерговитратами людини 170 – 295 Дж/с. У приміщенні, де встановлена установка, повинні підтримуватися наступні умови:

В теплий період року

- швидкість руху повітря не більше 0,3 м/с;
- відносна вологість не більше 60%;
- температура повітря 23 – 25 °С.

В холодний період року

- швидкість руху повітря не більше 0,2 м/с;
- відносна вологість не більше 60%;
- температура повітря 20 – 23 °С.

Під час виробничого процесу в повітря робочої зони можливе потрапляння речовин з загально-токсичним впливом. В робочій зоні основним шкідливим хімічним складником повітря є частинки етиленгліколю. Граничнодопустимі

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

концентрації (ГДК) у повітрі робочої зони для – 1000 мг/м<sup>3</sup>, токсична концентрація – 16 г/м<sup>3</sup>, при якій можлива смерть.

В цеху є відповідна контрольна, вимірювальна апаратура. Контроль за станом повітряного простору в приміщенні цеху та вмістом шкідливих речовин у ньому здійснюється газоаналізаторами та хімічними індикаторами, газосигналізаторами. Контроль параметрів погодних умов, а також вмісту шкідливих речовин у повітрі робочої зони ведеться працівниками аналітичної лабораторії.

З метою нормалізації повітря в приміщенні передбачені технологічні заходи:

- Герметизація технологічного устаткування.
- Передбачена місцева вентиляція приміщення де розташовано ректифікаційну колону.

У зоні роботи оператора передбачається кондиціонування повітря за допомогою сплит-систем. Фактична шкідлива концентрація 0,5 мг/м<sup>3</sup>. Згідно з ГОСТ 12.1.005-88/98.

В усіх виробничих приміщеннях запроектоване парове опалення.

Оператори, безпосередньо зв'язані з обслуговуванням технологічного устаткування, забезпечуються такими засобами індивідуального захисту:

- халати робочі;
- костюми робочі;
- ковпаки.

Оператори суворо дотримуються вимог безпеки, під час роботи, в аварійних ситуаціях та після закінчення роботи згідно «Типових інструкцій з охорони праці за професіями та видами робіт у хімічному виробництві», 1997 р., Київ.

### 5.3 Враження електричним струмом

Електричне устаткування на проектованій установці живиться від 3-х фазної 4-х провідної електричної мережі перемінного струму промислової частоти з

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

глухозаземленою нейтраллю напругою 380/220 В. в захисній оболонці  $l_{i3}=0,5$  мм.

Основними причинами враження електричним струмом є: дотик до відкритих струмопровідних неструмоведучих елементів устаткування, що виявилось під напругою внаслідок порушення ізоляції та пробією на корпус, неузгоджені дії персоналу, а також поразка через електричну дугу.

З метою запобігання травм рекомендується прийняти такі міри безпеки: рубильники включення установки знаходяться у спеціальній шафі; встановлені стаціонарні огороження та деякі струмопровідні частини встановлені на недосяжні висоті, блокування у вигляді механічних та електромагнітних замків, проводи проводити в захисних металевих рукавах; на панель керування вивести сигнальні лампи індикації включення електроустаткування; вузли установки, що можуть виявитися під напругою, мають зажими для підключення занулення.

Принцип дії занулення – перетворення замикання на корпус в однофазне замикання, при якому спрацьовує захист (топкі вставки, автомати) і електропристрій вимикається, при цьому  $I_{к.з.} \geq 3I_H$ .

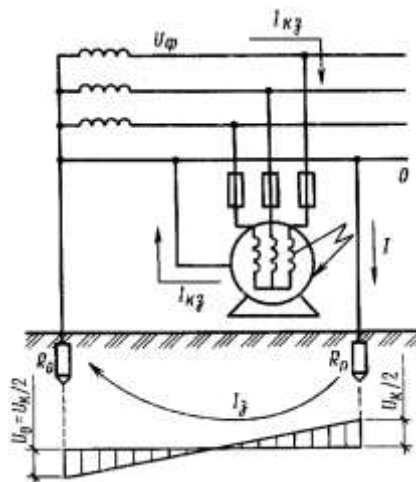


Рисунок 5.1 – Схема занулення електрообладнання

Відповідно до ГОСТ 12.1.030-81. Струм нульового проводу за умов короткого замикання:

$$I_{к.з.} = \frac{U_{\phi}}{r_0 + z_0} = \frac{220}{0,4 + 0,2} = 367 \text{ А}$$

Коефіцієнт кратності  $k$  визначається в залежності від типу запобіжника: для теплових автоматів і топких вставок  $k \geq 3$ ;

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У аварійному режимі застосовується захисне занулення.

## 5.4 Вплив високих температур

Причинами травм може бути дотик людей до нагрітих поверхонь. Щоб уникнути травм ці поверхні покриваються шаром ізоляції. В якості ізоляційного матеріалу вибрано азбестове волокно. Зовнішня температура ізоляції не повинна перевищувати  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ , що відповідає СН 245-71. Температура поверхні теплоізоляції контролюється термометром за ГОСТ 2823-73.

Розрахунок товщини теплоізоляційного шару.

Оскільки температура зовнішньої поверхні корпусу ректифікаційної колони перевищує  $308\text{ K}$ , проведемо розрахунок товщини ізоляційного шару.

Метою розрахунку теплової ізоляції є визначення товщини ізоляційного шару, який забезпечує додержання заданих виробничо-технічних вимог, що висуваються до ізоляції.

Розрахункову схему теплової ізоляції наведено на рисунку 5.2

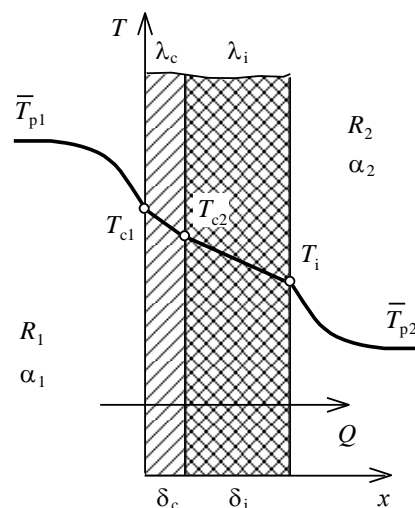


Рисунок 5.2 – Температурна схема теплової ізоляції стінки колони

Вихідні дані до розрахунку:

$\lambda_i = 0,052\text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$  – коефіцієнт теплопровідності скловати [28];

$T_{c2} = 410\text{ K}$  – максимальна температура внутрішньої поверхні шару теплової ізоляції;

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$\alpha_2 = 10 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$  – коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні покривного шару ізоляції (прийнято за рекомендаціями [28], для вертикальних поверхонь обладнання).

$[T_i] = 308 \text{ К}$  – допустима температура поверхні ізоляції обладнання робочої та обслуговуваної зони з металевим покривним шаром (прийнято за даними [18], таблиця 6.1);

$\bar{T}_{p2} = 298,6 \text{ К}$  – середня максимальна температура найбільш жаркого місяця для Житомира [28].

Визначення товщини теплоізоляційного шару ведемо за допустимою температурою поверхні ізоляції і методикою, викладеною в [28].

Якщо задано допустиму температуру поверхні ізоляції  $[T_i]$  плоскої стінки, яка розділяє теплоносій з середньою температурою  $\bar{T}_{p1}$  і навколишнє середовище з середньою температурою  $\bar{t}_{p2}$ , товщина теплоізоляційного шару:

$$\delta_i = \frac{\lambda_i \cdot T_{c2} - T_i}{\alpha_2 \cdot T_i - \bar{T}_{p2}} = \frac{0,052 \cdot 410 - 308}{10 \cdot 308 - 298,6} = 0,032 \text{ м.}$$

Мінімально граничну товщину ізоляції обираємо з конструктивних міркувань. За рекомендаціями [18],  $\delta_i = 0,05 \text{ м}$ .

Висновок: температура на поверхні ізоляції ректифікаційної колони  $\leq 35 \text{ }^\circ\text{C}$ .

## 5.5 Виробниче освітлення

Норма освітлення робочих місць одна з важливих вимог охорони праці. Для створення світлового комфорту на підприємствах хімічного машинобудування використовують: системне освітлення, штучне освітлення, суміщене освітлення.

Природне та штучне освітлення в приміщенні регламентується в залежності від характеру праці. Для роботи даного відділення природного освітлення не достатньо, треба застосовувати суміщене освітлення.

Застосовувані джерела штучного світла: газорозрядні лампи та лампи

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

накалювання. Найбільш розповсюджені серед газорозрядних ламп – це люмінесцентні лампи низького тиску, потужністю 8...150 Вт.

Мінімальна освітленість за нормами  $E_H = 250$  лк.

Визначимо висоту підвісу світильників над підлогою.

$$h_0 = H - h_c = 4,2 - 0,5 = 3,7 \text{ м}$$

Для світильників загального освітлення зі світлодіодними лампами потужність до 200 Вт мінімальна висота підвісу над підлогою відповідно повинна бути 2,5–4,0 м, залежно від характеристики світильника. В нашому випадку  $h_0$  відповідає цій вимозі.

Висота підвісу світильника над робочою поверхнею дорівнює:

$$h = h_0 - h_p = 3,7 - 0,7 = 3,0 \text{ м}$$

За табличними даними, вибираємо лампу денного світла, потужністю 15 Вт, у кількості 16 шт. світловий потік якої становить 2300 лм, фактична освітленість становить  $E_\phi = 280$  лк (ДБНВ 2.5.28-2006).

## 5.6 Виробничий шум

Для зниження шуму механічного походження в вузлах в яких здійснюються механічні процеси, зменшено сили збурення, збільшено час контакту елементів, що взаємодіють між собою, збільшено внутрішні витрати в системах, що коливаються, зменшено площу випромінювання звука. Практично це досягається:

- підвищенням якості балансування обертових деталей;
- підвищенням класу точності виготовлення деталей
- поліпшенням змащування;
- зміною підшипників кочення на підшипники ковзання;

Джерелами аеродинамічного шуму є нестационарні явища при течії газів.

Засоби боротьби з аеродинамічним шумом:

- використання шумоізолюючих матеріалів, якими покривається ректифікаційна колона.

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Джерелами електромагнітного шуму є механічні коливання електротехнічних пристроїв або їх частин. До методів боротьби з цим шумом відносяться застосування феромагнітних матеріалів.

Якщо рівень шуму залишається високим застосовують зниження шуму методом ізоляції джерела. Звукова ізоляція від повітряного шуму здійснюється за допомогою кожухів, екранів, перегородок.

З урахуванням зазначених заходів рівень шуму складає 70дБА, що впливає на персонал протягом робочої зміни, не буде перевищувати допустимого - 79 дБА, що відповідає вимогам ДСН 3.3.6.037-99.

### **5.7 Пожежна безпека**

У процесі роботи ректифікаційної колони, використовуються такі речовини: етиленгліколь, пара під високим тиском.

Основні причини виникнення пожег, спалахування:

- необережне поводження з вогнем;
- незадовільний стан електротехнічних пристроїв та порушення правил їх монтажу та експлуатації;
- порушення режимів технологічних процесів;
- несправність опалювальних приладів та порушення правил їх експлуатації;
- порушення правил зберігання легкозаймистих матеріалів та речовин;
- невиконання вимог нормативних документів з питань пожежної безпеки;

Категорія пожежної небезпеки виробництва у відповідності з класифікацією виробництв по ОНТП 24-86 призначається А – приміщення в яких знаходяться горючі гази або рідини легкого займання з температурою спалаху не більше 20 °С в такій кількості, що можуть утворити вибухонебезпечні парогазоповітряні суміші, при займанні яких розвивається

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розрахунковий надлишковий тиск вибуху в приміщенні, який перевищує 5 кПа.

Виходячи з категорії пожежної небезпеки виробництва вибираємо ступінь вогнестійкості приміщення II – основні несучі конструкції негорючі, а не несучі – важкогорючі.

Вогнетривкістю називається здатність конструкцій чинити опір дії пожежі протягом певного часу при збереженні експлуатаційних функцій.

На основі вибраного ступеня вогнестійкості будівлі визначаємо найменшу допустиму межу вогнестійкості конструкції, яка дорівнює 0,25 год. при верхній межі 2 год.

Дерев'яні елементи горищного покриття піддаються антисептичній та вогнезахисній обробці глибоким просочуванням сумішшю ДСА-1. Роботи повинна виконувати організація, що має ліцензію на даний вид робіт.

Усі конструктивні елементи споруди прийняті з негорючих матеріалів (залізобетон, цегла, метал).

Для запобігання розповсюдження пожежі з однієї будівлі на іншу між ними утворюють протипожежні розриви. При їх визначенні враховують ступінь вогнетривкості будівлі, так розрив між будівлею ділянки змішування та будинками з ступеню вогнетривкості II складає 9 метрів.

Протипожежні заходи забезпечуються наступними проектними рішеннями:

- На шляхах евакуації всі двері не мають запорів, що перешкоджають їх відчиненню без ключа. Відкривання дверей по ходу евакуації.
- Застосування електрокабелів і проводів з ізоляцією і оболонкою, що не підтримують горіння.
- Вибір автоматичних вимикачів, що забезпечують відключення пошкодженої ділянки електромережі, при короткому замиканні.
- Застосування приладів захисного відключення групових ліній електроосвітлення, будуть захищатися автоматичними вимикачами, групові лінії розеточної мережі – приладами захисного відключення (УЗО)..

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

• Опалювальне обладнання обслуговує пожежебезпечні приміщення заземлені в відповідності з вимогами СНиП 2.04.05-91 і СНиП 2.01.02-82.

• Нагрівальні прилади оснащені екранами, які застерігають від пожежі відстанню від горючих речовин.

Відповідно до СНиП 2.09.02-85 число евакуаційних виходів з будівель, дорівнює 2. Евакуаційні виходи розташовуються розосереджено. Ширина ділянок шляхів евакуації - 1,5 м, а дверей на шляху евакуації - 0,8 м. Відстань від найбільш віддаленого робочого місця до найближчого евакуаційного виходу 10 м.

Вибираємо тип первинних засобів пожежегасіння

- ручні вогнегасники порошкові (типу ОП-100), якими можна гасити різні матеріали. Порошкові суміші швидко ліквідують горіння при відносно малих витратах, не замерзають, не викликають корозії металів, в зоні горіння не електроднопровідні, не псують речовини і матеріали.

Для гасіння невеликих осередків пожежі на початковій стадії застосовують ручні вогнегасники:

- для гасіння електрообладнання – хладонові (ОАХ – 10), порошкові (ОП – 5, ОП – 10);

- для гасіння полівінілхлориду – повітряно – пінні (ОВП – 10), порошкові (ОП – 5, ОП – 10) або вода.

Згідно ПУЕ для умови безпечного застосування електрообладнання все воно розподіляється на типи: вибухозахищене, для пожежних установок та нормального виконання. Електрообладнання, що використовується в цеху - нормального виконання.

Приміщення будівлі передбачено обладнати системами оповіщення про пожежу, евакуаційного освітлення та автоматичної пожежної сигналізації, сигнали від приймально-контрольних приладів якої підключаються до системи цілодобового спостереження УДПО відповідно

Перед входом в ректифікаційне відділення, і на робочих місцях, повинні бути розміщені знаки безпеки і таблички з написами «Не палити», «Стороннім

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вхід суворо заборонений».

Всі роботи з монтажу та експлуатації ректифікаційних установок виконуються в повній відповідності з «Правилами з техніки безпеки в хімічній промисловості», затверджених 16.05.1978 р., та «Правилами безпеки і пожежонебезпечних хімічних виробництвах» ПБВХП-74.

Тип первинних засобів пожежогасіння:

Для гасіння електрообладнання використовують вогнегасники хладонові (ОАХ

– 10) та порошкові (ОП –5, ОП – 10).

Перед входом в ректифікаційне відділення, і на робочих місцях, повинні бути розміщені знаки безпеки і таблички з написами «Не палити»,

«Вогненебезпечно», «Стороннім вхід суворо заборонений».

Виходячи з категорії пожежної небезпеки виробництва вибираємо ступінь вогнестійкості приміщення II – основні несучі конструкції негорючі, а не несучі – важкогорючі.

Всі роботи з монтажу та експлуатації ректифікаційних установок виконуються в повній відповідності з «Правил пожежної безпеки в Україні», затверджених 30.12.2014 р., та «Правилами безпеки упожежонебезпечних хімічних виробництвах» ПБВХП-74.

## 5.8 Надзвичайні ситуації

На відстані 800 м від цеху стався вибух загальною масою пропану – 300 т.  
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

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

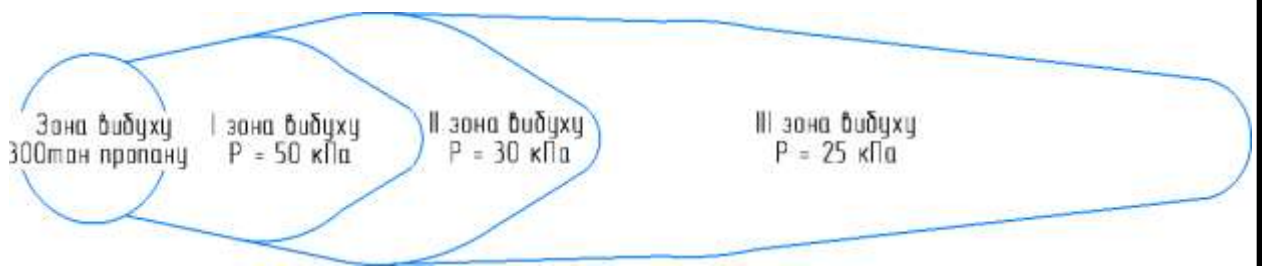
перегородок – 0,25 год. Категорія виробництва з пожежної безпеки – В. Щільність забудови об'єкту – 25%.

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).



$\Delta P_{\text{ф}} = 25, \text{кПа}$ .

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

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

суцільну.

Безпечна кількість вибухової речовини - менше 50 т.

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 надзвичайну ситуацію.

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

- укріпити будівлю установленням додаткових колон, ферм;
- верстати надійно закріпити на фундаменті, установити захисні навіси;
- кабельні лінії прокласти під землею;
- створити 50% запас контрольно-вимірювальної апаратури;
- установити на вікнах захисні металеві сітки;
- установити і контролювати стан вогнегасників та протипожежних систем;
- зменшити запасу вибухонебезпечної речовини до безпечної кількості.

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 6. Рекомендації щодо монтажу та експлуатації апаратів

При монтажі потрібно користуватися інструкцією наведеною в методиці [20].

Апарати і їх вузли та деталі повинні виконуватися на підприємствах, що налічують технічні засоби, які забезпечують якісне їх виготовлення у відповідності з вимогами проекту, та іншої технічної документації. Виготовлення апарату, його вузлів повинно виконуватися по раніш розробленій технології і дотримуватися відхилень від розмірів, які вказані на кресленнях і ТУ на виготовлення апарату. Апарати, в стінках яких в процесі виготовлення (при вальцовці, штамповці, зварці тощо) можлива поява недопустимих напружень, підлягає термообробці. Необхідність і режим термообробки встановлюється ТУ.

Методи розмітки, заготовки деталей із сталей аустенітного класу не повинні допускати пошкоджень робочої поверхні деталей.

На робочій поверхні обичайок і днищ не допускаються риси або подряпини або інші дефекти, у глибині перевищуючі від'ємні значення граничних відхилень по товщині листа, які передбачені відповідними стандартами і ТУ.

Задирки у всіх деталях повинні бути вилучені, а гострі кромки в них притуплені. Внутрішні захисні покриття (емаллю, свинцем, лаком тощо) і підготовка поверхні під покриття повинні виконуватися за спеціальними технічними умовами і інструкціями.

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

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

Запобігачі пристрої повинні встановлюватися на штуцерах або

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

приєднувальних трубопроводах у безпосередній близькості до апарату в містах зручних для його огляду.

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

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

У тих випадках, коли провести гідравлічне випробування неможливо через великі напруження в стінках або фундаменті апарату, або при важкості видалення води після випробування апарату дозволяється проводити пневматичне випробування на такий же пробний тиск. При цьому через підвищену небезпеку пневматичного випробування люди повинні знаходитись в безпечних місцях. Після зниження тиску до робочого проводять огляд і перевірку щільності зварних швів мильною піною. Обстукування швів під тиском при пневматичному випробуванні забороняється.

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

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

Результати пробного випробування оформлюються актом і заносяться до паспорту апарату.

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 7. Рівень стандартизації та уніфікації

Стандарти використовують для поліпшення якості продукції, підвищення рівня уніфікації і взаємозамінності, розвитку автоматизації виробничих процесів, росту ефективності експлуатації і ремонту виробів.

Рівень застосовності барабанної сушарки по деталях:

Коефіцієнт стандартизації 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 визначаємо із залежності:

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

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

Рівень застосовності центрифуги по деталях:

Коефіцієнт стандартизації визначаємо із залежності:

$$K_c = \frac{n_c}{N} = \frac{235}{342} = 0,687,$$

де  $n_c$  - кількість стандартних деталей в апараті,  $n_c = 235$ ;  $N$  - загальна кількість деталей в апараті,  $N = 342$ .

Коефіцієнт уніфікації визначаємо із залежності:

$$K_y = \frac{n_c + n_z}{N} = \frac{235 + 68}{342} = 0,885,$$

де  $n_z$  - кількість уніфікованих деталей в апараті,  $n_z = 68$ .

Висновок: для барабанної сушарки коефіцієнт стандартизації складає 0,486; коефіцієнт уніфікації складає 0,687; для центрифуги коефіцієнт стандартизації складає 0,486; коефіцієнт уніфікації складає 0,885.

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 8. Розробка стартап-проекту

### 8.1 Опис ідеї проекту

Метою стартапу є запровадження сучасних технологій у різних сферах діяльності людини, він розрахований на реалізацію як малим, так і середнім та великим бізнесом [21-31]. Основну ідею запроєктованого стартап-проекту викладено в таблиці 8.1.

Таблиця 8.1 – Ідея та опис стартап-проекту

Викладення ідеї	Напрямки реалізації	Результат для користувача
Ідея запроєктованого стартап-проекту лежить у представленні на ринок повного спектру інженерних послуг	1.Інженерно-технічні послуги (розробка обладнання/модернізація обладнання) в хімічній та харчовій галузі виробництва	Послуга полягає у отриманні клієнтом технічної документації запроєктованого обладнання, виготовлення обладнання та подальший супровід протягом використання замовником.
	2.Дослідження та аналіз виробництва в хімічній та харчовій галузі виробництва	Послуга полягає у отриманні клієнтом комплексної перевірки технічної здатності обладнання до виготовлення певних видів продукції та перевірки якості отриманого товару чи послуги

	3.Фінансова звітність та консалтингові послуги в хімічній та харчовій галузі виробництва	Послуга полягає у отриманні клієнтом можливості контролювати свою фінансову звітність та повного спектру консультування з питань у сфері технічної, комерційної, фінансової, технологічної діяльності.
	4. Проектування та розробка апаратного забезпечення в хімічній галузі виробництва	Послуга полягає у отриманні клієнтом якісних та сучасних проектів в хімічній галузі виробництва.

Даний підхід надає можливість представити користувачу повний спектр послуг.

В ході виконання було:

проведено аналіз техніко-економічних переваг запроєктованої ідеї порівняно з пропозиціями, котрі представлені на ринку;

визначено список техніко-економічних властивостей та характеристик проекту;

визначено наявне коло конкурентів, що вже існують на ринку, та проведено збір інформації щодо значень техніко-економічних показників для ідеї власного проекту та проектів-конкурентів;

проведено порівняльний аналіз показників: для власної ідеї визначено значення, що мають а) гірші показники (W, слабкі); б) мінімальні (N, нейтральні) показники; в) оптимальні показники (S, сильні) (таблиця 8.2) для виходу на ринок.

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Техніко-економічні характеристики	Нині наявні послуги на ринку				W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
	Мій проект	Stron	Alkid	System s			
Інженерно-технічні послуги в хімічній галузі виробництва	має	має	має	має	-	-	+
Дослідження та аналіз в хімічній галузі виробництва	має	немає	має	немає	-	-	+
Фінансова звітність та консалтингові послуги	має	немає	має	немає	-	-	+
Розробка програмного забезпечення	має	немає	немає	має	-	-	+
Креативний дизайн апаратів хімічної промисловості	має	має	немає	має	-	+	-
Послуги архітектора	немає	немає	немає	немає	+	-	-

Визначений перелік слабких (а саме послуги архітектора), та нейтральних (креативний дизайн апаратів хімічної промисловості) характеристик та властивостей ідеї потенційних послуг, що є основою для формування його конкурентоспроможності.

## 8.2 Технологічний аудит ідеї проекту

В межах даного підрозділу проведено аудит способу, за допомогою якого

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

можна реалізувати ідею проекту та наведено його у таблиці.

Таблиця 8.3 - Технологічна здійсненність ідеї проекту

Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
Надання повного спектру інженерно-технічних аутсорсингових послуг	Створення сайту та оренда офісу з комп'ютерною технікою для роботи персоналу. Інтелектуальні ресурси підприємства включають інтелектуальну працю та інтелектуальні продукти, що будуть патентуватися по мірі створення	Дані технології існують. В розробці/добробці їх немає необхідності, оскільки ми будемо залучати вже освічених фахівців, що вже мають спеціальну інженерну освіту	Технології є доступні.

За результатами проведеного аналізу було з'ясовано, що аспекти технологічної реалізації проекту, та методи реалізації є доступними для реалізації.

### 8.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Основні учасники ринку:

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

Таблиця 8.4 - Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
Кількість учасників, од	4
Загальний обсяг продаж, грн/ум.од.	130 000
Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Масштабність Терміни Бюджет

Продовження таблиці 8.4

Специфічні вимоги до стандартизації та сертифікації	ДСТУ, ГОСТ,
---	-------------

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

	ISO
Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	83

За результатами аналізу таблиці можна зробити висновок, що за попереднім оцінюванням ринок є привабливим для входження.

Економічні та соціальні тенденції ринку:

На даний момент ринок знаходиться на стадії введення. Економічна ситуація в Україні та поступовий вхід України до Європейського Союзу вимагає перепрофілювання наших підприємств, збільшення конкурентоспроможності промисловості та введення нових інноваційних технологій та інвестицій.

Географічне розміщення споживачів даного ринку є неоднорідним по світу. Найбільше споживачів знаходиться в країнах, що розвиваються. Саме тому ринок інжинірингу, аудиту, аутсорингу є перспективним. Головною ціллю багатьох підприємств є конкурентоспроможність, що досягається покращенням якості виготовленої продукції, зменшенням затрат на виробництво та експлуатацію обладнання, створення нового асортименту продукції тощо.

Конкуренція на даному ринку є невеликою, оскільки даний вид діяльності є новим. Оскільки в минулому більшість підприємств мали власні відділи, що займались даним видом діяльності, а саме конструкторські бюро, відділи постачання та продажу. Наш проект передбачає співпрацю з клієнтом згідно його вимог, з захистом інтелектуальної власності клієнта. Виконана робота на вимогу клієнта не розголошуватиметься, також наш проект за необхідністю передбачає допомогу в патентуванні розробок клієнта. Також можемо запропонувати клієнту власні розробки, модернізації та інновації на вигідних умовах.

Місця розподілу ринку:

КБ розміщуються насамперед в великих містах, з розвиненою промисловістю. А саме в м. Дніпрі, Києві, Харкові, Львові та інших містах де розміщуються великі підприємства з хімічної та харчової промисловостей.

Поведінка клієнтів набуває великого значення для початку проекту, оскільки від репутації компанії залежить довіра потенційних покупців та клієнтів. Саме тому окрім рекламування послуг в соціальних мережах та на рекламних майданчиках мережі інтернет, необхідно підтримувати репутацію серед клієнтів.

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Насамперед можна це забезпечити високою якістю виконаних послуг для споживачів, внаслідок чого можлива довгострокова співпраця та залученні до співробітництва зміжних підприємств та компаній. Окрім цього, конкуренти, з ями мають справу клієнти, можуть помітити ці позитивні зміни в роботі та також піти на співпрацю з нашим КБ.

Далі визначаємо потенційні групи клієнтів, їх характеристики, та формуємо орієнтовний перелік вимог до товару для кожної групи (таблиця 8.5).

Таблиця 8.5 - 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 інноваційних, високоефективних проектах і економії на заробітній платі для подолання наслідків попередніх економічних криз.	Хімічні компанії.	Необхідність виготовлення продукції у відповідності до різних норм та стандартів	-якість: стандарти, нормативи, вимоги -швидкість, -доступність.

Таблиця 8.6 - Фактори загроз

Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
Економічні: криза, інфляція, підвищення цін на сировину виробництва	Впливає на купівлю/продаж товару/ресурсу необхідного для товару	Підвищення/пониження ціни на продукт у залежності від цін на сировину. Прив'язка до курсу валют.
Політико-правові: «Закон України про підприємницьку діяльність»	Впливає на працездатність проекту, купівлю/продаж товару, або ресурсу необхідного для товару Недостатня підтримка державою нових підприємців.	Зміна напрямків імпорту/експорту. Відповідність вимогам законодавства України та країн з якими ведеться співпраця.

Продовження таблиці 8.6

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

«Закони України про ліцензування певних видів господарської діяльності».	Дороговартісні ліцензії, заборона на діяльність без ліцензії	Відповідність вимогам законодавства України та країн з якими ведеться співпраця.
Природні: природні катаклізми, дефіцит ресурсу	Зростання ціни на ресурс	Розробка нових технологій з використанням інших матеріалів

Таблиця 8.7 - Фактори можливостей

Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
Науково-технічні: зміна технології виготовлення обладнання	Залучення молодих та перспективних кадрів та співпраця з вищими навчальними закладами	Розробка нового обладнання та конструкцій роздільних елементів. Впровадження даної технології та декларування власної ціни на дану пропозицію.
Спрямованість України до Європи	Розширення ринку збуту товару	Підведення товару та послуг компанії до вимог та стандартів Європейського середовища
Соціально-культурні: консервативність поглядів споживачів	Небажання споживачів купувати нове обладнання, а модернізувати старе	Пропонувати споживачам замість купівлі нового обладнання модернізацію їх виробництва за допомогою послуг КБ

Надалі проводимо аналіз пропозиції: визначаються загальні риси конкуренції на ринку (таблиця 8.8).

Таблиця 8.8 - 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	Мала кількість спеціалістів здатних якісно виконувати комплексну роботу.	Співпраця з технічними вузами задля покращення якості розробок

Продовження таблиці 8.8

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. За рівнем конкурентної боротьби: національний	Якісні інженерні послуги необхідні на кожному підприємстві	Надання консалтингових послуг та можливість співпраці з нашим інженерним відділом
3. За галузевою ознакою: міжгалузева	На підприємстві працюють працівники здатні надавати широкий спектр послуг.	Наша компанія охоплює майже усі напрямки розробок і може надати якісні консалтингові послуги.
4. Конкуренція за видами товарів: товарно-видова між бажаннями	Є типові конструкції, а також можливість розробки індивідуальних апаратів.	Підприємство орієнтоване на малий, середній та великий бізнес та має можливості проектувати відповідне обладнання
5. За характером конкурентних переваг: цінова	Компанія буде мати як і конкуренцію по низькій ціні так і на якості продукції.	Дасть можливість зайняти нішу якісного дешевого обладнання в Україні та світі.
6. За інтенсивністю: марочна	Наша мета зробити всесвітньо відомим наш бренд	Можливість надавати послуги по усьому світу.

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

Таблиця 8.9 – Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти
Складові аналізу	Всі підприємства, які займаються консалтингом і аутсорсингом промислових підприємств	Конкурентом може стати підприємство яке почне співпрацювати з технічними вузами.	Постачальники мають незначний вплив на основний напрям (консалтинг, аутсорсинг), але мають вплив на напрям по продажу товарів (комплектуючих виробів та ін.)	-не конкурентно спроможне обладнання -високі ціни на товари -не якісні послуги -без інноваційне.

Продовження таблиці 8.9

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки:	На даному етапі розвитку в Україні дуже мало підприємств які можуть провести якісну оцінку роботи підприємства.	На сьогодні будь який інвестор може стати нашим конкурентом почавши співпрацювати з університетами.	Від постачальника буде залежить час поставки комплектуючих та його мінімальна вартість.	Клієнту завжди необхідне: конкурентно спроможне обладнання за низькою ціною якісне та інноваційне
-----------	---	---	---	---

На основі аналізу конкуренції в (таблиця 8.9), а також із урахуванням характеристик ідеї проекту (таблиця 8.4), вимог споживачів до товару (таблиця 8.5) та факторів маркетингового середовища (таблиця № 8.6-8.7) визначимо перелік факторів конкурентоспроможності. Аналіз вноситься до таблиці 8.10.

Таблиця 8.10 – Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
Ціна	За рахунок зменшення енергозатрат – загальна вартість знижується.
Технології	Впровадження модернізованої поверхні труб теплообмінника не було застосовано в цьому напрямку раніше.
Сервісне обслуговування	Акцент на подальшій співпраці з існуючим клієнтами.
Можливість виходу на закордонний ринок	Інноваційність технології дозволяє впроваджувати ці апарати не тільки на території України.
Комплексний підхід	Надається комплекс послуг по розробці, виготовленню і монтажу, а також постачаємо комплектуючі за низькими цінами

За визначеними факторами конкурентоспроможності (таблиця 8.10) проводиться аналіз сильних та слабких сторін стартап-проекту (таблиця 8.11).

Таблиця 8.11 – Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Фактор конкурентоспроможності	Бали 1-20	Рейтинг товарів-конкурентів у порівнянні проектом						
		-3	-2	-1	0	+1	+2	+3
Ціна	7	S		A				
Технології	13			A		S		
Сервісне обслуговування	16						A	S
Можливість виходу на закордонний ринок	9			S A				
Комплексний підхід	3			S		A		
* S – Stron  A – Alkid	Сильні сторони			Слабкі сторони				
	ціна			Можливість виходу на закордонний ринок,				
	Технології, комплексний підхід			Технології, ціна				

Сильні сторони проекту: ціна; технологія та сервісне обслуговування.

Слабкі сторони проекту: важко вийти на закордонний ринок

Фінальним етапом ринкового аналізу можливостей впровадження проекту є складання SWOT-аналізу (матриці аналізу сильних (Strength) та слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) (таблиця 8.15) та можливостей (Opportunities) (таблиця 8.16) на основі виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін (таблиця 8.21).

Таблиця 8.12 – Формулювання управлінської проблеми SWOT- аналіз.

Сильні сторони	Слабкі сторони
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Високий інтелектуальний потенціал компанії</li> <li>- Інноваційність технології</li> <li>- Адаптованість продукту суміжні ринки</li> <li>-Можливість виходу на закордонний ринок</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Невідоме «ім'я» підприємства</li> <li>- Низька дохідність проекту.</li> <li>- Не відповідність проекту сучасним тенденціям в галузі.</li> <li>- Невеликий асортимент продукції, що виготовляється (початковий рівень).</li> <li>-Зменшення кількості можливих постачальників в умовах кризи</li> </ul>

Продовження таблиці 8.12

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Можливості	Загрози
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Перевага над конкурентним товаром за рахунок малокомпонентності, енергоефективності, екологічної безпеки обладнання</li> <li>- Підвищення продуктивності розробок за рахунок ефективної командної діяльності</li> <li>- Подолання конкуренції за рахунок унікального дизайну систем</li> <li>-Плідна співпраця з постачальниками на взаємовигідних умовах поступок</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Поява інноваційного промислового обладнання, що не потребує впровадження пропонованих систем</li> <li>- Витіснення конкурентами компанії з ринку</li> <li>- Недостатнє фінансування, відсутність інвесторів</li> <li>-Недостатність клієнтів-підприємств, що можуть дозволити собі оновлення систем</li> <li>-Витіснення вітчизняного товару закордонним</li> </ul>

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

Таблиця 8.13 - Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
Ремонт/удосконалення існуючого ректифікаційного обладнання підприємств	Невеликі підприємства часто мають складнощі з ремонту або удосконалення існуючого обладнання через відсутність рем.цехів, чи придбання обладнання без супроводу. Даний проект можна реалізувати через існуючі зв'язки КБ та заводів, що виробляють теплообмінники.	Можна реалізувати за лічені хвилини. Не потребує додаткових затрат

Продовження таблиці 8.13

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Запуск власного виробництва етиленгліколю	Виробництво етиленгліколю є перспективним напрямком, так як сировина дуже дешева. Використовувати етиленгліколь можна у багатьох сферах. В умовах кризи зацікавленість держави зростає і виробникам надають пільги на розвиток підприємства та реалізацію продукції.	Для реалізації необхідно набагато більше грошових коштів та людського потенціалу.
---	--	---

Після аналізу обираємо альтернативу. Мета полягає в підвищенні рентабельності за рахунок максимально широкого використання ефекту досвіду. Зв'язок між рентабельністю і часткою ринку спостерігається в основному у сфері масового виробництва, коли конкурентна перевага пов'язана з економією на витратах.

#### 8.4 Розроблення ринкової стратегії стартап-проекту

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

Таблиця 8.14 – Вибір цільових груп потенційних споживачів

Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу в сегмент
Малі приватні промислові підприємства хімічної галузі	Висока	Високий	Середній	Середня
Великі промислові підприємства хімічної галузі	Мала	Середній	Висока	Середня

Для роботи в обраному сегменту ринку (Великі промислові підприємства хімічної галузі) необхідно сформуванати базову стратегію розвитку (табл. 8.15).

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 8.15 – Визначення базової стратегії розвитку

Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкуренто-спроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
<b>Наступник</b>	Концентрація на потребах одного цільового сегменту	Надання інженерних консалтингових послуг малим промисловим підприємствам	Стратегія спеціалізації

Наступним кроком є вибір стратегії конкурентної поведінки (таблиця 8.16).

Таблиця 8.16 – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

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 які?	Стратегія конкурентної поведінки*
На території України для малих і середніх підприємств проект не є першопрохідцем.	В планах компанії пошук нових споживачів та розширення клієнти конкурентів	Не буде	Стратегія Ніщера.

На основі вимог споживачів з обраного сегмента до постачальника (стартап-компанії) та до продукту (див. таблиця 8.5), а також в залежності від обраної базової стратегії розвитку (таблиця 8.13) та стратегії конкурентної поведінки (таблиця 8.14) розробляється стратегія позиціонування (таблиця 8.17), що полягає у формуванні ринкової позиції (комплексу асоціацій), за яким споживачі мають

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ідентифікувати торговельну проект.

Таблиця 8.17 – 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*
Якісне надання послуг з урахуванням всіх стандартів, норм та вимог	Стратегія спеціалізації.	Стратегія Ніщера.	Конкуренто-спроможні послуги.

### 8.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Спочатку необхідно сформувати маркетингові концепції товару, який отримає споживач. Для цього у табл. 18 потрібно підсумувати результати попереднього аналізу конкурентоспроможності товару.

Таблиця 8.18 Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
Висока актуальність надання інженерних послуг зі створення та модернізації індивідуального ректифікаційного обладнання	Збільшення чистого прибутку шляхом зменшення енерговитрат під час виробництва.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Високий інтелектуальний потенціал компанії</li> <li>- Інноваційність технології</li> <li>- Високий рівень енергозбереження та ресурсозбереження загалом</li> <li>- Адаптованість продукту суміжні ринки</li> <li>- Підвищення продуктивності процесу та якості товару</li> <li>- Індивідуальний підхід до виготовлення обладнання</li> </ul>

Було розроблено тривірневу маркетингову модель товару: уточнено ідею послуги, фізичні складові, особливості процесу його надання (таблиця 8.28).

Перелік можливих характеристик товару наведено у методиці.

Основними техніко-економічними характеристиками товару є:

- Економічні – характеризують вартість обслуговування, експлуатації, утилізації, витратних матеріалів, ремонту, знижки;
- Призначення (технічні) – показники, які характеризують основний напрямок використання товару та прогнозовану сферу його застосування (класифікаційні показники, технічної досконалості, складу і структури);
- Надійності – здатність товару зберігати характеристики, що дозволяють безвідмовно функціонувати (довговічність, ремонтпридатність, безвідмовність);
- Технологічні – можливість оптимізації витрат матеріалів, трудомісткості, швидкості під час технологічної підготовки виробництва, виготовлення та реалізації товару;
- Ергономічні – показники ступеню налаштування технічних та конструктивних рішень виробу до здатностей людини та середовища використання товару: антропометричні, гігієнічні, фізіологічні та психологічні;
- Органолептичні – визначають властивості продукції, які людина сприймає за допомогою своїх органів чуття;
- Естетичні – характеристики за якими оцінюють зовнішній вигляд товару;
- Екологічності – характеризують рівень негативного впливу на навколишнє середовище;
- Транспортабельності – визначають адаптивність продукції до підготовчих, початкових і завершальних операцій транспортування;
- Безпеки – характеризують безпечність споживання товару.

Формуємо три рівні товару: товар за задумом, товар у реальному виконанні та товар із підкріпленням. Далі розглядаємо техніко-економічні характеристики кожного рівню товару, отримані дані вносимо до таблиці 8.19.

Таблиця 8.19 – Опис трьох рівнів моделі товару

Обрана альтернатив	Сутність та складові
--------------------	----------------------

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

а розвитку проекту			
I. Товар за задумом	покращення якості готового продукту – зменшення витрат енергетичних, матеріальних та людських ресурсів на виробництво.		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристик и	м <sup>2</sup>	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Повторно перероблений полімер упаковки для подальшого використання.</li> <li>2. Надійність</li> <li>3. Малокомпонентність</li> <li>4. Енерго- та ресурсозбереження</li> <li>5. Доступна ціна</li> <li>6. Інноваційність технології</li> </ol>	0,4x0, 1	
	Якість: відповідає Європейським нормам та ДСТУ. Тестування проводиться перед встановленням, а також на місці.		
	Пакування – картонне пакування для уникання деформацій чи пошкодження		
	Марка: «Glycol life »		
III. Товар із підкріпленням	<p>До продажу:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• програми лояльності при підписанні довготривалого контракту;</li> <li>• різні способи доставки;</li> <li>• різні способи оплати;</li> <li>• демонстрації та моделювання роботи</li> </ul> <p>Після продажу:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• впровадження;</li> <li>• обслуговування;</li> <li>• супровід;</li> <li>• навчання персоналу;</li> <li>• гарантія повернення грошей і обміну товару.</li> </ul>		
	За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: буде розроблено патент на винахід, на кожному товарі буде фірмовий штамп.		

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

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Далі визначаються цінові межі, 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 (табл. 8.20). Аналіз проводиться експертним методом.

Таблиця 8.20 - Визначення меж встановлення ціни

Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на то-вар/послугу
100 - 150 грн	немає	100 тис. грн/міс	Верхня: 250 грн Нижня: 100 грн

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

Таблиця 8.21 - Формування системи збуту

Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
Клієнти хочуть на власні очі бачити продукт та його тестування перед закупівлею.	Ефективність Тестування Доставка	Нульовий рівень. Компанія сама займається всіма етапами розробки обалднання. Споживач отримує продукцію з усіма необхідними компонентами.	Власна система збуту і домовленість про подальшу співпрацю

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

Останньою складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів (таблиця 8.22).

Таблиця 8.22 - Концепція маркетингових комунікацій

Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування
Орієнтована на використання вузькоспеціальної комунікації, що визначається особливістю галузевої приналежності	Мережа інтернет, виставки, друкована продукція	<p>Спеціалізовані виставки такі як:                      Міжнародна спеціалізована виставка Технології захисту/ПожТех;                      Міжнародний авіакосмічний салон АВІАСВІТ;                      Галузева експозиція ПЕК УКРАЇНИ;                      Міжнародна спеціалізована виставка МІЖНАРОДНИЙ ПРОМИСЛОВИЙ ФОРУМ;                      Міжнародна спеціалізована виставка PLAST EXPO UA.</p> <p>На виставках буде розповсюджуватися друкована продукція.                      В мережі інтернет буде здійснюватися, адресна розсилка комерційних пропозицій за базою даних потенційних клієнтів, також буде розміщено рекламу на основних профільних сайтах та в соціальних мережах.</p>

Результатом пункту 8.4 створено ринкову програму, що включає в себе концепції товару, збуту, просування та попередній аналіз можливостей ціноутворення, спирається на цінності та основні потреби потенційних клієнтів, конкурентні переваги ідеї, стан та динаміку ринкового середовища, в межах якого буде впроваджено даний проект, та відповідну обрану альтернативу ринкової поведінки.

## 8.6 Висновки до розділу

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

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

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

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Висновки

У магістерській дисертації розроблено ректифікаційну колону та виносний кип'ятильник для модернізації установки виробництва гліколю.

Вибрано технічні характеристики цих апаратів, обґрунтовано обрані конструкції, проведено патентний пошук, розроблені заходи, що до вимог охорони праці, проведено розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність апаратів, частина розрахунків виконана у вигляді програм з описом методик розрахунків у середовищі Mathcad, подано рекомендації з монтажу та експлуатації, визначено очікувані техніко-економічних показники, оцінено рівень стандартизації та уніфікації розроблюваних апаратів, проведено розробку технологічного процесу виготовлення деталі – кришки колони та схеми автоматичного керування технологічним процесом установки.

Проведено модернізацію ректифікаційної колони шляхом використання вдосконаленої конструкції насадки, що підвищує ефективність масообміну (Патент України на корисну модель № 137778) і дозволяє зменшити незворотні втрати продукту разом з дистилатом в порівнянні з аналогами.

Графічна частина складається з восьми креслень в перерахунку на формат А1. Виконані креслення установки виробництва гліколю, функціональна схема автоматизації, складальні креслення ректифікаційної колони та виносного кип'ятильника, основних вузлів цих апаратів. До складальних креслень складено специфікації.

Розроблено стартап-проект запропонованої модернізації.

За результатами дисертаційної роботи отримано патент на корисну модель України, результати апробовано на 3 міжнародних конференціях, та опубліковано статтю у фаховому науковому журналі.

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Выводы

В магистерской диссертации разработано ректификационную колонну и выносной кипятильник для модернизации установки производства гликоля

Выбраны технические характеристики данных аппаратов, обосновано выбранные конструкции, произведено патентный поиск, разработаны мероприятия, что по требованиям охраны труда, проведены расчеты которые подтверждают работоспособность и надежность аппаратов, часть расчетов выполнена в виде программ с описанием методик расчета в среде Mathcad, поданы рекомендации по монтажу и эксплуатации, определены ожидаемые технико-экономические показатели, оценен уровень стандартизации и унификации разрабатываемых аппаратов, проведено разработку технологического процесса изготовления детали – крышка колонны и схемы автоматического управления технологическим процессом установки.

Проведено модернизацию ректификационной колонны путем использования усовершенствованной конструкции насадки, которая увеличивает эффективность массообмена (Патент Украины на полезную модель № 137778) и позволяет уменьшить не обратимые потери продукта вместе с дистиллятом в сравнении с аналогами.

Графическая часть состоит из восьми чертежей в перерасчете на формат А1. Исполнены чертежи установки производства гликоля, функциональная схема автоматизации, сборочные чертежи ректификационной колонны и выносного кипятильника, основных узлов этих аппаратов. К сборочным чертежам составлено спецификации.

Разработано стартап-проект предложенной модернизации.

По результатам диссертационной работы получено патент на полезную модель Украины, результаты апробировано на 3 международных конференциях и издана статья в специализированном научном журнале.

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Conclusion

A master's thesis designed a distillation column and a portable boiler to modernize the glycol production plant unit and a distillation column and a portable boiler.

The technical characteristics of these devices have been selected, the selected designs have been substantiated, the patent search has been carried out, the measures have been worked out, the calculations confirming the efficiency and reliability of the devices have been made to the requirements of safety, some of the calculations have been made in the form of programs describing the methods of calculation in the Mathcad environment, recommendations are given installation and operation, the expected technical and economic indicators, the level of standardization and unification of the developed devices, the development of technological process in manufacturing of parts - columns covers and schemes of automatic control of the technological process of installation.

The distillation column was modernized by using an advanced nozzle design, which increases the efficiency of mass transfer (Patent of Ukraine for utility model No 137778) and allows to reduce irreversible losses of the product together with the distillate compared to analogues.

The graphic part consists of eight drawings in terms of A1 format. Drawings of the installation of glycol production, functional scheme of automation, assembly drawings of distillation column and portable boiler, the main units of these devices. Specifications are drawn up for the drawing drawings.

A startup project of the proposed modernization has been developed.

According to the results of the dissertation, the patent for utility model of Ukraine was obtained, the results were tested at 3 international conferences, and the article was published in a professional scientific journal.

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Перелік посилань

1. Проектування насадкових ректифікаційних колон: Навч. посібник/ В.Л.Ракицький, І.О.Мікульонок, Г.Л.Рябцев – К.:НМЦВО,2000. – 200с..
2. Основные процессы и аппараты химической технологии: Пособие по проектированию. / Г.С. Борисов, В.П. Брыков, Ю.И. Дытнерский и др. Под ред. Ю.И. Дытнерского. М.: Химия. 1991. – 496 ст.
3. Лашинский А. А., Толчинский А. Р. Основы конструирования и расчета химической аппаратуры - Л.: Машиностроение, 1970. – 752 с.
4. А.С.Тимонин Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования Том 1 Изд 2-е, перераб и доп. – Калуга: Н. Бочкаревой, 2002.- 846 с.
5. Михалев М. Ф. и др. Расчет и конструирование машин и аппаратов химических производств. – Л.: Машиностроению, 1984. 301с.
6. Патент № 132434 Україна, МПК(2019.02) B01J 19/32, заявлено 28.09.2018, опубл. 25.07.2018.
7. Патент № 2667286 Росія, МПК(2018.05) B01D 3/003 заявлено 23.03.2018, опубл. 18.09.2018.
8. Патент № 124246 Україна, МПК(2018.01) B01D 3/00, заявлено 20.11.2017, опубл. 26.03.2018.
9. Патент № US2019/0292501 A1 США, C12G 3/08 (2013,01) заявлено 23.03.2018, опубл. 26.09.2019.
10. Патент № KR 20190086944A Korea, B01D 3/14, заявлено 15.01.2015, опубл. 10.2019
11. Патент № 2700702 Росія, МПК F22B 1/26 заявлено 06.12.2018, опубл. 19.09.2019.
12. Патент № 184808 Росія, МПК F22B 29/06 заявлено 07.09.2018, опубл. 12.11.2018.
13. Патент № 188608 Росія, МПК A01K 59/06 заявлено 20.02.2018, опубл. 17.04.2019.

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

14. Патент № CN 208920032 U Китай, МПК F22B 1/22 заявлено 29.09.2018, опубл. 31.05.2019.
15. Патент № CN 208457928 U Китай, МПК F22B 1/04 заявлено 27.06.2018, опубл. 01.02.2019.
16. И.И. Юкельсон Технология основного органического синтеза. – М.: Издательство “Химия”, 1968. – 848 с.
17. Дытнерский Ю.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. – М.: Химия, 1991 – 496 с.
18. Андреев І.А. Конструювання і розрахунок типового устаткування хімічних виробництв. Основні положення. Елементи тонкостінних посудин, навантажених внутрішнім тиском: навч. посіб./ — К: НТУУ «КПІ», 2011. — 272 с. — 300 пр.
19. Практикум із охорони праці: Навч. посіб. / В.Ц. Житецький, В.С. Джигирей, В.М. Сторожук та ін.; За ред. В. Ц. Житецького. – Львів: Афіша, 2000. – 352 с.
20. Мікульонок І.О., Монтаж, експлуатація та ремонт обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв: Навч. посібник. – К.: ІЗМН, 1998. – 256 с.
21. Маркетинг стартап-проектів [Електронний ресурс] : навчальний посібник для усіх спеціальностей другого освітнього ступеню «магістр» / С. О. Солнцев, О. В. Зозульов, Н. В. Юдіна, Т. О. Царьова, Н. В. Язвінська ; за заг. ред. С.О. Солнцева ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,2 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 218 с. URL : <http://ela.kpi.ua/handle/123456789/27437>
22. Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс] : Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.
23. Standard Management Systems QUALITY MANAGEMENT Textbook for students and post-graduate students on specialty 131 "Applied mechanics"/ S. Fomichov, A. Banin, I. Skachkov, V. Lysak, O. Gaievskiy, N. Yudina, Kiev: KIM, 2018 – P. 266
24. Форсайт економіки України: середньостроковий (2015–2020 роки) і

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

довгостроковий (2020–2030 роки) часові горизонти / наук. керівник проекту акад. НАН України М. З. Згуровський // Міжнародна рада з науки (ICSU); Комітет із системного аналізу при Президії НАН України; Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»; Інститут прикладного системного аналізу НАН України і МОН України; Світовий центр даних з геоінформатики та сталого розвитку. — Київ : НТУУ «КПІ», 2015. — 136 с. ISBN 978-966-622-716-7.

25. Yudina N.V. Methods of the Startup-Project Developing Based on ‘the Four-Dimensional Thinking’ in Information Society // Marketing and Management of innovations. – 3’2017. – P.245-256.-DOI:10.21272/mmi.2017.3-23 Access mode : <http://mmi.fem.sumdu.edu.ua/journals/2017/3/245-256>.

26. Юдіна Н.В. Міждисциплінарні платформи стартап-проектів [Електронний ресурс] // Міждисциплінарні дискусії : Матеріали науково-теоретичного семінару «Міждисциплінарні дослідження: теоретико-методологічні виміри», 5 грудня 2017 р. – Київ, Київський національний університет імені Тараса Шевченка Інститут міжнародних відносин Навчально-науковий центр «Синтез». – 2017. – С. 20-24. - Режим доступу [http://mail.iir.edu.ua/uploads/files/tezi%20ceminar%20synthesis%205%2012%202017%20final%20\(1\).pdf](http://mail.iir.edu.ua/uploads/files/tezi%20ceminar%20synthesis%205%2012%202017%20final%20(1).pdf).

27. Юдіна Н. В. Визначення циклічних залежностей в економіці України на основі аналізу окремих макроекономічних показників. Економічний Вісник НТУУ «КПІ». №13(2016). <http://ev.fmm.kpi.ua/article/view/80084/75643>

28. Юдіна Н. В. Антикризисные маркетинговые инструменты инновационного развития предприятий / Н.В. Юдіна // Маркетинг и финансы. – 2014. – Т. 1. – С. 60– 72.

29. Юдіна Н.В. Управління майбутнім на основі концепції інноваційного розвитку // Антикризове управління економікою України: нові виклики. Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, КНЕУ ім. В.Гетьмана, 15-17 грудня 2015 року). – 2015. - С. 124-127. – Режим доступу : [http://futuolog.com.ua/blog\\_konferencia\\_kneu\\_2015\\_12\\_15.phtml](http://futuolog.com.ua/blog_konferencia_kneu_2015_12_15.phtml).

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

30 Юдіна Н.В. Управління майбутнім на основі концепції інноваційного розвитку // Антикризове управління економікою України: нові виклики. Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції (Київ, КНЕУ ім. В.Гетьмана, 15-17 грудня 2015 року). – 2015. - С. 124-127. – Режим доступу : [http://futuolog.com.ua/blog\\_konferencia\\_kneu\\_2015\\_12\\_15.phtml](http://futuolog.com.ua/blog_konferencia_kneu_2015_12_15.phtml).

31. Юдіна Н. В. «Дорожня карта» підприємства у контексті футурології техногенної економіки. Традиції і інновації. [Електронний ресурс] / Н. В. Юдіна // Інновації та фундаментальні науки в умовах техногенної економіки : зб. матеріалів міждисциплінар. наук.-практ. конф., Київ, 25 листоп. 2016 р. / [уклад. Л. І. Юдіна]. – К., 2016. – Режим доступу : <http://futuolog.com.ua/publish/2/Zbirnyk.pdf#page=6>.

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Вступ

Мета даного розділу проекту – розробка технологічного процесу механічної обробки деталі “Днище” та проектування необхідних верстатних пристроїв.

В ході роботи вирішені наступні задачі:

- розроблено технологічний процес виготовлення деталі “Днище” та вибрано метод отримання заготовки. Вибрано обладнання та інструмент для кожної операції технологічного процесу, розраховано міжопераційні припуски, режими різання та норми часу для виконання операцій,
- спроектовано верстатне пристосування – кондуктор спеціалізований з пневмоприводом.

					<i>ЛН81мп.066210.000 ПЗ</i>		
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Король А. Ю.			Літ.	Лист	Листів
Перев.		Двойнос Я. Г.					
Реценз.					КПІ імені Ігоря Сікорського, ІХФ, МАХНВ		
Н. Контр.							
Затв.							
Технологічний процес Виготовлення деталі (днище)							

## A1. Технологічний розділ

### A1.1. Технологічний контроль креслення

Креслення деталі “Днище” має всі необхідні види та перерізи, які необхідні для розуміння конфігурації деталі. Проставлені розміри мають вказівки на точність виготовлення поверхонь. Точність розмірів відповідає експлуатаційним вимогам, вказана шорсткість відповідає заданій точності.

### A1.2. Службове призначення деталі та умови її роботи в вузлі

“Днище” – деталь типу “Диск” з габаритами  $\varnothing 412 \times 131$ .

Днище – деталь ректифікаційної колони, яка сприймає дію агресивного середовища, високих температур та високих навантаження від стовпу рідини. В процесі роботи перегородка повинна забезпечувати високу герметичність та правильне положення приєднаних до нього двох труб. Днище базується в корпусі по  $\varnothing 412$  та приварюється до нього. Для приєднання труб є 2 отвори  $\varnothing 32$  та  $\varnothing 132$ .

Матеріал виготовлення деталі – жароміцна сталь X18H10 ГОСТ 5632-72.

Приймаючи до уваги інформацію наведену вище можна зробити висновки: деталь “Днище” працює в умовах дії агресивних середовищ, високих температур та високих навантажень, повинна забезпечувати герметичність з’єднань. Матеріал деталі задовольняє всім пред’явленим вимогам та забезпечує добру працездатність деталі у виробі.

Хімічний склад та механічні властивості сталі X18H10 наведені в таблицях A1.1. и A1.2.

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця А1.1 - Хімічний склад сталі Х18Н10 ГОСТ 5632-72, %

С	Хром	Ni	Si	Mn	P	S
0,25 – 0,30	18	10	0,17 - 0,37	0,5 – 0,8	0,035	0,035

Таблиця А1.2 - Механічні властивості сталі Х18Н10 ГОСТ 5632-72

$\sigma_{02}$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ , %	$\psi$ , %	НВ, МПа	$\gamma$ , г/см <sup>3</sup>
410	520	19	40	1500	7,814

### А1.3. Призначення типу виробництва

Тип виробництва – це класифікаційна категорія виробництва, що виділяється за ознаками широти номенклатури, регулярності та обсягу випуску виробів. У відповідності до стандартів ГОСТ 3.1108-74 Єдиної Системи Технологічної Документації (ЄСТД) та ГОСТ 14.004-74 Єдиної Системи Технологічної Підготовки Виробництва (ЄСТПВ) однією з основних характеристик типу виробництва є коефіцієнт закріплення операцій ( $K_{30}$ ), який визначається як відношення кількості всіх операцій, що виконуються або повинні виконуватись протягом базового відрізка часу до загальної кількості робочих місць.

Оскільки на даному етапі роботи ще невідомо не кількість операцій, не кількість робочих місць, то неможливо визначити коефіцієнт закріплення операцій. Відомо що маса деталі складає 135 кг, а річний обсяг випуску –  $N_p = 50$  деталей на рік. Призначимо тип виробництва наближено згідно наступної таблиці.

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докum.	Підпис	Дата		



#### A1.4.1. Якісна оцінка технологічності деталі

У цілому деталь технологічна. Конструкція деталі складається з простих поверхонь, обробка яких не потребує використання складного спеціального різального інструменту, всі площини і вісі циліндричних поверхонь паралельні і перпендикулярні один до одного. Конструкція днища забезпечує вільний доступ різального та вимірювального інструмента. Достатня жорсткість деталі припускає роботу з використанням високих режимів різання. Нетехнологічним є те, що деталь має складну форму поверхонь що не обробляється, але на першій операції слугує за технологічну базу, що ускладнює установку та затиск в пристрої на верстаті.

#### A1.4.2. Кількісна оцінка технологічності деталі

Таблиця А1.4 - Кількісна характеристика по точності

Поверхня	Квалітет точності				
	9	11	12	13	14
Циліндрична	-	-	-	-	4
Лінійна	-	-	-	-	3

Середній квалітет точності обробки виробу:

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i n_i}{\sum n_i} = \frac{14 \cdot 7}{7} = 14,$$

де  $n_i=7$  - кількість розмірів однакового квалітету точності ;

$T_i=14$  - квалітет точності обробки.

Отриманий коефіцієнт точності обробки:

$$K_{m.ч} = 1 - \frac{1}{T_{cp}} = 1 - \frac{1}{14} = 0,93 > 0,8,$$

тобто за цим показником деталь технологічна.

Таблиця А1.5 - Кількісна характеристика по шорсткості

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Поверхня	Параметр шорсткості				
	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5
Циліндрична	-	-	-	2	2
Лінійна	-	-	-	1	-

Середній параметр шорсткості обробки поверхонь виробу:

$$Ш_{cp} = \frac{n_1 Ш_1 + n_2 Ш_2}{n_1 + n_2} = \frac{3 \cdot 6,3 + 2 \cdot 12,5}{3 + 2} = 8,78,$$

де  $n_1=3$ ,  $n_2=2$  - кількість розмірів однакової шорсткості ;

$Ш_1=12,5$ ,  $Ш_2=6,3$  - шорсткість обробки поверхні.

Отриманий коефіцієнт шорсткості поверхонь:

$$K_u = \frac{1}{Ш_{cp}} = \frac{1}{8,78} = 0,11 < 0,32,$$

тобто за цим показником деталь технологічна.

Коефіцієнт використання матеріалу:

$$K_{в.м} = \frac{M_d}{M_z} = \frac{22,4}{24} = 0,93;$$

де  $M_d=22,4$  кг,  $M=24$  кг - відповідно маса деталі та заготовки.

Висновок: приймаючи до уваги конструкцію деталі та виконані розрахунки, за якісними та кількісними показниками деталь є технологічною.

A1.5 Техніко-економічне обґрунтування вибору методу виготовлення заготовки

Головним при виборі методу отримання заготовки є забезпечення заданої якості готової деталі при її мінімальній собівартості. Технологічні процеси отримання заготовок визначаються технологічними властивостями матеріалу, конструктивними формами і розмірами деталі та об'ємом виробництва.

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Заготовки в машинобудуванні можуть бути отримані такими методами: литтям, куванням, пресуванням, штампуванням, з прокату, комбінованими методами.

На вибір методу виготовлення заготовки мають вплив :

- матеріал деталі;
- її призначення та технічні вимоги на виготовлення;
- об'єм та серійність випуску;
- форма та розміри деталі.

Правильний вибір виду заготовки багато у чому визначає ефективність процесу обробки різанням, якість деталі, її вартість. Заготовку днища, зважаючи на матеріал та конфігурацію деталі, доцільно виготовляти методом пластичної деформації. Порівняння технологічних можливостей, достоїнств та недоліків різних способів кування показує, що у серійному виробництві такі поковки можна одержувати куванням у відкритих штампах, у закритих штампах на КГШП, куванням на пресах гвинтових і гідравлічних.

Доцільно вибирати кування з невеликими швидкостями пластичних деформацій – куванням на гідравлічному пресі. В якості заготовки використовується листовий прокат.

Проектуємо заготовку згідно з ГОСТ 7505-89. Клас точності заготовки – Т2. Ступінь складності – С4. Група сталі – М2. Конфігурація роз'єму штампа – П. Вихідний індекс – 15.

Припуски на основні розміри заготовки занесемоні в таблицю А1.6.

Таблиця А1.6 - Розрахунок розмірів заготовки

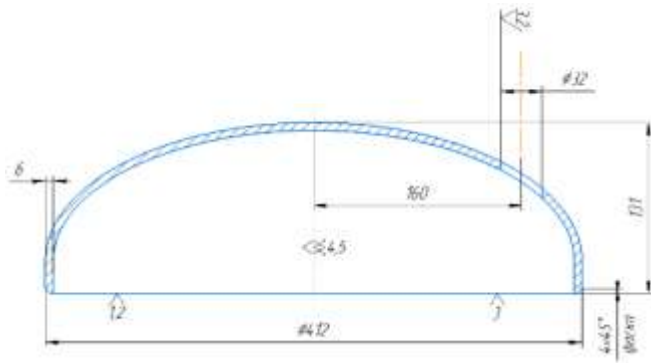
Розмір деталі	Ø412h14, Ra 12,5	131js14 Ra 6,3
Тип розміру	діаметр	товщина
Основний припуск на сторону, мм	1,55	1,75

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		



1. Підрізати торець попередньо до  $131 \pm 1,5$ .
2. Підрізати торець остаточно до  $131 \pm 0,65$ .
3. Точити зовнішню поверхню попередньо до  $\varnothing 412$ .
4. Точити зовнішню поверхню остаточно з утворенням фаски.

#### 010 Радіально-свердлильна

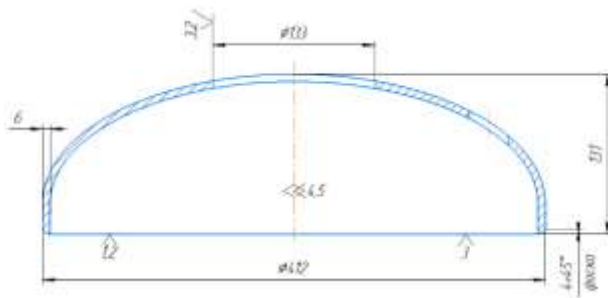


Верстат – радіально-свердлильний 2М58. Інструмент свердла спіральні з конічним хвостовиком Р6М5 ГОСТ 10903-77  $\varnothing 20$ ,  $\varnothing 40$ . Пристрій – кондуктор порталний з двома

пневмоприводами з спеціальною наладкою.

1. Свердлити попередньо  $\varnothing 20$ Н16.
2. Розсвердлити остаточно  $\varnothing 32$ Н14.

#### 015 Радіально-свердлильна



Верстат – радіально-свердлильний 2М58. Інструмент свердла спіральні з конічним хвостовиком Р6М5 ГОСТ 10903-77  $\varnothing 30$ , пристрій – кондуктор

портальний з двома пневмоприводами з спеціальною наладкою.

1. Свердлити попередньо  $\varnothing 30$ Н16.
2. Розсвердлити остаточно  $\varnothing 133$ Н14.

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

## А1.7. Проектування операційного технологічного процесу

### А1.7.1. Розрахунок міжопераційних припусків і допусків розрахунково-аналітичним методом

Розрахунок міжопераційних припусків і допусків на обробку поверхні 131 h14.

Поверхню одержуємо штампуванням на заготівельній операції.

Маршрут обробки містить у собі: точіння чорнове по h15 і точіння чистове по h14.

Мінімальні розрахункові припуски:

– чорнове точіння:

$$z_{\min 1} = R_{z0} + h_0 + \sqrt{\Delta_{\Sigma 0}^2 + \varepsilon_1^2} = 400 + 400 + \sqrt{3200^2 + 500^2} = 2100 \text{ мкм},$$

де  $R_{z0}$  – висота нерівностей профілю на попередньому переході,  $R_{z0}=160$ мкм;

$h_0$  – глибина дефектного поверхневого шару на попередньому переході,  $h_0=400$  мкм;

$\varepsilon_1$  – похибка встановлення заготовки на виконуваному переході,  $\varepsilon_0=500$ мкм;

$\Delta_{\Sigma 0}$  – сумарні відхилення розміщення поверхні на попередньому переході  $\Delta_{\Sigma 0}=3200$  мкм.

– чистове точіння:

$$z_{\min 2} = R_{z1} + h_1 + \sqrt{\Delta_{\Sigma 1}^2 + \varepsilon_2^2} = 250 + 240 + 192 = 682 \text{ мкм},$$

де  $R_{z1}$  – висота нерівностей профілю на попередньому переході,  $R_{z1}=250$ мкм;

$h_1$  – глибина дефектного поверхневого шару на попередньому переході,  $h_1=240$  мкм;

$\varepsilon_2$  – похибка встановлення заготовки на виконуваному переході,  $\varepsilon_0=0$ мкм;

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

$\Delta_{\Sigma 0}$  – сумарні відхилення розміщення поверхні на попередньому переході

$$\Delta_{\Sigma 1} = \Delta_{\Sigma 0} \cdot K_y = 3200 \cdot 0,06 = 192 \text{ мкм};$$

$K_y = 0,06$  – коефіцієнт уточнення для чорнового точіння.

Технологічні допуски:

$T_{\text{заг}}$  – технологічний допуск заготовки,  $T_{\text{заг}} = 0,115$  мм,

$T_{\text{чорн}}$  – технологічний допуск при чорновій обробці,  $T_{\text{чорн}} = 4$  мм,

$T_{\text{чист}}$  – технологічний допуск при чистовій обробці,  $T_{\text{чист}} = 0,4$  мм.

Найменші граничні розміри :

$$H_{\text{мін чист}} = H_{\text{ном}} - T_{\text{заг}} = 131 - 0,115 = 130,885 \text{ мм},$$

$$H_{\text{мін чорн}} = H_{\text{ном}} + z_{\text{мін чист}} = 131 + 0,682 = 131,682 \text{ мм},$$

$$H_{\text{мін заг}} = H_{\text{мін чорн}} + T_{\text{чист}} = 131,682 + 0,4 = 132,082 \text{ мм}.$$

Найбільші значення міжопераційних розмірів:

$$H_{\text{макс чист}} = H_{\text{мін чист}} + T_{\text{заг}} = 130,885 + 0,115 = 131 \text{ мм},$$

$$H_{\text{макс чорн}} = H_{\text{мін чорн}} + T_{\text{чорн}} + T_{\text{чист}} + z_{\text{мін1}} = 131,682 + 4 + 0,4 + 2,1 =$$

138,182 мм,

$$H_{\text{макс заг}} = H_{\text{мін заг}} + z_{\text{мін1}} = 132,082 + 2,1 = 134,182 \text{ мм}.$$

Максимальні розміри припусків:

$$z_{\text{макс чорн}} = H_{\text{макс чорн}} - H_{\text{макс чист}} = 134,182 - 131 = 3,182 \text{ мм},$$

$$z_{\text{макс чист}} = H_{\text{макс чорн}} - H_{\text{макс заг}} = 138,182 - 134,182 = 4 \text{ мм}.$$

Максимальні розміри припусків:

$$z_{\text{мін чорн}} = H_{\text{мін заг}} - H_{\text{мін чорн}} = 132,082 - 131,682 = 0,4 \text{ мм},$$

$$z_{\text{мін чист}} = H_{\text{мін чорн}} - H_{\text{мін чист}} = 131,682 - 130,885 = 0,797 \text{ мм}.$$

Сумарні розміри припусків:

$$z_{\text{мін } \Sigma} = 0,4 + 0,797 = 1,197 \text{ мм},$$

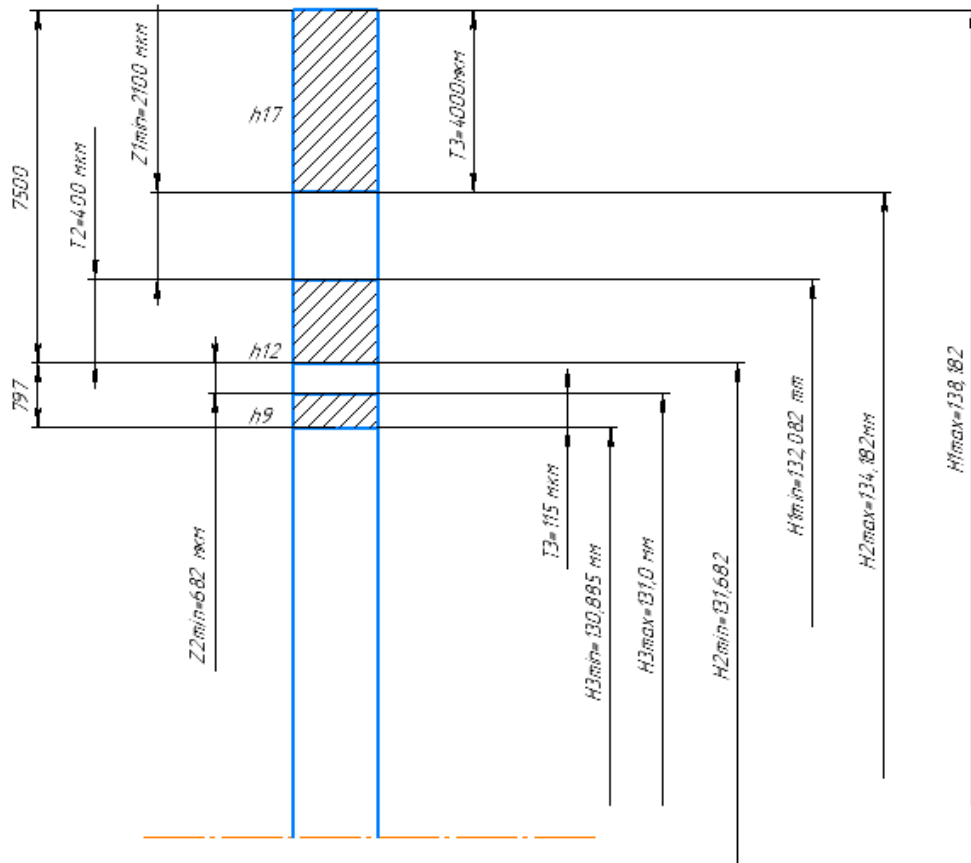
$$z_{\text{макс } \Sigma} = 3,182 + 4 = 7,182 \text{ мм}.$$

					ЛН81МП.066210.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Результати розрахунку подані в таблиці 2.8, та на графіку 1.

Таблиця А.8. - Розрахунок припусків і допусків на поверхню 131h14

Технол. переходи	Розр. $Z_{min}$ , мкм	Розрах $H_{min}$ , мм	Допуск, $T$ , мкм	Прийняті розміри, мм		Значення припусків, мм	
				$H_{min}$	$H_{max}$	$Z_{min}$	$Z_{max}$
Заготовка	--	131	115	130,885	131,115	--	--
Чорнове точіння	2100	131	4000	126,885	135,115	2,1	3,1
Чистовое точіння	682	131	400	126,485	135,515	0,7	1,5



Графік 1 – Розрахунок припусків і допусків на поверхню 131h14

А1.7.2. Розрахунок режимів різання розрахунково-аналітичним методом на попереднє свердління отвору  $\varnothing 132$

Отвір  $\varnothing 133$  утворюється в суцільному матеріалі за два переходи – свердління  $\varnothing 30$  і розсвердлювання до  $\varnothing 133$  на радіально-свердлильному верстаті 2М58. Інструмент – свердло спіральне з конічним хвостовиком Р6М5 ГОСТ 10903-77  $\varnothing 30$ . По нормативах режимів різання вибираємо рекомендоване значення подачі для свердління конструкційних вуглецевих і легованих сталей при діаметрах 25...32, для відношення  $l/D = 3 \dots 8$ ,  $S_o = 0,35$  мм/об.

Призначаємо стійкість інструмента  $T = 30$  хв.

Розрахункова швидкість різання :

$$V = \frac{C_V \cdot D^q}{T^m \cdot S^y} K_V = \frac{14,7 \cdot 30^{0,25}}{30^{0,125} \cdot 0,35^{0,55}} \cdot 0,75 = 30,05 \text{ м/хв},$$

де  $K_V$  – загальний поправочний коефіцієнт  $K_V = 0,75$ ,

$C_V, q, m, y$  – табличні коефіцієнти,  $C_V = 14,7, q = 0,25, m = 0,125, y = 0,55$ .

Розрахункова частота обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000V}{\pi D} = \frac{1000 \cdot 30,05}{\pi 30} = 318,8 \text{ хв}^{-1},$$

Верстат 2М58 має ступінчасту коробку швидкостей, тому дійсна частота обертання буде  $n_{\partial} = 318 \text{ хв}^{-1}$ , а дійсна швидкість різання буде становити:

$$V_{\partial} = \frac{\pi D n}{1000} = \frac{\pi 30 \cdot 318}{1000} = 29,97 \text{ м/хв}.$$

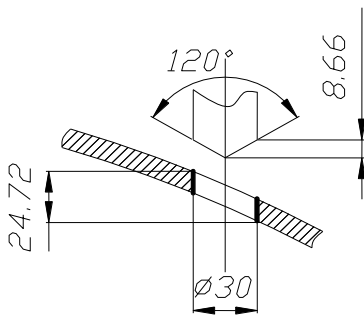
Подача:

$$S_{xв} = S_o \cdot n = 0,35 \cdot 318 = 111 \text{ мм/хв}.$$

Час обробки:

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

$$T_o = \frac{l_1 + l_2 + l_3}{S_M} = \frac{8,66 + 24,72 + 8,66}{111} = 0,38 \text{ хв.}$$



Розрахункова схема для визначення робочого ходу інструменту наведено на рисунку А.2.

$$l_1 = 8,66 \text{ мм}, l_2 = 24,72 \text{ мм}, l_3 = 8,66 \text{ мм.}$$

Рисунок А.2 – Схема свердління

Визначасмо момент сил різання при свердлінні:

$$M_{св} = 16,3d^{0,85}s_o^{0,95} = 16,3 \cdot 30^{0,85} \cdot 0,35^{0,95} = 108,3 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Осьова сила різання по нормативам складає  $P_o = 11449 \text{ Н}$ .

Верстат забезпечує розраховані характеристики режиму різання.

### А1.7.3. Призначення режимів різання табличним методом

При призначенні режимів різання користуємось нормативами режимів різання, наведеними в [5]. Результати заносимо в таблицю А.9.

Таблиця А.9. - Режими різання на механічну обробку деталі “Днище”.

Операція	Перехід	Інструм.	$S_o$ , мм/об	$S_{хв}$ , мм/ хв	t, мм	V, м/хв	n, хв <sup>-1</sup>	$T_o$ , хв	$T_{шт}$ , хв
005 Карусельна з ЧПУ	Підрізати торець Ø418 попередньо до 136±1,5	Різець контурний з $\phi =$ 93° ТУ 2-035- 892-82	0,73	23	3	103	32	1,74	9,62
	Підрізати торець Ø418 остаточно до 280±0,65	Різець контурний з $\phi =$ 93° ТУ 2-035- 892-82	0,3	21	0,7	230	71	1,9	
	Точити зовнішню поверхню попередньо до Ø415h15	Різець контурний з $\phi =$ 93° ТУ 2-035- 892-82	0,73	23	3,5	103	32	1,13	

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ				Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата					

	Точити зовнішню поверхню остаточно з утворенням фаски	Різець контурний з $\phi = 93^\circ$ ТУ 2-035-892-82	0,3	21	0,8	230	71	1,24	
010 Радіально-свердлильна	Свердлити попередньо $\varnothing 20H16$	Свердло $\varnothing 20$ спіральне Р6М5 ГОСТ 10903-77	0,3	95,4	10	20	318	0,2	1,9
	Розсвердлити остаточно $\varnothing 32H14$	Свердло $\varnothing 32$ спіральне Р6М5 ГОСТ 10903-77	0,75	74,3	10	12,4	99	0,14	
015 Радіально-свердлильна	Свердлити попередньо $\varnothing 30H16$	Свердло $\varnothing 30$ спіральне Р6М5 ГОСТ 10903-77	0,35	69	15	18,7	198	0,5	1,9
	Розсвердлити остаточно $\varnothing 133H14$	Свердло $\varnothing 133$ спіральне Р6М5 ГОСТ 10903-77	1,12	56	51	9,4	50	0,9	

#### А1.7.4. Розрахунок норми часу на виконання операції

Штучний час на виконання операції 005.

Операція карусельна з ЧПУ виконується на карусельному верстаті з ЧПУ 1А532ЛМФ3 з установкою в немеханізованому патроні з вивіркою. Інструменти: різець контурний, різець контурний, різець розточувальний, різець розточувальний.

Основний час  $T_0 = 7,83$  хв,

$$T_{\text{доп}} = T_{\text{р. доп}} + T_{\text{м.-доп}} = 0,11 + 0,31 = 0,42 \text{ хв,}$$

де  $T_{\text{р. доп}} = 3,11$  хв – час на установку, вивірку, знімання заготовки, вмикання та вимикання верстата.

$T_{\text{м.-доп 1}} = 0,46$  хв – час на холості ходи.

$T_{\text{м.-доп 2}} = 0,3$  хв – час на зміну різального інструменту.

Верстат 1А532ЛМФ3 має 10-ти позиційну револьверну головку.

$$T_{\text{оп}} = T_0 + T_{\text{м.-доп 1}} = 7,83 + 0,46 + 0,3 = 8,59 \text{ хв,}$$

Для серійного виробництва:

$$T_{\text{шт}} = T_{\text{оп}} + 0,12 \cdot T_{\text{оп}} = 8,59 + 0,12 \cdot 8,59 = 9,62 \text{ хв.}$$

Підготовчо-заклучний час при роботі на токарному верстаті з ЧПУ:

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ				Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата					

$$T_{пз} = T_{пз 1} + 2T_{пз 2} + T_{пз 3} = 38 + 4 \cdot 2 + 10 = 56 \text{ хв.}$$

де  $T_{пз 1} = 38$  хв – на наладку верстата і установку пристосування,

$T_{пз 2} = 2$  хв – на установку 1 інструмента,

$T_{пз 3} = 10$  хв – на отримання креслення та вивчення умов обробки.

Штучно-калькуляційний час обробки деталі:

$$T_{шт к} = T_{шт} + T_{пз}/n = 9,62 + 56/10 = 15,22 \text{ хв.}$$

					ЛН81МП.066210.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

## А2. Конструкторський розділ

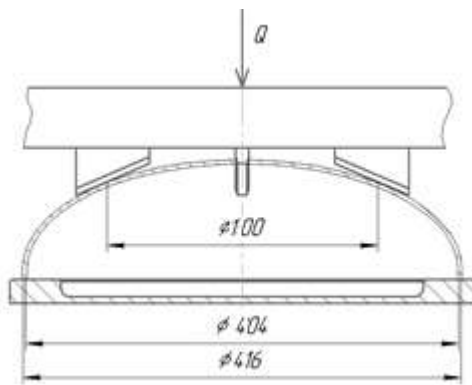
### А2.1. Опис роботи пристосування

Портальний кондуктор є універсально-налагодочним пристосуванням для свердління отворів з кондукторними втулками. Пристрій з спеціальними наладками використовується на операціях 010 радіально-свердлильній і 015 радіально-свердлильній.

Кондуктор складається з корпусу 1, в якому зібрані два пневмоциліндри. До штоків пневмоциліндрів 7 кріпиться кондукторна плита 8. На столі корпусу збирають спеціальні галадки, в даному випадку вона складається з установочного кільця 2. До спеціальної наладки також відноситься кондукторна плита з швидкозмінною кондукторною втулкою 14 і чотирима затискними клинами 11.

При подачі стиснутого повітря в штокові порожнини пневмоциліндрів, поршні 5 з штоками-скалками 7 починають одночасно рухатись вниз. При цьому кондукторна плита-траверса з наладкою затискає заготовку. Для розтискання необхідно подати стиснуте повітря в нижню порожнину.

### 3.2. Силевий розрахунок пристосування



При свердлінні з боку інструмента виникає осьова сила, що сприймається корпусом і крутний момент, що намагається повернути деталь у пристрої. Цьому протидіють моменти тертя  $M_1$  на кільці контакту заготовки і опорного кільця 2 і  $M_2$ , що виникає між заготовкою і клинами 11.

заготовки і опорного кільця 2 і  $M_2$ ,  
клинами 11.

Рис. А2.1. Розрахункова схема.

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Найбільші навантаження виникають при свердлінні  $\varnothing 30$ .

Момент різання при свердлінні:  $M_{cv} = 108,3$  Н·м.

Осьова сила різання складає  $P_o = 11449$  Н.

Сила на одному штоці буде:

$$W = P \cdot \frac{\pi(D^2 - d^2)}{4} \cdot \eta = 0,4 \cdot 10^6 \cdot \frac{\pi(0,185^2 - 0,068^2)}{4} \cdot 0,98 = 9114 \text{ Н,}$$

де для пневмоциліндра  $\eta = 0,98$ .

Момент тертя:

$$M_{mp} = \frac{1}{3} \cdot (Q + P_o) \cdot \mu \cdot \frac{D^3 - d^3}{D^2 - d^2} + \frac{Q}{4} \cdot \mu \cdot \frac{d_1}{2} =$$
$$= \frac{2 \cdot 57265 \cdot 0,5}{8} \cdot 0,25 \cdot 0,98 + \frac{1}{3} \cdot (2 \cdot 57265 + 11449) \cdot 0,25 \cdot \frac{1,016^3 - 1,004^3}{1,016^2 - 1,004^2} = 12252 \text{ НМ,}$$

де  $Q$  – сила затиску на траверсі,

$$\mu = 0,14 \dots 0,18,$$

$d_1$  – діаметр, на якому діють сили затиску (500 мм),

$D, d$  - більший і менший діаметри кільця (1016 мм, 1004 мм).

Тиск повітря в мережі  $P = 0,4$  МПа.

Нерівність  $k \cdot M_{cv} < M_{mp}$  виконується.

Механізм забезпечує силу затиску.

Висновки: висота заготовки еліптичного днища з розрахунку припусків становить 140 мм, тиск повітря у мережі приймаємо 0,4 МПа.

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

## Література

1. Справочник технолога-машиностроителя в 2-х томах. Под редакцией А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова. -4-е изд., перераб. и доп.- М.:Машиностроение,1985-1986.-823 с.
2. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков.
3. Станочные приспособления. т. 1 и 2. Под ред. Вардашкина,- М.:Машиностроение,1984.-728 с.
4. Кузнецов Ю. И. Станки с ЧПУ: Учеб. пособие.-К.: Выща шк., 1991.-278 с.
5. Общемашиностроительные нормативы времени и режимов резания для нормирования работ, выполняемых на универсальных и многоцелевых станках с числовым программным управлением. Часть II. Нормативы режимов резания, 1989.

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

## Вступ

Автоматизація хімічних виробничих процесів є одним з основних напрямків технологічного прогресу виробництва.

Автоматизована система керування механічними процесами сприяє підвищенню ефективності виробництва етиленгліколю.

В автоматизованих системах керування використовують всі сучасні методи керування механічними процесами. У керуванні дуже важливу роль грають питання збору і перетворення параметрів, що характеризують хід технологічного процесу.

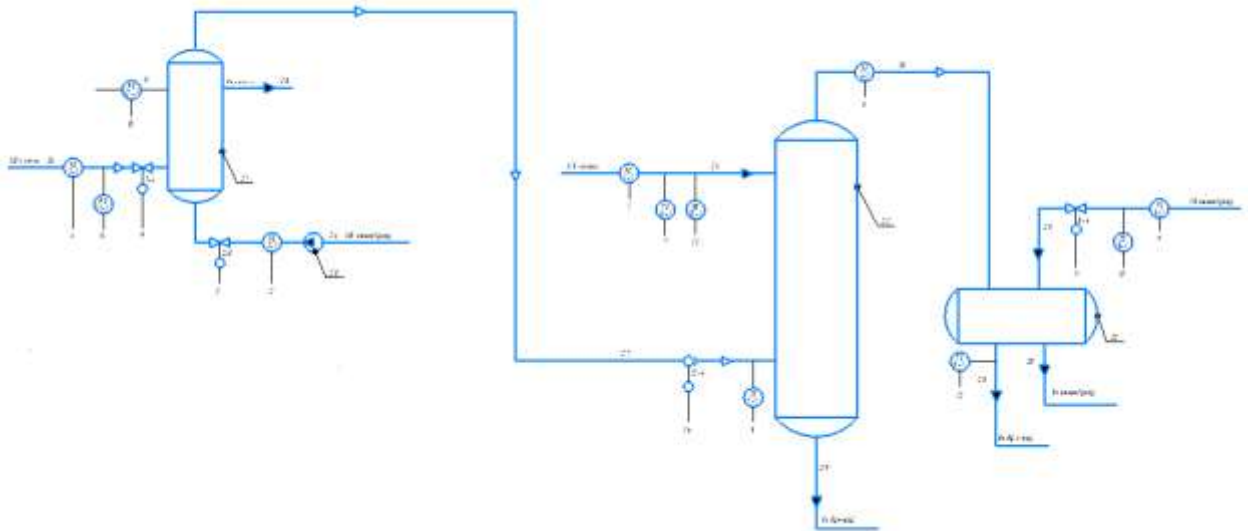
Автоматичний контроль полегшує працю оператора, але не вирішує до кінця проблему керування складними технологічними процесами. Тому все частіше використовуються системи автоматизації і ЕОМ.

Використання ЕОМ дозволяє здійснити оброблення інформації автоматичними пристроями зі швидкістю, яка набагато перевищує швидкість обробки інформації людиною.

					<b>ЛН81мп.066210.001 СхА</b>			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Король А. Ю.			Схема автоматизації виробництва етиленгліколю	Літ.	Лист	Листів
Перев.		Саонов А. Ю.						
Реценз.								
Н. Контр.								
Затв.								
						КПІ імені Ігоря Сікорського, ІХФ, МАХНВ		

## Б.1 Опис технологічного процесу

Технологічна схема процесу виробництва етиленгліколю зображено на рисунку Б.1



20 – насос; 21 – парогенератор; 22 – ректифікаційна колона;

24 – дефлегматор;

Рисунок Б.1 – Технологічна схема виробництва етиленгліколю

В парогенератор 21 подається суміш етиленгліколь-вода насосом 20, після цього пара рухається у ректифікаційну колону 22 в якій проходить процес розділення розчину. Якщо температура пари не задовольняє потреб, починається захльобування колони рідиною, з подальшою її зупинкою. Кубовий залишок як цільовий компонент надходить до збірника, а водяна пара йде на дефлегматор 24.

Основними аппаратами в розділення суміші є парогенератор та ректифікаційна колона.

## Б.2 Аналіз виробництва морської солі як об'єкта автоматизації

Процес автоматизації виробництва по даній схемі здійснюється шляхом контролю і регулювання параметрів.

					ЛН81МП.066613.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця Б.1. - Параметри контролю виробництва

№ п/п	Найменування стадії процесу (технологічний об'єкт), місце заміру параметра	Найменування параметра, що контролюється чи регулюється	Норми технологічного режиму та допустимі відхилення	Вимоги до схеми автоматизації (контроль, регулювання, сигналізація)
1	2	3	4	5
1	Витрата сировини на вході у парогенератор	Витрата	0,498 кг/с	Контроль
2	Витрата водяної пари на вході у парогенератор	Витрата	0,137 кг/с	Контроль
3	Витрата сировини на вході у верхню частину ректифікаційної колони	Витрата	0,7 кг/с	Контроль
4	Витрата сировини на вході у нижню частину ректифікаційної колони	Витрата	0,498 кг/с	Контроль
5	Витрата водяної на виході з ректифікаційної колони	Витрата	0,212 кг/с	Контроль
6	Температура водяної пари на вході в парогенератор	Температура	202,6°C	Контроль, регулювання
7	Температура суміші на вході у верхню частину ректифікаційної колону трубопровід	Температура	197,6 °C	Контроль, регулювання
8	Температура суміші на вході у нижню частину ректифікаційної колону трубопровід	Температура	20 °C	Контроль
9	Температура води на вході в дефлегматор трубопровід	Температура	110 °C	Контроль

Арк

ЛН81МП.066613.001 ПЗ

Зм Арк № докум. Підпис Дата

## **Б.3 Автоматизація технологічного процесу**

### **Б.3.1 Система автоматичного контролю**

В даному процесі автоматичному контролю підлягають такі параметри:

- витрата сировини на вході та виході з системи;
- температура сировини на виході з парогенератора;

Контури автоматичного контролю 7 – 8, температурами працюють таким чином: первинний вимірювач термоперетворювач опору, SITRANS TS500 формує сигнал, що поступає на автоматичний показовий і реєструвальний вторинний прилад із цифровою індикацією та неперервним записом в пам'ять. Завдяки цьому оператор може спостерігати за процесом в реальному часі.

Контури автоматичного контролю температури можуть різнитися лише первинним вимірюючим приладом, оскільки вигідно встановлювати термоперетворювач опору для необхідної температури.

### **Б.3.2 Система автоматичного регулювання**

Призначення системи автоматичного регулювання полягає в забезпеченні стабілізації процесу розділення суміші етиленгліколь-вода за рахунок витрати сировини на вході в систему та виході з неї, а також регулювання температури в парогенераторі. Інакше кажучи, ця система призначена для підтримки параметрів нормальної роботи системи розділення суміші етиленгліколь-вода. Обов'язковою умовою нормальної роботи системи є стабілізація вхідних параметрів. Для регулювання зазначених величин у системі застосовані регулятори температури парогенератора, а також регулятори забезпечення сировиною.

Система автоматичного регулювання налаштована так, що дія кожного регулятора з появою збурювання в попередній зоні зводиться до своєчасної

					ЛН81МП.066613.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

компенсації відхилення в процесі тільки до рівня, при якому істотно не порушується протікання процесу на наступній стадії.

Вимірювання витрати здійснюється у контурі 1,3,4 та 5 за допомогою сенсора витратоміра для вимірювання витрати сипких речовин SITRANS FCS300 (поз.1-1, 2-1, 3-1, 4-1, 5-1), після чого сигнал з сенсора потрапляє на модуль обробки витратоміра для вимірювання витрати SITRANS FCT030 (поз.1-2, 2-2, 3-2, 4-2, 5-2). Для того, щоб оператор знав яке значення витрати в даний момент, та для того, щоб знати статистику витрати за певний період сигнал подається на автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад із цифровою індикацією та неперервним записом в пам'ять (поз.1-3, 2-3, 3-3, 4-3). В контурі присутня кнопка S2F-I, призначена для ручного вмикання або вимикання живлення після аварійної зупинки чи технологічної чистки.

Схожим чином в системі працює контур регулювання температурою на виході з парогенератора - контур 12. Первинний вимірювач - термоперетворювач опору, SITRANS TS500 формує первинний сигнал. Сигнал потрапляє на автоматичний показувальний і реєструвальний вторинний прилад із цифровою індикацією та неперервним записом в пам'ять SITRANS RD100 (поз.5-6).

Отже, система автоматичного регулювання призначена для постійного регулювання розглянутих параметрів та стабілізації процесу без втручання оператора.

#### **Б.4 Специфікація засобів автоматизації**

Специфікація засобів автоматизації приведена в таблиці Б.2

#### **Висновок**

Рішення по автоматизації в даній схемі успішні, це практично дає можливість виключити людину з процесу виробництва. Потрібно тільки

					ЛН81МП.066613.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

присутність оператора, щоб слідкувати за процесом нагрівання по приладах, які вдало розміщені на пульті керування. Дане виробництво для людини є відносно безпечне, і тому в схемі увага захисту від шкідливих факторів приділено мало. Небезпеку являє тільки ураження струмом, але це питання досить успішно вирішено в схемі. Є перспектива модернізації і подальшого розвитку системи автоматизації даного технологічного процесу.

					ЛН81МП.066613.001 ПЗ	Арк
Зм	Арк	№ докум.	Підпис	Дата		

## Додаток В

### Програма параметричного розрахунку

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

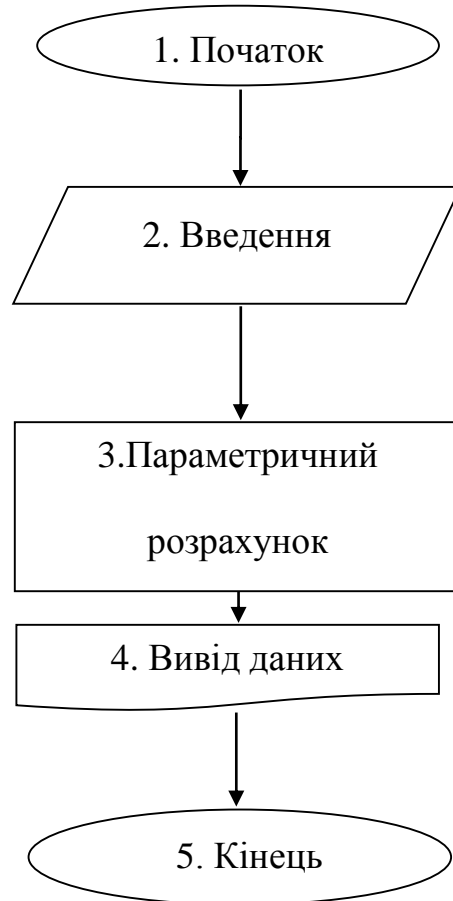


Рисунок В.1 – Блок – схема параметричного розрахунку

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця В.1 – Таблиця ідентифікаторів

Найменування	Ідентифікатор	Розмірність
Розрахунковий тиск	$p$	МПа
Внутрішній діаметр	$D$	м
Допустиме напруження	$\sigma$	МПа
Прибавка на корозію	$cd$	м
Технологічна прибавка	$ck$	м
Розрахункова товщина	$Sr$	м
Допустимий тиск	$Pd$	МПа
Начальна температура	$t1$	°C
Висота колони	$H_k$	м

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Програма параметричного розрахунку:

Дані

$$LF1 := 2520$$

$$xFi := 0.2$$

$$xPi := 0.955$$

$$xWi := 0.02$$

$$t1 := 21$$

$$t2 := 25$$

$$LF := \frac{LF1}{3600} = 0.7$$

$$LW := LF \cdot \frac{(xPi - xFi)}{(xPi - xWi)} = 0.5652$$

$$LP := LF - LW = 0.1348$$

Молярні маси компонентів

$$Mhk := 18.02$$

$$Mbk := 62.07$$

живлення

$$xF := \frac{\left(\frac{xFi}{Mhk}\right)}{\left(\frac{xFi}{Mhk}\right) + \left[\frac{(1 - xFi)}{Mbk}\right]} = 0.4627$$

дистилят

$$xP := \frac{\left(\frac{xPi}{Mhk}\right)}{\left(\frac{xPi}{Mhk}\right) + \left[\frac{(1 - xPi)}{Mbk}\right]} = 0.9865$$

кубовий залишок

$$xW := \frac{\left(\frac{xWi}{Mhk}\right)}{\left(\frac{xPi}{Mhk}\right) + \left[\frac{(1 - xWi)}{Mbk}\right]} = 0.01614$$

$$P2(T) := 10 \left( \frac{12.354 - 3462.27}{T} \right)$$

$$P2(197.6 + 273) = 99279.6365$$

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вода

$$P1(T) := 10^{\left(11.01 - \frac{2243.88}{T}\right)}$$

$$P1(100 + 273) = 98681.5415$$

$$T_w := 300$$

$$x_{Wi} = 0.02$$

$$T_w := \text{root}\left[10^5 - [P1(T) \cdot x_{Wi} + P2(T) \cdot (1 - x_{Wi})], T\right]$$

$$T_w = 462.169$$

$$462 - 273.15 = 188.85$$

$$T_f := 300$$

$$x_{Fi} = 0.2$$

$$T_f := \text{root}\left[10^5 - [P1(T) \cdot x_{Fi} + P2(T) \cdot (1 - x_{Fi})], T\right]$$

$$T_p := \text{root}\left[10^5 - [P1(T) \cdot x_{Pi} + P2(T) \cdot (1 - x_{Pi})], T\right]$$

$$T_f = 418.9468$$

$$T_p = 374.5883$$

$$T_f - 273.15 = 145.7968$$

$$T_p - 273.15 = 101.4383$$

Визначаємо температури кипіння суміші початкової концентрації

$$t_k := 145.8$$

$$T_k := t_k + 273.15 = 418.95$$

-----  
Температури кипіння чистих компонентів

$$t_{hk} := 100$$

$$t_{bk} := 197.6$$

$$Y_R(X) := \frac{X \cdot P1\left[\text{root}\left[10^5 - [P1(T) \cdot X + P2(T) \cdot (1 - X)], T\right]\right]}{10^5}$$

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мінімальне флегмове число

$$f := \frac{(xP - YR(xF))}{(YR(xF) - xF)} = 0.0137$$

Розраховуємо коефіцієнт активності

$$\lg \alpha := \frac{(tbk - thk) \cdot (3.9871 + 0.00194 \cdot Tk)}{Tk} = 1.1182$$

$$\alpha := 10^{0.228} = 1.6904$$

$$\alpha_w := 10^{\lg \alpha} = 13.1278$$

рівноважна концентрація НКК

$$yFzv := \alpha \cdot \frac{xF}{1 + (\alpha - 1) \cdot xF} = 0.9187$$

$$yFzv := YR(xF) = 0.9794$$

Флегмове число

$$Rmin := \frac{(xP - yFzv)}{yFzv - xF} = 0.0137$$

робоче

$$R := 1.3 \cdot Rmin + 0.3 = 0.3178$$

Рівняння робочих ліній  
для верхньої частини колони

$$coef1 := \frac{xP}{1 + R} = 0.7486$$

$$coef2 := \frac{R}{R + 1} = 0.2412$$

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$y_1 := 0.7294x_1 + 0.2674$$

для нижньої частини колони

$$u := \frac{R + f}{R + 1} = 0.2516 \quad i := \frac{(f - 1) \cdot x_W}{R + 1} = -0.0121$$

$$y_{11} := 1.097x_{11} - 0.0015$$

Витрати рідини в колоні

Молярна маса живлення

$$MF := x_F \cdot M_{hk} + (1 - x_F) \cdot M_{bk} = 41.6885$$

Середні концентрації рідини

для верхньої частини колони

$$x_{m1} := \frac{(x_F + x_P)}{2} = 0.7246$$

для нижньої

$$x_{m11} := \frac{(x_F + x_W)}{2} = 0.2394$$

-

Середні молярні маси рідини  
у верхній частині колони

$$M_{m1} := x_{m1} \cdot M_{hk} + (1 - x_{m1}) \cdot M_{bk} = 30.1515$$

в нижній частині колони

$$M_{m11} := x_{m11} \cdot M_{hk} + (1 - x_{m11}) \cdot M_{bk} = 51.5238$$

Середні масові витрати рідини

у верхній частині колони

$$L_1 := R \cdot LP \cdot \left( \frac{M_{m1}}{M_{hk}} \right) = 0.0717$$

в нижній частині колони

$$L_{11} := R \cdot LP \cdot \left( \frac{M_{m11}}{MF} \right) + LF \cdot \left( \frac{M_{m11}}{MF} \right) = 0.9181$$

Витрати пари в колоні

Середні концентрації пари

для верхньої частини колони

$$y_{m1} := 0.7294 \cdot x_{m1} + 0.2674 = 0.7959$$

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

для нижньої частини колони

$$y_{m11} := 1.096 \cdot x_{m11} - 0.0015 = 0.2609$$

Середні молярні маси пари розрах за формулою для верхньої частини колони

$$MG_{m1} := y_{m1} \cdot M_{hk} + (1 - y_{m1}) \cdot M_{bk} = 27.0096$$

для нижньої частини колони

$$MG_{m11} := y_{m11} \cdot M_{hk} + (1 - y_{m11}) \cdot M_{bk} = 50.5775$$

Середні масові потоки пари у верхній частині колони

$$G_1 := LP \cdot (R + 1) \cdot \left( \frac{MG_{m1}}{M_{hk}} \right) = 0.2662$$

у нижньої частини колони

$$G_{11} := LP \cdot (R + 1) \cdot \left( \frac{MG_{m11}}{M_{hk}} \right) = 0.4984$$

Визначення температурного режиму колони

$$y_P := 0.9877$$

$$t_{L1} := 101.43$$

$$t_{L11} := 188.85$$

для верхньої частини колони  $y_{m1}$

$$y_{m1} = 0.7959$$

$$t_{Gm1} := 101.43$$

для нижньої частини колони  $y_{m11}$

$$y_{m11} = 0.2609$$

$$t_{Gm11} := 188.85$$

Визначення теплофізичних властивостей рідини

Густина води

$$\rho_{Lm1} := 958$$

Густина етиленгліколю

$$\rho_{Lm11} := 1116.1$$

Вязкість води

$$\text{при } t_{L1} \quad \mu_{hk1} := 0.293$$

$$t_{L1} = 101.43$$

$$\text{при } t_{L11} \quad \mu_{hk11} := 0.170$$

$$t_{L11} = 188.85$$

Вязкість етиленгліколю

$$\text{при } t_{L1} \quad \mu_{bk1} := 15.7$$

$$\text{при } t_{L11} \quad \mu_{bk11} := 0.7$$

Вязкість суміші взаємонерозчинних рідин у верх і нижн частинах колони

для верхньої частини колони

					<b>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\mu_{L1} := 10^{x_{m1} \cdot \log(\mu_{hk1}) + (1-x_{m1}) \cdot \log(\mu_{bk1})} = 0.8771$$

для нижньої частини колони

$$\mu_{L11} := 10^{x_{m11} \cdot \log(\mu_{hk11}) + (1-x_{m11}) \cdot \log(\mu_{bk11})} = 0.4988$$

Визначення теплофізичних властивостей пари

Середня густина пари у верхній частині колони  $T_0 := 273.15$   $T_{Gm1} := t_{Gm1} + 273.15 = 374.58$   
 $T_{Gm11} := t_{Gm11} + 273.15 = 462$

$$\rho_{Gm1} := M_{Gm1} \cdot \frac{T_0}{22.4 \cdot T_{Gm1}} = 0.8793$$

у нижній частині колони

$$\rho_{Gm11} := M_{Gm11} \cdot \frac{T_0}{22.4 \cdot T_{Gm11}} = 1.335$$

Вязкість пари води

при  $t_{Gm1}$   $\mu_{Ghk1} := 12.28$   $t_{Gm1} = 101.43$

при  $t_{Gm11}$   $\mu_{Ghk11} := 12.5$   $t_{Gm11} = 188.85$

Вязкість пари етиленгліколю

при  $t_{Gm1}$   $\mu_{Gbk1} := 5.3$

при  $t_{Gm11}$   $\mu_{Gbk11} := 5.4$

Середня вязкість пари в колоні для верхньої частини

$$\mu_{Gm1} := \frac{M_{Gm1}}{\left( y_{m1} \cdot \frac{M_{hk}}{\mu_{Ghk1}} \right) + \frac{[(1-y_{m1}) \cdot M_{bk}]}{\mu_{Gbk1}}} = 7.5913$$

$$\mu_{Gm1} := 10.96 \cdot 10^{-3}$$

для нижньої частини

$$\mu_{Gm11} := \frac{M_{Gm11}}{\left( y_{m11} \cdot \frac{M_{hk}}{\mu_{Ghk11}} \right) + \frac{[(1-y_{m11}) \cdot M_{bk}]}{\mu_{Gbk11}}} = 5.701$$

$$\mu_{Gm11} := 9.29 \cdot 10^{-3}$$

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### Визначення діаметрів колони

Об'ємні витрати пари  
у верхній частині колони

$$V1 := \frac{G1}{\rho Gm1} = 0.3027$$

в нижній частині

$$V11 := \frac{G11}{\rho Gm11} = 0.3734$$

Вибираємо насадки

Приймаємо насадки у вигляді укладених рядами кільця керамічні щільноспечені з фарфорової маси (Рашига) за ГОСТ 17612-89 з умовними розмірами 80x80x8мм і такими параметрами :

питома поверхня насадок  $f_n := 68$

вільний об'єм  $V_f := 0.75$

Еквівалентний діаметр насадок

$$de := 4 \frac{V_f}{f_n} = 0.0441 \quad a1 := -0.125 - 1.75 \cdot \left( \frac{R}{R+1} \right)^{0.25} \cdot \left( \frac{\rho Gm1}{\rho Lm1} \right)^{0.125} = -0.6366$$

Оптимальна щільність зрошення насадок

$$U_{opt1} := 1.8 \cdot 10^{-5} \cdot f_n = 0.0012$$

Допоміжна величина

$$b1 := \rho Gm1 \cdot f_n \cdot \frac{(\mu L1)^{0.16}}{\rho Lm1 \cdot 9.81 \cdot V_f^3} = 0.0148$$

Швидкість пари у верхній частині колони

$$w01 := 10^{0.5 \cdot (a1 - \log(b1))} = 3.9539$$

Робоча швидкість пари у верхній частині колони

$$wG1 := 0.87 \cdot w01 = 3.4399$$

Розрахунковий діаметр верх частини колони

$$D1 := \sqrt{4 \frac{V1}{\pi \cdot wG1}} = 0.3347 \quad D1 := 0.4 \quad Dc1 := 0.4$$

...Перевіряємо співвідношення щільностей зрошення. Дійсна щільність зрошення.

$$\frac{U1}{U_{opt1}} = 1.6535 \quad U1 := 4 \cdot \frac{L1}{\pi \cdot Dc1^2 \cdot \rho Lm1} = 0.0006$$

									ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						



$$b1 := \frac{yP}{(\alpha - 1) \cdot R} = 0.2562$$

$$c1 := a1 + \sqrt{(a1)^2 - b1} = 1.0553$$

$$d1 := a1 - \sqrt{(a1)^2 - b1} = 0.2428 \quad \alpha1 := 1 + (\alpha - 1) \cdot \frac{(c1 - d1)}{1 + (\alpha - 1) \cdot d1} = 3.498$$

Теоретична кільк ступенів зміни концентрації для верхньої частини колони

$$NT1 := \frac{\log \left[ \left[ \frac{yP - d1}{c1 - yP} \right] \cdot \left[ \frac{(c1 - xF)}{xF - d1} \right] \right]}{\log(\alpha1)} = 2.7079$$

Розраховуємо допоміжні величини для формули

$$\varepsilon := \frac{(xF - xW)}{yP - xW} = 0.4596$$

$$R11 := - \left[ 1 + \left( \frac{\varepsilon}{1 - \varepsilon} \right) \cdot (1 + R) \right] = -2.1209$$

$$a11 := 0.5 \cdot \left[ 1 + \left[ \frac{\alpha}{(\alpha - 1) \cdot R11} \right] - \frac{xW}{R11} \right] = 0.2486$$

$$b11 := \frac{yP - 0.4}{(\alpha - 1) \cdot R11} = -0.0228$$

$$c11 := a11 + \sqrt{(a11)^2 - b11} = 0.5396$$

$$d11 := a11 - \sqrt{(a11)^2 - b11} = -0.0423$$

$$\alpha11 := 1 + (\alpha - 1) \cdot \frac{(c11 - d11)}{1 + (\alpha - 1) \cdot d11} = 15.5081$$

Теоретична кількість ступенів для зміни концентрації для нижньої частини колони

$$NT11 := \frac{\log \left[ \left[ \frac{(xF - d11)}{c11 - xF} \right] \cdot \left[ \frac{(c11 - xW)}{xW - d11} \right] \right]}{\log(\alpha11)} = 1.4861$$

Загальний коефіцієнт корисної дії тарілки за формулою:

$$\eta1 := 0.49 \cdot (\mu L1 \cdot \alpha)^{-0.245} = 0.2693$$

$$\mu L1 = 0.8771$$

для нижньої частини колони

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\eta_{11} := 0.49 \cdot (\mu L_{11} \cdot \alpha)^{-0.245} = 0.3092$$

Тоді дійсна кількість ступенів

для верхньої частини колони

$$N_1 := \frac{NT_1}{\eta_1} = 10.0562$$

для нижньої частини колони

$$N_{11} := \frac{NT_{11}}{\eta_{11}} = 4.8064$$

Визначення висоти колони

0	0.732	0.746	0	0.00796	1.672
1	0.754	0.731	1	0.081	1.516
2	0.78	0.714	2	0.154	1.381
3	0.806	0.698	3	0.227	1.263
4	0.832	0.682	4	0.3	1.16
5	0.858	0.667	5	0.373	1.069
6	0.884	0.652	6	0.446	0.988
7	0.91	0.638	7	0.519	0.916
8	0.936	0.624	8	0.592	0.852
9	0.962	0.61	9	0.665	0.794
10	0.988	0.597	10	0.732	0.746
Suma		7.359			12.357

$$m_1 := \frac{\alpha}{[1 + (\alpha - 1) \cdot xW]^2} = 9.1824$$

$$m_{11} := \frac{\alpha}{[1 + (\alpha - 1) \cdot xW]^2} = 9.1824$$

Допоміжна величина K  
для верхньої частини колони

$$K_1 := \frac{\left[ \log \left[ \frac{R}{(R+1) \cdot m_1} \right] \right]}{1 - \frac{[m_1 \cdot (R+1)]}{R}} = 0.0426$$

Для нижньої частини колони

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{11} := \frac{\left[ \log \left[ \frac{(R + f)}{(R + 1) \cdot m_{11}} \right] \right]}{1 - m_{11} \cdot \frac{(R + 1)}{R + f}} = 0.044$$

Критерій Рейнольдса парової фази  
для верхньої частини колони

$$Re_{1G} := 4 \cdot w_{c1} \cdot \frac{\rho_{Gm1}}{\mu_{Gm1} \cdot f_h \cdot 10^{-3}} = 11368.6719$$

$$Re_{11G} := 4 \cdot w_{c11} \cdot \frac{\rho_{Gm11}}{\mu_{Gm11} \cdot f_h \cdot 10^{-3}} = 25115.5631$$

Висота насадок визначаємо  
для верхньої частини колони

$$he_1 := 5.31 \cdot K_1 \cdot de \cdot Re_{1G}^{0.2} \cdot \left( \frac{G_1}{L_1} \right)^{0.342} \cdot \left( \frac{\rho_{Lm1}}{\rho_{Gm1}} \right)^{0.19} \cdot \left( \frac{\mu_{Gm1}}{\mu_{L1}} \right)^{0.038} = 0.3238$$

для нижньої частини колони

$$he_{11} := 5.31 \cdot K_{11} \cdot de \cdot Re_{11G}^{0.2} \cdot \left( \frac{G_{11}}{L_{11}} \right)^{0.342} \cdot \left( \frac{\rho_{Lm11}}{\rho_{Gm11}} \right)^{0.19} \cdot \left( \frac{\mu_{Gm11}}{\mu_{L11}} \right)^{0.038} = 0.1959$$

Розрахункова висота шару насадок

у верхній частині колони

$$H_{p1} := N_1 \cdot he_1 = 3.2561$$

в нижній частині колони

$$H_{p11} := N_{11} \cdot he_{11} = 0.9415$$

Максимальна висота шару насадок між перерозподільним тарілками одній секції  
верхньої частини колони

$$H_{11} := 3 \cdot D_{c1} = 1.2$$

нижньої частини колони

$$H_{11} := 3 \cdot D_{c1} = 1.2$$

Кількість секцій  
верхньої частини колони

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n1 := \left( 0.55 + \frac{Hp1}{H1} \right) = 3.2634$$

Для нижньої частини колони

$$n11 := \left( 0.55 + \frac{Hp11}{H11} \right) = 1.3346$$

$$n1 := 3$$

Загальна кількість секцій

$$n11 := 2$$

$$n := n1 + n11 = 5$$

Загальна висота шару насадок

$$Hh := n1 \cdot H1 + n11 \cdot H11 = 6$$

$$Dc1 = 0.4 \quad zb := 0.3$$

$$Dc11 = 0.4 \quad zh := 0.3$$

$$ht1 := 0.75 \cdot Dc1$$

$$ht11 := 0.75 \cdot Dc1$$

$$htF := 0.5$$

Тоді загальна висота колони

$$Hk := Hh + ht1 \cdot (n1 - 1) + ht11 \cdot (n11 - 1) + htF + zb + zh = 8$$

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Додаток Г

### Програма розрахунку технологічних штуцерів

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

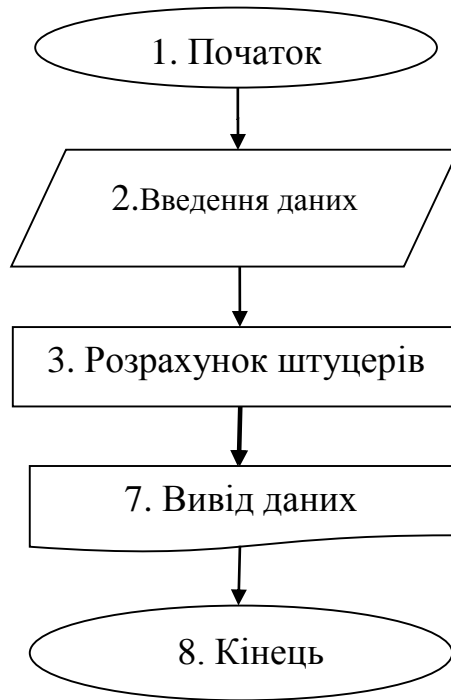


Рисунок Г.1 – Блок – схема розрахунку технологічних штуцерів

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця Г.1 – Таблиця ідентифікаторів

Найменування	Ідентифікатор	Розмірність
Розрахунковий тиск	$p$	МПа
Густина пари	$\rho_n$	кг/м <sup>3</sup>
Густина води	$\rho_p$	кг/м <sup>3</sup>
Діаметр 1 штуцера	d1	м
Діаметр 2 штуцера	d2	м
Діаметр 3 штуцера	d3	м
Діаметр 4 штуцера	d4	м
Діаметр 5 штуцера	d5	м

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Програма розрахунку штуцерів:

$$\begin{aligned}G_{n1} &:= 0.135 & G_{p1} &:= 0.043 \\G_{n11} &:= 0.498 & G_{p11} &:= 0.7 & G_{p111} &:= 0.538 \\W_n &:= 20 & W_p &:= 2 \\ \rho_n &:= 0.732 & \rho_p &:= 942.5\end{aligned}$$

Визначення діаметра штуцера для входу вихідної суміші:

$$\rho_{cm} := 1116$$

$$d_1 := \sqrt{4 \frac{G_{p11}}{\pi \rho_{cm} \cdot W_p}} = 0.02$$

Приймаємо стандартний штуцер за [10]:  $d_1 = 20$  мм.

Визначення діаметра штуцера для виходу парі в дистилляту:

Приймаємо  $w=20$ м/с

$$d_2 := \sqrt{4 \frac{G_{n1}}{\pi \cdot \rho_n \cdot W_n}} = 0.108$$

Приймаємо стандартний штуцер за [10]:  $d_2=125$  мм.

Визначення діаметра штуцера для подачі зрошення:

Приймаємо  $w=1.5$ м/с

$$d_3 := \sqrt{4 \frac{G_{p1}}{\pi \rho_p \cdot 1.5}} = 6.223 \times 10^{-3}$$

Приймаємо стандартний штуцер за [10]:  $d_3 = 10$  мм.

Визначення діаметра штуцера для виходу кубової рідини:

-----  
Приймаємо  $w=0.5$ м/с

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

$$d_4 := \sqrt[4]{\frac{Gp111}{\pi \cdot 1055 \cdot 0.5}} = 0.036$$

$$Gp111 = 0.538$$

Приймаємо стандартний штуцер за [10]:  $d_4 = 50$  мм.

Визначення діаметра штуцера для повернення парів кубової рідини:  
Приймаємо  $w=20$  м/с

$$d_5 := \sqrt[4]{\frac{Gn11}{\pi \cdot \rho n \cdot Wn}} = 0.208$$

$$Wn = 20$$

$$\rho n = 0.732$$

Приймаємо стандартний штуцер за [10]:  $d_5 = 250$  мм.

Висновок: за розрахунками було обрано штуцери, які забезпечать

необхідні швидкості руху теплоносів

					<i>ЛН81мп.066210.001 ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## Додаток Д

### Програма розрахунку гідравлічного опору

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

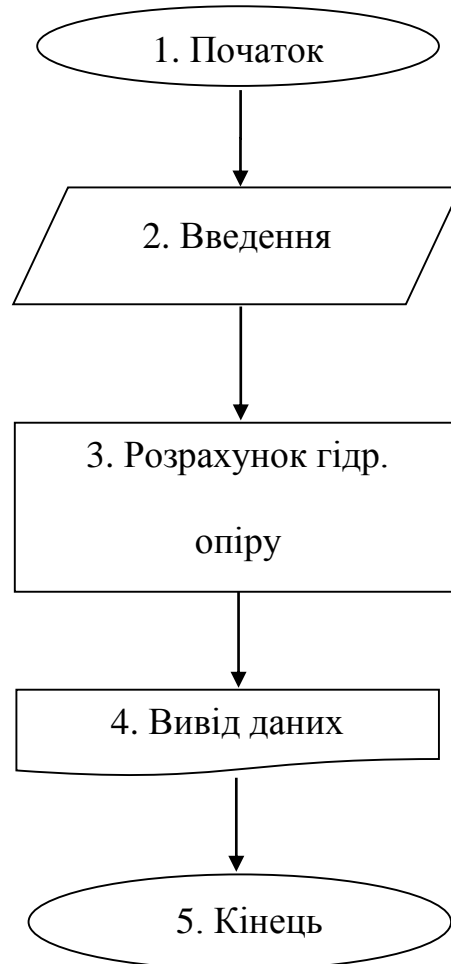


Рисунок Д.1 – Блок – схема розрахунку гідравлічного опору

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця Д.1 – Таблиця ідентифікаторів

Найменування	Ідентифікатор	Розмірність
Загальний гідравлічний опір	$\Delta p_k$	Па
Внутрішній діаметр	D	м
Швидкість пари у верхн колоні	wc1	м/с
Швидкість пари у нижн колоні	wc2	м/с

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Програма розрахунку гідравлічного опору:

Розрахунок гідравлічних опорів

$$w_{c1} := 3.95$$

$$w_{c11} := 2.18$$

$$V_f := 0.75$$

$$d_e := 0.0441$$

$$\rho_{Gm1} := 0.7319 \quad Re1G := 12759.8007$$

$$\rho_{Gm11} := 1.3725 \quad Re11G := 18403.6214$$

Дійсна швидкість пара  
у верхній частині колони

$$w_{p1} := \frac{w_{c1}}{V_f} = 5.267$$

у нижній частині колони

$$w_{p11} := \frac{w_{c11}}{V_f} = 2.907$$

Коефіцієнт опору складає  
для верхньої частини колони

$$\lambda_1 := \frac{9.21}{(Re1G)^{0.375}} = 0.266$$

для нижньої

$$\lambda_{11} := \frac{9.21}{(Re11G)^{0.375}} = 0.232$$

Гідравлічний опір складає

для верхн

$$\Delta p_{c1} := \left( \lambda_1 \cdot \frac{42}{d_e} \right) \cdot \rho_{Gm1} \cdot \frac{w_{p1}^2}{2} = 2569.64$$

$$\Delta p_{c11} := \left( \lambda_{11} \cdot \frac{24}{d_e} \right) \cdot \rho_{Gm1} \cdot \frac{w_{p11}^2}{2} = 447.253$$

Гідравлічний опір зрошених насадок

$$\Delta p_{zp1} := \Delta p_{c1} \cdot (1 + 0.04 \cdot U_1) = 2569.835$$

$$\Delta p_{zp11} := \Delta p_{c11} \cdot (1 + 0.04 \cdot U_{11}) = 447.299$$

Загальний гідравлічний опір зрошених насадок

$$\Delta p_k := \Delta p_{zp1} + \Delta p_{zp11} = 3017.135$$

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Додаток Е

### Програма розрахунку товщини стінки еліптичного днища

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

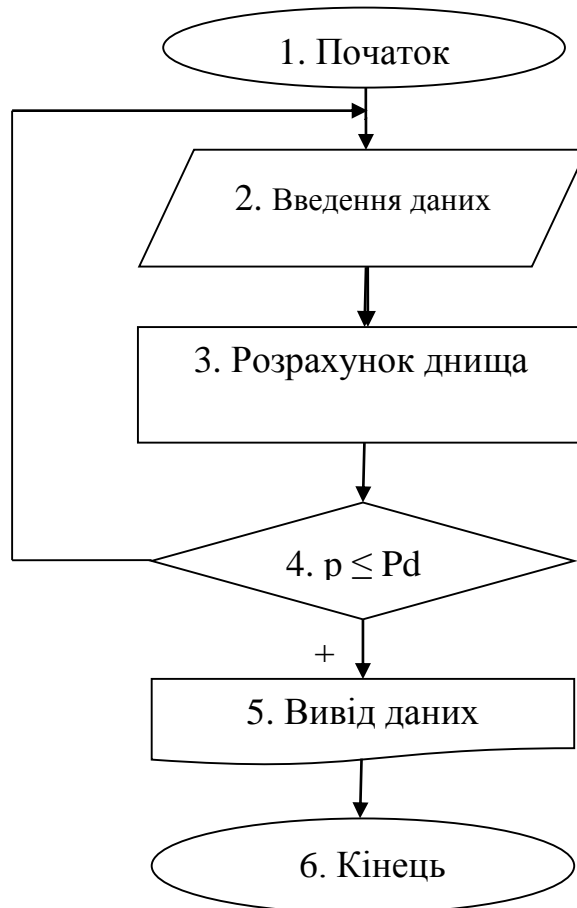


Рисунок Е.1 – Блок – схема розрахунку товщини стінки еліптичного днища

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця Е.1 – Таблиця ідентифікаторів

Найменування	Ідентифікатор	Розмірність
Розрахунковий тиск	$p$	МПа
Внутрішній діаметр	$D$	м
Допустиме напруження	$\sigma$	МПа
Прибавка на корозію	$cd$	м
Технологічна прибавка	$ck$	м
Розрахункова товщина	$S_r$	м
Прийнята товщина	$S$	м
Допустимий тиск	$P_d$	МПа

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Програма розрахунку барабана сушарки:

† Raschet elipt dnisha

Матеріал

08X18H10T

$$P := 0.15 \times 10^6 \quad D := 0.4 \quad S := 140 \quad g := 9.81$$

$$ro := 1048$$

$$\text{Sigma} := 140 \quad f := 0.9$$

Товщина стінки

$$Sr := 1.1 \cdot \frac{D}{2 \cdot \text{Sigma} \cdot f - 1.1 \cdot 0.5} = 1.75 \times 10^{-3}$$

$$C1 := 0.5 \quad C2 := 1 \quad C3 := 0$$

$$C := C1 + C2 + C3 = 1.5$$

$$S := Sr \cdot 10^3 + C = 3.25$$

Беремо  $S := 6$

Висота еліптичної частини днища

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

$$R := \frac{D^2}{4 \cdot H} = 0.4$$

Перевірка на допустимий тиск

$$P_{\text{dop}} := \frac{\left[ 2 \cdot \left[ \left( \frac{S}{10^3} \right) - \left( \frac{C}{10^3} \right) \right] \cdot \text{Sigma} \cdot f \right]}{R + 0.5 \cdot \left[ \left( \frac{S}{10^3} \right) - \left( \frac{C}{10^3} \right) \right]} = 2.819$$

Висновок. Умова міцності виконується, товщина стінки еліптичного днища обираємо 6 мм.

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Додаток Є

### Програма розрахунку товщини стінки циліндричної обичайки

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



Рисунок Є.1 – Блок – схема розрахунку товщини стінки циліндричної обичайки

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця Є.1 – Таблиця ідентифікаторів

Найменування	Ідентифікатор	Розмірність
Розрахунковий тиск	$p$	МПа
Внутрішній діаметр	$D$	м
Допустиме напруження	$\sigma_{доп}$	МПа
Прибавка на корозію	$cd$	м
Технологічна прибавка	$ck$	м
Розрахункова товщина	$S_r$	м
Прийнята товщина	$S$	м
Допустимий тиск	$P_d$	МПа

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Програма розрахунку товщини стінки циліндричної обичайки:

$$P := (0.15 \cdot 10^6) \cdot 15 \quad D := 0.4$$

$$r_0 := 1048$$

$$H := 8$$

$$g := 9.81$$

$$\text{Sigma} := 140$$

Умова

$$r_0 \cdot g \cdot \frac{H}{P} = 0.037$$

$$Pr := P + r_0 \cdot g \cdot H = 2.332 \times 10^6$$

$$n := 1$$

$$\text{Sigma}_{\text{доп}} := n \cdot \text{Sigma} = 140$$

$$f := 0.9$$

$$Sr := 1.1 \cdot \frac{D}{2 \cdot \text{Sigma}_{\text{доп}} \cdot f - 1.1} = 1.754 \times 10^{-3}$$

Виконавча товщина стінки

$$C1 := 0.5$$

$$C2 := 1.1$$

$$C3 := 0$$

$$S := Sr \cdot 10^3 + C1 + C2 + C3 = 3.354$$

$$C := 1.6$$

Беремо  $S := 6$

$$p_{\text{доп}} := 2 \cdot \text{Sigma} \cdot f \cdot \frac{\left( \frac{S}{10^3} - \frac{C}{10^3} \right)}{D + \frac{S}{10^3} - \frac{C}{10^3}} = 2.742$$

Умова міцності

$$p \leq p_{\text{доп}}$$

$$0.15 \leq 2.742$$

Висновок: Умова міцності виконується, отже вибрана товщина стінки 0.014м обичайки, яка забезпечує міцність апарата.

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Додаток Ж

### Програма розрахунку фланцевого з'єднання

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

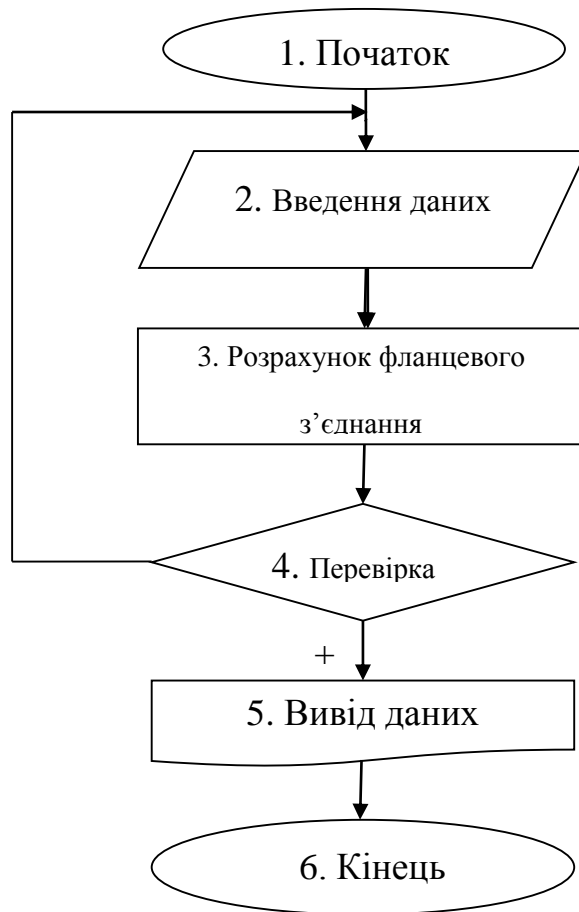


Рисунок Ж.1 – Блок – схема розрахунку фланцевого з'єднання

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця Ж.1 – Таблиця ідентифікаторів

Найменування	Ідентифікатор	Розмірність
Розрахунковий тиск	p	МПа
Діаметр фланця	Df	м
Діаметр колони	D	м
Кількість болтів	Zb	-
Технологічна прибавка	ck	м
Розрахункова товщина	Sr	м
Прийнята товщина	S	м
Допустимий тиск	Pd	МПа

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Програма розрахунку фланцевого з'єднання:

$$\beta := 1 \quad b := 0.025 \quad D_{\text{п}} := 0.444 \quad D := 0.4 \quad D_{\phi} := 0.520 \quad h_{\phi 1} := 0.067$$

$$h_{\phi 2} := 0.065$$

Розрахунок допоміжних величин

$$S_0 := 0.0012 \quad E_{\phi 1} := 1.96 \cdot 10^5$$

$$p := 1.1$$

$$E_{\phi 2} := E_{\phi 1}$$

$$P := 0.1$$

$$D_{\text{сп}} := D_{\text{п}} - b = 0.419$$

$$b_e := 0.5 \cdot b = 0.0125$$

$$K_{\phi} := \frac{D_{\phi}}{D} = 1.3$$

$$\lambda_{\phi 1} := \frac{h_{\phi 1}}{\sqrt{D \cdot S_0}} = 3.05812$$

$$\lambda_{\phi 2} := \frac{h_{\phi 2}}{\sqrt{D \cdot S_0}} = 2.96683$$

$$\Psi_{1\phi} := 1.28 \cdot \log(K_{\phi}) = 0.14585$$

$$\Psi_{2\phi} := \frac{(K_{\phi} + 1)}{(K_{\phi} - 1)} = 7.66667$$

$$\Psi_3 := 1$$

$$j_{\phi 1} := \frac{h_{\phi 1}}{S_0} = 55.83333$$

$$j_{\phi 2} := \frac{h_{\phi 2}}{S_0} = 54.16667$$

$$T_{\phi} := \frac{K_{\phi}^2 \cdot (1 + 8.55 \cdot \log(K_{\phi})) - 1}{(1.05 + 1.945 \cdot K_{\phi}^2) \cdot (K_{\phi} - 1)} = 1.79571$$

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\omega\phi1 := \left[ 1 + 0.9 \cdot \lambda\phi1 \cdot \left( 1 + \Psi1\phi \cdot j\phi1^2 \right) \right]^{-1} = 0.0008$$

$$\omega\phi2 := \left[ 1 + 0.9 \cdot \lambda\phi2 \cdot \left( 1 + \Psi1\phi \cdot j\phi2^2 \right) \right]^{-1} = 0.00087$$

$$y\phi1 := \frac{[1 - \omega\phi1 \cdot (1 + 0.9 \cdot \lambda\phi1)] \cdot \Psi2\phi}{h\phi1^3 \cdot E\phi1} = 0.12967$$

$$y\phi2 := \frac{[1 - \omega\phi2 \cdot (1 + 0.9 \cdot \lambda\phi2)] \cdot \Psi2\phi}{h\phi2^3 \cdot E\phi2} = 0.14198$$

$$h := 0.002 \quad dB := 0.024 \quad EB := 1.96 \cdot 10^5 \quad ZB := 16 \quad DB := 0.480$$

$$LB := h\phi1 + h\phi2 + h + 0.28 \cdot dB = 0.14072$$

$$En := 2000$$

$$yn := \frac{h}{(\pi \cdot Dcn \cdot b \cdot En)} = 0.00003$$

$$d0 := 2.1 \cdot 10^{-2}$$

$$fB := 0.785 \cdot d0^2 = 0.00035$$

$$yB := \frac{LB}{(EB \cdot fB \cdot ZB)} = 0.00013$$

$$A\phi := [yn + yB + 0.25 \cdot (y\phi1 + y\phi2) \cdot (DB - Dcn)]^{-1} = 232.41976$$

$$B\phi1 := y\phi1 \cdot (DB - D - S0) = 0.01022$$

$$B\phi2 := y\phi2 \cdot (DB - D - S0) = 0.01119$$

$$\gamma := A\phi \cdot yB = 0.03013$$

$$\alpha\phi := A\phi \cdot [yB + 0.25 \cdot (B\phi1 + B\phi2) \cdot (DB - Dcn)] = 0.106$$

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок болтів фланцевого з'єднання

$$m := 2.5 \quad q := 20 \quad t\phi := 110 \quad t\delta := t\phi \cdot 0.97 = 106.7$$

$$Q_d := 0.785 \cdot D_{сп}^2 \cdot p = 0.1516$$

$$R_n := 2 \cdot \pi \cdot D_{сп} \cdot b_e \cdot m \cdot p = 0.0905$$

$$\alpha_{\phi t} := 15.9 \cdot 10^{-6} \quad \alpha_{\delta t} := 17 \cdot 10^{-6} \quad \sigma_{\delta d} := 230$$

$$Q_{t\phi} := \gamma \cdot Z_B \cdot f_B \cdot E_B \cdot (\alpha_{\phi t} \cdot t\phi - \alpha_{\delta t} \cdot t\delta)$$

$$\gamma \cdot Z_B \cdot f_B \cdot E_B \cdot (\alpha_{\phi t} \cdot t\phi - \alpha_{\delta t} \cdot t\delta) = -0.00212 \quad \bullet < \bullet \quad 0$$

$$Q_{t\phi} := 0$$

Навантаження на болти

$$P_{B11} := \pi \cdot D_{сп} \cdot b_e \cdot q = 0.32908$$

$$P_{B21} := \alpha_{\phi} \cdot (Q_d + P) + R_n + 0 = 0.11717$$

$$P_{B31} := 0.4 \cdot \sigma_{\delta d} \cdot Z_B \cdot f_B = 0.50958$$

$$P_{B1} := P_{B31} = 0.50958$$

$$\frac{P_{B1}}{\pi \cdot D_{сп} \cdot b} = 15.48503 \quad \bullet \leq \bullet \quad q_d := 130$$

$$P_{B2} := P_{B1} + (1 - \alpha_{\phi}) \cdot (Q_d + P) + Q_{t\phi} = 0.73451$$

$$\sigma_{\delta t} := 227$$

$$\sigma_{\delta t} \cdot Z_B \cdot f_B + \gamma \cdot Z_B \cdot f_B \cdot E_B = 33.96345 \quad \bullet > \bullet \quad P_{B2} = 0.73451$$

$$P_{B\phi} := P_{B2} = 0.73451$$

$$\sigma_{B20} := \frac{P_{B1}}{Z_B \cdot f_B} = 92$$

$$f_1 := 0.1$$

$$\sigma_{Bt} := \frac{P_{B2}}{Z_B \cdot f_B} = 132.60848$$

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



$$\sigma_{y\phi 2} := \sigma_{y\phi 1} = 10$$

$$\sigma_{x\phi 2} := \sigma_{x\phi 1} = 20$$

$$\varphi := 1 \quad E\phi 1t := 1.96 \cdot 10^5$$

$$\sigma_{d\phi 1S0} := 0.003 \cdot E\phi 1t = 588$$

$$\sigma_{d\phi 2S0} := \sigma_{d\phi 1S0} = 588$$

$$\sigma_{E\phi 1} := \sqrt{(\sigma_{o\phi 1} + \sigma_{y\phi 1})^2 + \sigma_{x\phi 1}^2} - (\sigma_{o\phi 1} + \sigma_{y\phi 1}) \cdot \sigma_{x\phi 1} = 17.337 \quad \bullet \leq \bullet \quad \sigma_{d\phi 1S0} \cdot \varphi = 588$$

$$\sigma_{E\phi 2} := \sqrt{(\sigma_{o\phi 2} + \sigma_{y\phi 2})^2 + \sigma_{x\phi 2}^2} - (\sigma_{o\phi 2} + \sigma_{y\phi 2}) \cdot \sigma_{x\phi 2} = 17.34028 \quad \bullet \leq \bullet \quad \sigma_{d\phi 2S0} \cdot \varphi = 588$$

$$\frac{\sigma_{k\phi 1} \cdot D}{E\phi 1 \cdot h\phi 1} = 0.00102 \quad \bullet \leq \bullet \quad \theta_d := 0.009$$

$$\frac{\sigma_{k\phi 2} \cdot D}{E\phi 2 \cdot h\phi 2} = 0.00113 \quad \bullet \leq \bullet \quad \theta_d := 0.009$$

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**Додаток 3**  
**Програма розрахунку опори**

На рисунку 3.1 зображено блок – схему до розрахунку.

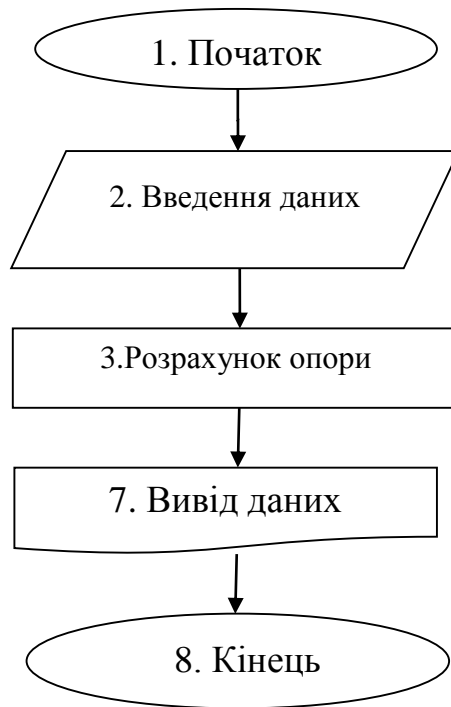


Рисунок 3.1 – Блок – схема розрахунку опори

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1 – Таблиця ідентифікаторів

Найменування	Ідентифікатор	Розмірність
Розрахунковий тиск	$p$	МПа
Внутрішній діаметр	$D$	м
Маса фланця	$M_{фл}$	МПа
Висота колони	$H$	м
Товщина стінки	$S$	м
Густина	$\rho_0$	кг/м <sup>3</sup>
Допустимий тиск	$P_d$	МПа

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Програма розрахунку опори:

$$\begin{aligned} D &:= 0.4 & M_{\text{фл}} &:= 150 \\ S_{\text{кк}} &:= 0.006 & r_{\text{окорп}} &:= 7850 \\ H_{\text{кк}} &:= 8 & V_{\text{дн}} &:= 0.13 & g_{\text{кк}} &:= 9.81 \\ & & r_0 &:= 740 \end{aligned}$$

$$M_k := H \cdot \pi \cdot D \cdot S \cdot r_{\text{окорп}} = 473.501$$

$$M_{\text{дн}} := V_{\text{дн}} \cdot r_{\text{окорп}} = 1020.5$$

$$M_{\text{кр}} := M_{\text{дн}} = 1020.5$$

Маса води в колоні

$$M_v := \left[ \pi \cdot \left( \frac{D}{2} \right)^2 \cdot H \cdot 1000 \right] \cdot 0.4 = 402.124$$

Маса апарату

$$M := M_{\text{фл}} + M_k + 2 \cdot M_{\text{кр}} + M_v = 3066.625$$

Навантаження на опори

$$Q := M \cdot g = 30083.588$$

Приймаємо опору по ГОСТ26-467-78

$$Q_{\text{max}} := 0.63 \text{ МН}$$

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Додаток И

### Документація патентного дослідження

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

РЕГЛАМЕНТ ПОШУКУ № ЛН81мп.066210РП

Найменування теми Ректифікаційна колона шифр теми ЛН81мп.066210

Етап Проектування апарата та його основних частин

Номер, дата завдання на проведення патентних досліджень

ЛН81мп.066210

Обґрунтування регламенту пошуку.

Предмет пошуку: - ректифікаційна колона (Об'єктом пошуку є винаходи та корисні моделі) .

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

Визначення держав пошуку. Встановлюємо такі держави пошуку: Україна, США, Китай, Росія.

Ретроспективність. Термін дії патенту на винахід в Україні – 2 роки, на корисну модель - 2 роки, тому регламент пошуку встановлюємо такий: 2018-2019.

Класифікаційні індекси. Міжнародна патентна класифікація: МПК В01D 3/003 , В01J 19/32, В01D 3/00

Уніфікована десяткова класифікація УДК 664.3.

Джерела інформації. 1) Патентна інформація: описи до винаходів, офіційні бюлетені Укрпатенту; 2) Науково-технічна інформація: монографії з тепломасообмінних процесів, підручники й навчальні посібники з курсу процесів та апаратів хімічних технологій .

Початок пошуку 01.01.2018 Закінчення пошуку 01.09.2019.

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

Довідка про пошук № ЛН81мп.066210ДП

Завдання на проведення патентних досліджень ЛН81мп.066210.000

(номер, дата)

Етап - Проектування апарата та його складових частин.

Номер, дата, завдання на проведення патентних досліджень

ЛН81мп.05.12.2019

Номер, дата регламенту пошуку ЛН81мп.066210РП 05.12.2019

Початок пошуку 01.01.2018 Закінчення пошуку 01.09.2019.

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1 – Регламент пошуку (форма А.1 згідно ДСТУ 3575-97)

Предмет пошуку (ОГД, його складові частини)	Мета пошуку інформації	Держава пошуку	Класифікаційні індекси МПК, НПК, МКПЗ, МКТЦ,	Ретро-спективність пошуку	Джерела інформації
Ректифікаційна колона	Визначення патентно-здатності проектового апарата й тенденції розвитку цього напрямку в техніці	Україна, США, Росія	<u>МПК</u> <u>B01D 3/003</u> , <u>B01J 19/32</u> , <u>B01D 3/32</u> <u>B01D 3/00</u>	2018-2019	А. Г. Касаткин Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 1973. 756 с Процеси та обладнання хімічної технології: 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.

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Таблиця 3.3 – Винаходи, що відібрані для аналізу.

Назва апарата	<i>Документи на об'єкти промислової власності</i>	
	Бібліографічні дані	Відомості щодо дії
1	2	3
Насадковий масообмінний апарат	Патент UA 132434 Насадковий масообмінний апарат Камінський Всеволод Сергійович, Гулієнко Сергій Валерійович. Оpubліковано 25.02.2019, Бюл.№ 4, 2019 р.	Діє
Ректифікаційна колона	Патент RU 2667286 Ректифікаційна колона. Малыхин Никита Вячеславович. Оpubліковано 18.09.2018, Бюл № 16, 2018р.	Діє
Ректифікаційна колона	Патент UA 124246 Ректифікаційна колона. Нурадінов Ібрагім Абдійович, Степанюк Андрій Романович. Оpubліковано 26.03.2018, Бюл № 6, 2018р.	Діє
Distillation column	Patent USA 2019/0292501 A1. Kris A. Berglund, Jacob Rochte Date of publication. Sep.26, 2019	Діє
Distillation column	Patent KR 20190086944A Korea, Hanwha Date of publication. 10, 2019	Діє

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

РЕГЛАМЕНТ ПОШУКУ № ЛН81мп.066210РП

Найменування теми Виносний кип'ятильник шифр теми ЛН81мп.066210

Етап Проектування апарата та його основних частин

Номер, дата завдання на проведення патентних досліджень

ЛН81мп.066210

Обґрунтування регламенту пошуку.

Предмет пошуку: - Виносний Кипятильник (Об'єктом пошуку є винаходи та корисні моделі) .

Мета пошуку інформації – визначення патентної ситуації щодо масообмінних апаратів (визначення патентноздатності спроектованого апарату і визначення тенденцій розвитку даного напрямку в техніці).

Визначення держав пошуку. Встановлюємо такі держави пошуку: Україна, США, Китай, Корея, Росія.

Ретроспективність. Термін дії патенту на винахід в Україні – 2 роки, на корисну модель - 2 роки, тому регламент пошуку встановлюємо такий: 2018-2019.

Класифікаційні індекси. Міжнародна патентна класифікація: МПК В01D 53/18 , В04D 53/62, В01D 3/16

Уніфікована десяткова класифікація УДК 665.047.57.

Джерела інформації. 1) Патентна інформація: описи до винаходів, офіційні бюлетені Укрпатенту; 2) Науково-технічна інформація: монографії з тепломасообмінних процесів, підручники й навчальні посібники з курсу процесів та апаратів хімічних технологій .

Початок пошуку 01.01.2018 Закінчення пошуку 01.09.2019.

Довідка про пошук № ЛН81мп.066210ДП

Завдання на проведення патентних досліджень ЛН81мп.066210.000

(номер, дата)

Етап - Проектування апарата та його складових частин.

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

Номер, дата, завдання на проведення патентних досліджень

ЛН81мп.05.12.2019

Номер, дата регламенту пошуку ЛН81мп.066210РП 05.12.2019

Початок пошуку 01.01.2018 Закінчення пошуку 01.09.2019.

Таблиця 3.4 – Регламент пошуку (форма А.1 згідно ДСТУ 3575-97)

Предмет пошуку (ОГД, його складові частини)	Мета пошуку інформації	Держава пошуку	Класифікаційні індекси МПК, НПК, МКПЗ, МКТП, УДК	Ретро-спективність пошуку	Джерела інформації
Барабанна сушарка	Визначення патентно-здатності проектового апарата й тенденції розвитку цього напрямку в техніці	Україна, США, Китай, Корея	<u>МПК</u> <u>B01D 53/18</u> <u>, B01D 53/62,</u> <u>B01D 3/16</u>  <u>УДК</u> <u>667.047.57.</u>	2018-2019	А. Г. Касаткин Основные процессы и аппараты химической технологии. М.: Химия, 1973. 756 с Процеси та обладнання хімічної технології: 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.

ЛН81мп.066210.001 ПЗ

Арк.

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата



Таблиця 3.6 – Винаходи, що відібрані для аналізу.

Назва апарата	<i>Документи на об'єкти промислової власності</i>	
	Бібліографічні дані	Відомості щодо дії
1	2	3
Парогенератор	Патент RU 2700702 C1 Парогенератор. Черниченко Владимир Викторович. Опубликовано 19.09.2019, Бюл.№ 26, 2019 р.	Діє
Прямоточный электрический парогенератор	Патент RU 184808 U1 Прямоточный электрический парогенератор. Фазлыев Айрат Альбертович, Шипилов Владимир Михайлович. Опубликовано 12.11.2018, Бюл.№ 32, 2018 р	Діє
Парогенератор	Патент RU 188608 U1 Парогенератор. Морозов Владимир Васильевич, Максимов Николай Михайлович. Опубликовано 17.04.2019, Бюл.№ 11, 2019 р	Діє
Vertical steam generator	Patent CN 208920032 U. Liu Liang. China. Date of publication. 31.05.2019	Діє
High-temperature slag waste heat recovery steam generator	Patent CN 208457928 U. China. Guangxi Zhiyuan Energy Saving and Environmental Protection Equipment Co., Ltd. Date of publication. Jan.21, 2019.	Діє

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# Додаток I

## Патенти, які використані в патентному дослідженні

### Патент №1



МІНІСТЕРСТВО  
ЕКОНОМІЧНОГО  
РОЗВИТКУ І ТОРГІВЛІ  
УКРАЇНИ

УКРАЇНА

(19) UA

(11) 132434

(13) U

(51) МПК

B01J 19/32 (2006.01)

#### (12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

(21) Номер заявки: <b>u 2018 09718</b>	(72) Винахідник(и): Камінський Всеволод Сергійович (UA), Гулієнко Сергій Валерійович (UA)
(22) Дата подання заявки: <b>28.09.2018</b>	(73) Власник(и): Камінський Всеволод Сергійович, вул. Волгоградська, 41, кв. 69, м. Київ-214, 03141 (UA), Гулієнко Сергій Валерійович, просп. Оболонський, 36, кв. 181, м. Київ- 214, 04214 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>25.02.2019</b>	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>25.02.2019, Бюл.№ 4</b>	

#### (54) НАСАДКОВИЙ МАСООБМІННИЙ АПАРАТ

##### (57) Реферат:

Насадковий масообмінний апарат містить корпус, розподільник рідини, штуцер для відведення рідини, штуцер для введення і відведення газу, заповнений насадкою, що складається з вертикально підвішених ланцюгів, розміщених концентрично. Ланцюги з'єднані між собою поперечними ланками.

UA 132434 U

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		







US 20190292501A1

(19) **United States**

(12) **Patent Application Publication**

(10) **Pub. No.: US 2019/0292501 A1**

**Berglund et al.**

(43) **Pub. Date:**

**Sep. 26, 2019**

(54) **REACTIVE DISTILLATION IN BEVERAGE SPIRIT PRODUCTION**

(52) **U.S. CL.**

CPC *C12G 3/08* (2013.01); *C12G 3/02* (2013.01)

(71) Applicant: **BOARD OF TRUSTEES OF MICHIGAN STATE UNIVERSITY,**  
East Lansing, MI (US)

(57) **ABSTRACT**

(72) Inventors: **Kris A. Berglund,** Okemos, MI (US);  
**Jacob Rochte,** Lansing, MI (US)

The disclosure relates to a reactive distillation method for beverage spirit production, the method comprising. An initial reaction mixture includes water, ethanol, and a carboxylic acid, for example having 3 or more carbon atoms. The reaction mixture is reactively distilled in the presence of an esterification catalyst to react a portion of the ethanol and the carboxylic acid to form an ethyl carboxylate reaction product, and form a distillation product or distillate including water, ethanol, and the ethyl carboxylate. The esterification catalyst is not present in the distillation product, for example when using a solid acid esterification catalyst in the reaction mixture. In a refinement, ethanol and the carboxylic acid can be co-fermented in an initial grain mixture, which is subsequently reactively distilled according to the disclosed method.

(21) Appl. No.: **16/361,677**

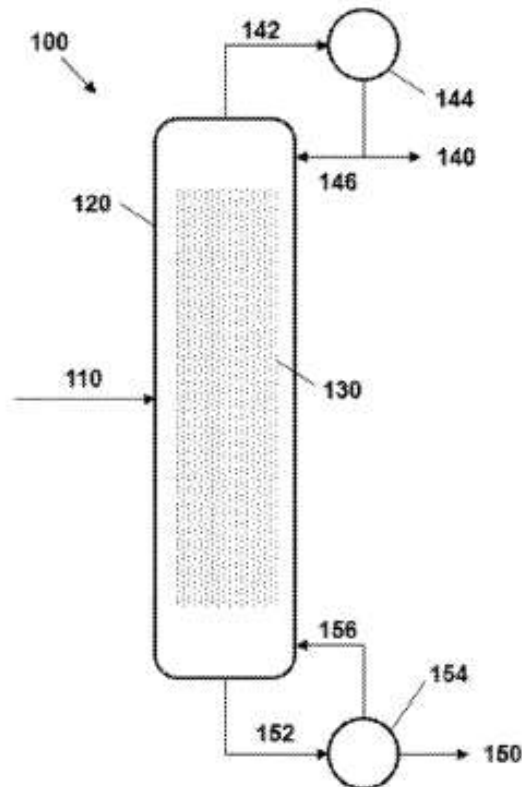
(22) Filed: **Mar. 22, 2019**

**Related U.S. Application Data**

(60) Provisional application No. 62/647,237, filed on Mar. 23, 2018.

**Publication Classification**

(51) **Int. Cl.**  
*C12G 3/08* (2006.01)  
*C12G 3/02* (2006.01)



					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0086944  
(43) 공개일자 2019년07월24일

- |   |  |
|---|--|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)<br/>BOLD 3/14 (2006.01) BOLD 3/32 (2006.01)</p> <p>(52) CPC특허분류<br/>BOLD 3/141 (2013.01)<br/>BOLD 3/32 (2013.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2018-0006098</p> <p>(22) 출원일자 2018년01월16일<br/>심사청구일자 없음</p> | <p>(71) 출원인<br/>한화케미칼 주식회사<br/>서울특별시 중구 청계천로 88 (장교동)</p> <p>(72) 발명자<br/>김민규<br/>서울특별시 강남구 개포로31길 13, 103호(개포동)<br/>한기도<br/>대전광역시 유성구 노은로428번길 15, 801동 180<br/>2호(하계동, 송림마을6단지아파트)<br/>(뒷면에 계속)</p> <p>(74) 대리인<br/>유미특허법인</p> |
|---|--|

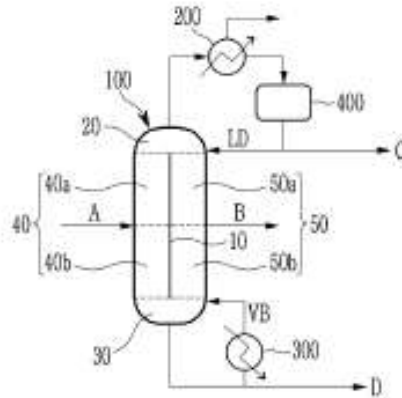
권재 청구항 수 : 총 13 항

(64) 발명의 명칭 분리벽형 증류탑을 이용한 석유수지 제조 공정의 증합용매 정제방법

**(57) 요약**

본 발명의 목적은 증류탑에서 에너지 효율을 높이고, 증류탑에서 입력 불균형을 최소화하며, 투자 비용을 감소시키는 분리벽형 증류탑을 이용한 석유수지 제조 공정의 증합용매 정제방법을 제공하는 것이다. 본 발명의 일 실시예에 따른 분리벽형 증류탑을 이용한 석유수지 제조 공정의 증합용매 정제방법은, 석유수지 제조 공정에 사용되는 증합용매의 혼합물을 분리벽형 증류탑에 투입하여 본 발명 상용하는 단계를 포함하는 증합용매의 정제방법으로, 상기 분리벽형 증류탑은 분리벽을 구비하고, 탑정 구역, 공극 구역, 유출 구역, 및 탑저 구역으로 구분되는 주탑; 송출기; 및 재회기를 포함하고, 상기 증합용매의 혼합물은 상기 주탑의 공극 구역으로 유입되고, 정제된 증합용매는 상기 주탑의 유출 구역으로 유출된다.

**도표도 - 도3**



					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# Патент №6

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(19) **RU** (11) **2 700 702** (13) **C1**  
(51) МПК  
F22B 1/26 (2006.01)

## (12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

На основании пункта 1 статьи 1366 части четвертой Гражданского кодекса Российской Федерации патентообладатель обязуется заключить договор об отчуждении патента на условиях, соответствующих установленной практике, с любым гражданином Российской Федерации или российским юридическим лицом, кто первым изъявит такое желание и уведомит об этом патентообладателя и федеральный орган исполнительной власти по интеллектуальной собственности.

(52) СПК  
F22B 1/26 (2019.05)

(21)(22) Заявка: 2018143123, 06.12.2018  
(24) Дата начала отчета срока действия патента:  
06.12.2018  
Дата регистрации:  
19.09.2019  
Приоритет(ы):  
(22) Дата подачи заявки: 06.12.2018  
(45) Опубликовано: 19.09.2019 Бюл. № 26  
Адрес для переписки:  
394088, г. Воронеж-88, ул. Хользунова, 111, кв.  
89, Черниченко Владимиру Викторовичу

(72) Автор(ы):  
Черниченко Владимир Викторович (RU)  
(73) Патентообладатель(и):  
Черниченко Владимир Викторович (RU)  
(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2623017 C1, 21.06.2017. RU  
2614311 C1, 24.03.2017. RU 2431079 C1,  
10.10.2011. RU 2309325 C1, 27.10.2007. RU  
2358190 C1, 10.06.2009.

RU 2700702 C1

RU 2700702 C1

## (54) ПАРОГЕНЕРАТОР

(57) Реферат:

Использование: для производства пара. Сущность изобретения заключается в том, что парогенератор содержит корпус с камерой сгорания, смесительную головку с полостями подвода компонентов топлива, пояса подачи компонентов топлива, соединенные с соответствующими полостями компонентов топлива при помощи каналов, при этом пояса подачи компонентов топлива выполнены в виде нескольких коаксиально установленных обечаек, расположенных друг по отношению к другу с кольцевыми зазорами, и образующими замкнутые кольцевые полости, открывающиеся в камеру сгорания, причем кольцевые полости компонентов топлива равномерно чередуются между собой, при этом в центральной части головки, между поясами подачи компонентов, установлен пояс подачи парообразующей жидкости, полость которого открывается в

полость камеры сгорания, при этом на торцах обечаек со стороны входа установлены торцевые профилированные днища, скрепленные между собой и с корпусом и образующие последовательно расположенные торцевые кольцевые полости, причем длина упомянутых полостей уменьшается от входной части камеры сгорания к выходной, при этом в указанных днищах и полостях выполнены изолированные каналы, соединяющие упомянутые торцевые полости подачи компонентов топлива через одну между собой, при этом указанные кольцевые полости компонентов топлива соединены с соответствующими полостями подвода компонентов через упомянутые торцевые полости, образованные профилированными днищами. Технический результат: обеспечение возможности расхода парообразующей жидкости в широких пределах. 2 ил.

Стр. 1

Змн.	Арк.	№ докум.	Подпис	Дата

ЛН81мп.066210.001 ПЗ

Арк.

Патент №7

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(19) **RU** (11) **184 808** (13) **U1**

(51) МПК  
F22B 29/06 (2006.01)  
F22B 1/28 (2006.01)  
H05B 6/10 (2006.01)

(12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

(52) СПК  
H05B 6/108 (2018.08)

(21)(22) Заявка: 2018132036, 07.09.2018  
(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
07.09.2018  
Дата регистрации:  
12.11.2018  
Приоритет(ы):  
(22) Дата подачи заявки: 07.09.2018  
(45) Опубликовано: 12.11.2018 Бюл. № 32  
Адрес для переписки:  
344000, Ростовская обл., г. Ростов-на-Дону, пл.  
Гагарина, 1, ДГТУ, отдел интеллектуальной  
собственности

(72) Автор(ы):  
Фазлыев Айрат Альбертович (RU),  
Шанилов Владимир Михайлович (RU)  
(73) Патентообладатель(и):  
ОБЩЕСТВО С ОГРАНИЧЕННОЙ  
ОТВЕТСТВЕННОСТЬЮ "В-ПЛАЗМА"  
(RU)  
(56) Список документов, цитированных в отчете  
о поиске: RU 2263418 C2, 27.10.2005. RU  
171694 U1, 13.06.2017. RU 2650996 C1,  
18.04.2018. RU 2076468 C1, 27.03.1997. US 2014/  
0166301 A1, 19.06.2014.

RU 184808 U1

RU 184808 U1

(54) Прямоточный электрический парогенератор  
(57) Реферат:

Полезная модель относится к устройствам преобразования электрической энергии в тепловую и создания теплообмена, в частности к прямоточным электрическим парогенераторам.

Задача, которую поставил перед собой разработчик нового прямоточного электрического парогенератора, состояла в создании стабильно и надежно работающего устройства, которым можно легко управлять с помощью простых средств электрического управления, а именно повышение эксплуатационной надежности, увеличение паропроизводительности парогенератора и расширение функциональных возможностей.

Указанная задача решается за счет того, что прямоточный электрический парогенератор включает плоский ферромагнитный сердечник со стержнями, первичные обмотки, расположенные в виде катушек на стержнях и электрически изолированные от них, средства принудительной подачи воды во внутреннюю полость общей трубчатой вторичной обмотки, имеющей подводный и отводящий патрубки и

расположенной в магнитном поле изолированной от первичных обмоток и охлаждающую все стержни ферромагнитного сердечника так, что вокруг каждого стержня образует замкнутые витки, расположенные в межкатушечном пространстве поочередно друг над другом и соединенные электрически неразъемно наружно в плоскости диаметра трубы, параллельного вектору магнитной индукции стержня, а на периферии в межтрубном пространстве между витками установлены дистанционные цилиндрические элементы, наружно соединенные с витками неразъемным соединением в плоскости диаметра труб, параллельного вектору магнитной индукции стержней, датчик температуры, установленный на участке трубы трубчатой вторичной обмотки, близком к отводящему патрубку, датчик давления пара, расположенный на отводящем патрубке, наружную перемычку, состоящую из двух параллельных шпунт, расположенных перпендикулярно виткам трубчатой вторичной обмотки и электрически присоединенных к начальному и конечному

Стр.: 1

										Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Подпис	Дата	ЛН81мп.066210.001 ПЗ					



(19)中华人民共和国国家知识产权局



(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 208920032 U

(45)授权公告日 2019.05.31

(21)申请号 201821551079.7

(22)申请日 2018.09.21

(73)专利权人 刘亮

地址 466000 河南省周口市太康县张集乡  
刘庄行政村刘庄

(72)发明人 刘亮

(74)专利代理机构 北京鼎宏元正知识产权代理  
事务所(普通合伙) 11458

代理人 邓金涛

(51)Int. Cl.

F22B 1/22(2006.01)

F22B 31/08(2006.01)

F22B 37/26(2006.01)

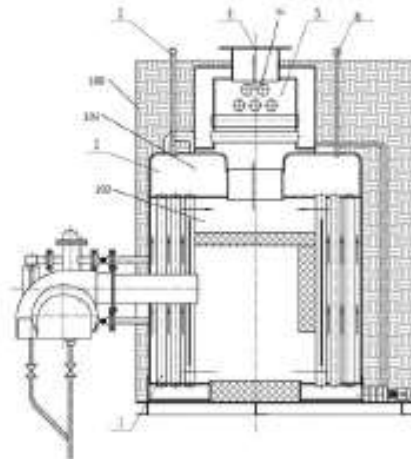
权利要求书:1页 说明书:4页 附图:4页

(54)实用新型名称

立式蒸汽发生器

(57)摘要

本实用新型公开了一种立式蒸汽发生器,包括立式的壳体,所述壳体内设置有加热室和集汽室,壳体外部的一侧设置有用于为加热室提供热量的燃烧器,所述加热室内设置有多个填充有蒸汽水的水能管,所述集汽室设置在加热室的上部,所述水能管顶部的出口与集汽室连通,所述集汽室的上部还设置有与加热室连通的节能器,所述节能器内设置有换热管,所述换热管的入口连接有补水箱,所述换热管的出口向下延伸并通过水泵与水能管连通,本实用新型的立式蒸汽发生器蒸汽的纯度高,蒸汽加工效率高。



CN 208920032 U

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(19)中华人民共和国国家知识产权局



(12)实用新型专利

(10)授权公告号 CN 208457928 U

(45)授权公告日 2019.02.01

(21)申请号 201821001735.6

(22)申请日 2018.06.27

(73)专利权人 广西志远节能环保设备有限公司  
地址 545000 广西壮族自治区柳州市官塘大道52号

(72)发明人 钟德鸿 黄家祺 陶诚 熊东勇

(74)专利代理机构 柳州市集智专利商标事务所  
45102

代理人 黄有斯

(51)Int. Cl.

F22B 1/04(2006.01)

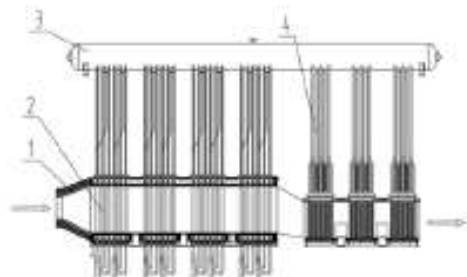
权利要求书1页 说明书2页 附图2页

(54)实用新型名称

高温矿渣余热回收蒸汽发生器

(57)摘要

本实用新型公开了一种高温矿渣余热回收蒸汽发生器,涉及余热回收设备制造技术领域,包括设有进气口的排烟通道,所述排烟通道于所述进气口的后方依次设有多个列管蒸发单元,所述排烟通道于多个所述列管蒸发单元的后方依次装有多个热管蒸发单元,多个所述热管蒸发单元与多个所述列管蒸发单元分别与汽包连接。较之现有技术,本实用新型可及时回收高温矿渣中余热,不仅提高了换热效率,而且提高了设备的可靠性。



CN 208457928 U

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Список наукових праць

Студента кафедри машин та апаратів хімічних і нафтопереробних  
виробництв

### Короля Антона Юрійовича

1. 1. А. Ю. Король, Двойнос Я. Г., Г. С. Подиман, 2019. Енергоощадний режим роботи ректифікаційної колони зневоднення етиленгліколю // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія : Технічні науки. Journal Zhytomyr state technological university: наук. журн. / Житомир. держ. технол. ун-т. – Житомир: Вид-во ЖДТУ, с. 32-39. ISSN 1728-4260 (print).

2. XV міжнародна науково-практична конференція студентів, аспірантів і молодих вчених ”Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання”. Король А.Ю., Двойнос Я.Г. // МОДЕРНІЗАЦІЯ ВИРОБНИЦТВА ЕТИЛЕНГЛІКОЛЮ. 29-30 листопада Київ 2018. с. 44-45.

3. XVI міжнародна науково-практична конференція студентів, аспірантів і молодих вчених ”Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання”. Король А. Ю., Двойнос Я. Г. // Насадка масообмінного апарату. 23-24 квітня Київ 2019. с. 45-46.

4. XVII міжнародна науково-практична конференція студентів, аспірантів і молодих вчених ”Ресурсоенергозберігаючі технології та обладнання”. Король А. Ю., Двойнос Я. Г. // Енергозберігаючий режим роботи ректифікаційної колони зневоднення етиленгліколю. 25-26 листопада Київ 2019. с. 30-31.

5. Патент №137778 Україна МПК В01J 19/30 (2006.01), В01J 19/32 (2006.01) Насадка масообмінного апарату / Король Антон Юрійович (UA ); Двойнос Ярослав Григорович (UA ) – № u201903319 заявл. 02.04.2019, опубл. 11.11.2019, бюл. № 21/2019.

					ЛН81мп.066210.001 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		