

Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра галузевого машинобудування

Пояснювальна записка

до бакалаврського дипломного проекту на тему:
«УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ
ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕФЛЕГМАТОРА»

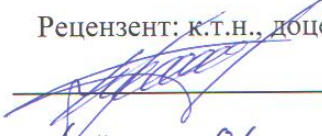
Виконав: студент 4 курсу, групи 1ГМ-216
зі спеціальності 133«Галузеве машинобудування»
(шифр і назва напрямку підготовки)


_____ Драбатий М.Б.
(прізвище та ініціали)
« 6 » _____ 06 _____ 2025 р.

Керівник: к.т.н., доцент


_____ Шенфельд В. Й.
(прізвище та ініціали)
« 6 » _____ 06 _____ 2025 р.

Рецензент: к.т.н., доцент, зав. каф. АТМ


_____ Цимбал С. В.
(прізвище та ініціали)
« 6 » _____ 06 _____ 2025 р.

Допущено до захисту

Зав. кафедри ГМ

д.т.н, професор Поліщук Л.К.



« 6 » _____ 06 _____ 2025 р.

Вінниця ВНТУ– 2025 р

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра галузевого машинобудування
Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр
Напрямок підготовки 133 «Галузеве машинобудування»
Освітньо-професійна програма 133 «Галузеве машинобудування»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ГМ

Поліщук Л.К.

“04” березня 2025 року

З А В Д А Н Н Я
НА БАКАЛАВРСЬКИЙ ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ

Драбому Миколі Борисовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема бакалаврської дипломного проекту: «Удосконалення конструкції та технології виготовлення дефлегматора»

керівник проекту Шенфельд Валерій Йосипович, к.т.н., доцент,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від 20.03.2025 року № 97

2. Строк подання студентом бакалаврського дипломного проекту 10.06.2025

3. Вихідні дані до бакалаврського дипломного проекту; Довжина корпусу 3000мм; Діаметр корпуса 800мм; робоча температура 93°C; Робочий тиск 1МПа.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Аналіз конструкцій обладнання для напівсухого пресування матеріалів. Аналіз існуючих конструкцій дефлегматорів; Розробка покращення конструкції дефлегматора; Розробити заходи з охорони праці. Розрахунково-конструктивний розділ. Розділ охорони праці. Висновки по роботі.

5. Перелік графічного та ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

5.1 Аналіз існуючих конструкцій дефлегматорів (ф. А1 – 1 арк)

5.2 Покращення конструкції дефлегматора (ф. А1 – 1 арк)

5.3 Складальний кресленник дефлегматора (ф. А1 – 1 арк.)

5.4 Паронапрямна перегородка (ф. А3 – 1 арк)

5.5 Трубна решітка (ф. А4 – 1 арк)

5.6 Плоске днище (ф. А4 – 1 арк)

5.7 Сідлова опора нижня (ф. А3 – 1 арк)

5.8 Сідлова опора середня (ф. А3 – 1 арк)

6. Консультанти розділів бакалаврської дипломної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Спеціальна частина	к.т.н., доцент Шенфельд В. Й.	24.03.2025	06.06.2025
Охорона праці	к.т.н., доцент Поліщук О. В.	05.05.2025	20.05.2025

7. Дата видачі завдання 24.03.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва та зміст етапу	Термін виконання		Примітка
		початок	закінчення	
1	Аналіз конструкцій обладнання для напіссухого пресування матеріалів	05.05.2025	20.05.2025	вик
2	Розробка конструкції напісавтомата для пресування сумішів та його привода	05.05.2025	20.05.2025	вик
3	Розрахунково-конструктивний розділ	24.05.2025	02.06.2025	вик
4	Складальні креслення	27.05.2025	06.06.2025	вик
5	Розробка заходів щодо забезпечення охорони праці	05.05.2025	20.05.2025	вик
6	Оформлення текстової та графічної частини проекту	12.05.2025	06.06.2025	вик
7	Висновки по роботі.	05.06.2025	06.06.2025	вик
8	Перевірка на плагіат	06.06.2025	09.06.2025	вик
9	Нормоконтроль БКП	10.06.2025	10.06.2025	вик
10	Попередній захист	10.06.2025		вик
11	Рецензування	11.06.2025	16.06.2025	вик
12	Захист БКП	За графіком кафедри		вик

Студент Драбатий М.Б.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник бакалаврської дипломної роботи Шенфельд В.Й.
(підпис) (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Бакалаврська кваліфікаційна робота складається з 54 сторінок формату А4, на яких є 12 рисунків; 8 таблиць, список використаних джерел містить 17 найменувань.

У роботі здійснено аналіз відомих конструкцій дефлегматорів, базуючись на яких розроблено вдосконалену схему конструкцію горизонтального кожухотрубного дефлегматора, до складу якого входить паронапрямні перегородки, трубна решітка, корпус, опори. Розроблені креслення згідно, яких можливе виготовлення розробленої конструкції.

Ключові слова: дефлегматор, конструкція, вдосконалення, конденсація.

ANNOTATION

The bachelor's qualification work consists of 54 pages of A4 format, which includes 12 figures; 8 tables, the list of references contains 17 items.

In the the work analyses the known designs of dephlegmators, on the basis of which an improved design scheme for a horizontal shell-and-tube dephlegmator, which includes steam-conducting partitions, a pipe grate, a body, and supports, has been developed. The drawings are developed according to which it is possible to manufacture the developed design.

Keywords: dephlegmator, design, improvement, condensation.

ЗМІСТ

	ВСТУП.....	3
1	АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ ДЕФЛЕГМАТОРІВ.....	4
1.1	Загальні відомості та характеристики дефлегматора.....	4
1.2	Висновки розділу 1.....	21
2	УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ДЕФЛЕГМАТОРА.....	22
2.1	Загальні відомості та характеристики удосконаленого дефлегматора.....	22
3	КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	26
3.1	Розрахунок товщини стінок.....	26
3.2	Розрахунок сідлових опор.....	31
3.3	Вибір фланців для з'єднання секцій з корпусом.....	36
4	ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕФЛЕГМАТОРА	41
4.1	Вибір матеріалів для виготовлення елементів дефлегматора.....	42
4.2	Виготовлення та механічна обробка деталей.....	44
4.3	Процес складання дефлегматора та зварювання деталей.....	46
4.4	Контроль якості під час виготовлення дефлегматора.....	48
5	ОХОРОНА ПРАЦІ.....	50
4.1	Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта.....	50
4.2	Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії.....	51
4.3	Технічні рішення з пожежної безпеки.....	53
	ВИСНОВКИ.....	56
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	57
	ДОДАТКИ.....	59
	ДОДАТОК А ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ.....	60
	ДОДАТОК Б ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА.....	65

					08-62.БКП.009.00.000.ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Драбатий М.Б.			Удосконалення конструкції та технології виготовлення дефлегматора	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Шенфельд В. Й.					3	
Н. Контр.		Шенфельд В. Й.				ВНТУ, ІГМ-216		
Затверд.		Поліщук Л. К.						

ДОДАТОК В ГРАФІЧНА ЧАСТИНА.....	68
ДОДАТОК Г СПЕЦИФІКАЦІЇ.....	75
ДОДАТОК Д ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НА ПЛАГІАТ.....	77

					08-62.БКП.009.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

ВСТУП

У сучасних умовах зростаючих вимог до енергоефективності та якості продукції особливого значення набуває вдосконалення технологічного обладнання, зокрема апаратів, що використовуються у процесах ректифікації.

Для створення і підтримання температурного режиму в хімічних, масообмінних та інших процесах хімічної технології та захисту навколишнього середовища необхідно здійснювати підведення або відведення теплової енергії від робочого середовища.

У промисловості для проведення таких процесів широко застосовують кожухотрубчасті теплообмінні апарати, які прості за конструкцією, надійні в експлуатації і можуть мати площу поверхні теплообміну до 1000 м².

Під час розроблення теплообмінних апаратів необхідно, як правило, вирішувати такі завдання: визначення теплового навантаження на апарат; обґрунтований вибір теплоносія, який буде рухатися по трубному простору; попередній проектний розрахунок необхідної поверхні теплообмінника; вибір стандартного теплообмінного апарата і схеми руху теплоносіїв через нього; розрахунок кінетики теплопередачі в обраному апараті та перевірка наявності необхідного запасу поверхні; гідравлічний розрахунок теплообмінника; конструювання теплообмінного апарата.

Одним із ключових елементів таких установок є дефлегматор — теплообмінний пристрій, який забезпечує часткову конденсацію парової фази для повернення рідини до колони з метою підвищення чистоти кінцевого продукту, а також удосконалення процесу виготовлення апарату.

Удосколанню конструкцій цього пристрою присвячена цей бакалаврський кваліфікаційний проєкт.

					08-62.БКП.009.00.000.ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Метою проекту є удосконалення дефлегматора горизонтального кожухотрубного для підвищення ефективності конденсації парів та зміцнення конструкції приладу.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні **задачі**:

- Виконати аналіз існуючих конструкцій дефлегматорів;
- Розробити покращення конструкції дефлегматора;
- Зробити розрахунок товщини стінок;
- Виконати розрахунок гідравлічного випробовування дефлегматора;
- Виконати розрахунок трубних решіток та паро напрямних перегородок, розробити вдосконалення їх конструкцій;
- Розробити технологію виготовлення дефлегматора;
- Розробити заходи щодо забезпечення охорони праці.

					08-62.БКП.009.00.000.ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ ДЕФЛЕГМАТОРІВ

1.1 Принципові схеми основних типів дефлегматорів

Дефлегматор являє собою горизонтальний кожухотрубний багатоходовий Теплообмінник, який складається з циліндричного корпусу і коробок. Корпус містить компенсатор, який слугує для компенсації переміщень при температурних деформаціях. Кришки на коробках кріпляться за допомогою завісів, що дозволяє без особливих зусиль проводити чистку коробок підігрівача бражки. В багатосекційних підігрівачах загальний напрямок потоків пари і бражки має бути протиточним, оскільки при конденсації пари бінарної суміші температура пари в міру конденсації знижується.

Залежно від призначення стандарти передбачають чотири види кожухотрубчастих апаратів, що використовуються з різними параметрами теплоносія.

Вид апарату позначають першою літерою: І – випаровувачі, К – конденсатори, Х – холодильники, Т – теплообмінники.

Конструктивне виконання апарату, що забезпечує компенсацію температурних деформацій його елементів, указу та другою буквою умовного позначення.

Третя буква в умовному позначенні показує виконання: Г – горизонтальне; В – вертикальне.

Міжтрубний простір заповнюється водно-спиртовими парами концентраційної колони. В трубний простір подається бражка. Внаслідок цього в міжтрубному просторі частина спиртових парів конденсується і у вигляді флегми йде на живлення колони, а також, в збірник сирцю, а несконденсовані водно-спиртові пари надходять у дефлегматор для подальшої конденсації. Підігріта бражка до температури 60...65°C направляється в

					08-62.БКП.009.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

спіральний теплообмінник для подальшого підігрівання її до температури 80...85°C перед подачею в бражну колону. У роботі дефлегматора важливо забезпечити правильний баланс між кількістю охолоджувача та температурою його подачі, адже це прямо впливає на:

- ступінь конденсації;
- якість розділення компонентів;
- енергетичну ефективність процесу.

Регулювання інтенсивності охолодження дозволяє контролювати співвідношення флегми(відношення кількості повернутого в колону конденсату до кількості відібраного дистиляту), що є одним із головних параметрів у процесі ректифікації.

Роль флегми в ректифікації

У ректифікації спирту пара, що піднімається з колони, частково конденсується в дефлегматорі. Частина сконденсованого спирту повертається у вигляді флегми назад у колонну, де збагачує її верхню частину, а решта виводиться як готовий дистилят.

Основні функції флегми в ректифікації:

1. Покращує розділення компонентів:флегма, стікаючи вниз по колоні, контактує з парою, яка піднімається вгору. У цьому процесі відбувається тепломасообмін, у результаті якого легколеткі компоненти випаровуються вгору, а важчі залишаються в рідині.

2. Підвищує ефективність колон: чим більше флегми повертається в колонну, тим вищим є ступінь поділу суміші.

3. Дозволяє керувати процесом: змінюючи рефлюксне співвідношення (відношення кількості флегми до дистиляту), можна регулювати:

- чистоту кінцевого продукту;
- енергетичні витрати;
- швидкість роботи колони.

					08-62.БКП.009.00.000.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Бражка

Бражка — це водно-спиртова суміш, отримана в результаті спиртового бродіння цукровмісної сировини.

Виділення спирту з бражки та його очистка відбуваються внаслідок перегонки й ректифікації. Під перегонкою розуміється розділення суміші летких речовин, що мають різну леткість, на окремі компоненти або фракції шляхом часткового випаровування та наступної конденсації пари. У процесі перегонки пара збагачується легколеткими компонентами (ЛЛК), а залишок (рідина) збагачується важко-леткими компонентами (ВЛК).

Ректифікація - складна багаторазова перегонка в протитечійному потоці, яка здійснюється в спеціальних апаратах – ректифікаційних колонах. Теорія перегонки й ректифікації спирту базується на основі законів П.Д.Коновалова і М.С.Вревського.

Леткість окремих компонентів бінарної суміші характеризують коефіцієнтом випаровування $K=Y/X$ - відношенням концентрації даної речовини у паровій фазі Y до концентрації її у рідкій фазі X при умові, що розглянуті фази бінарної суміші знаходяться у рівноважному стані.

Летка частина бражки складається в основному з води і етанолу, тому в процесі виділення спирту бражку розглядають як бінарну суміш етанолу і води. У — верхній частині залежність рівноважного складу пари Y від складу рідини X при температурі кипіння й атмосферному тиску для суміші етанол-вода. Лінія є геометричним місцем точок значень коефіцієнтів випаровування етилового спирту $K_{ес} = Y/X$ із водно-спиртової суміші. При малих концентраціях спирту в суміші значення $K_{ес}$ максимальні (біля 13), при великих - мінімальні.

Залежність рівноважного складу парової фази від складу рідини визначається законом Д.П.Коновалова, який зтверджує, що пара, яка знаходиться у рівновазі з розчином, завжди містить у надлишку той компонент, додавання якого до розчину знижує температуру кипіння, інакше

					08-62.БКП.009.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

кажучи, пара збагачується тим компонентом, додавання якого до рідини підвищує загальний тиск пари над нею.

У відповідності із законом М.С.Вревського при підвищенні тиску розчини з низькою концентрацією спирту, приблизно до 30...40 % мас, утворюють пари з більшим вмістом спирту, а розчини з високою концентрацією спирту - пари з меншим вмістом спирту.

Ректифікований спирт

Ректифікований спирт може бути одержаний із спирту-сирцю або безпосередньо з бражки. Із спирту-сирцю ректифікований спирт одержують на періодично- або безперервно діючих ректифікаційних установках.

У спиртовій промисловості ректифікований спирт одержують виключно з бражки, що вважається економічно більш доцільним. Одержання ректифікованого спирту безпосередньо з бражки здійснюється на безперервно діючих брагоректифікаційних установках (БРУ), на яких можна виділити спирт з бражки й звільнити його від супутних летких домішок.

Леткі домішки спирту, їх класифікація

Леткі домішки спирту дуже різноманітні. В основному вони з'являються в процесі бродіння, проте їх вміст у бражці залежить від способу водно-теплової обробки крохмалевмісної сировини, режиму зброджування бражки, антисептування та інших факторів.

У процесі ректифікації спирту утворюються ефіри, ацеталі та альдегіди. Важливо знати вплив на органолептичну й аналітичну оцінку спирту тих чи інших домішок. Крім того, треба охарактеризувати домішки за їх токсичністю, тому що деякі із них, будучи сильною отрутою, істотно не змінюють органолептичні показники. Наприклад, метиловий і пропіловий спирти при невеликому вмісті не впливають на органолептичну оцінку, проте вони мають високу токсичність; метанол токсичніший за етанол у 80 разів, пропанол - у 4 рази.

					08-62.БКП.009.00.000.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Метиловий спирт викликає тяжкі отруєння, які супроводжуються втратою зору, можливий і летальний кінець. Фурфурол у малих концентраціях має приємний аромат житнього хліба, але він, як і метанол, токсичний, тому наявність цих домішок у ректифікованому спирті неприпустима. Присутність спиртів, що містять чотири і більше атомів вуглецю, погіршує смак і запах етилового спирту. Бутиловий і аміловий спирти мають сивушний запах та пекучий смак, гексиловий - запах і присмак згірлого масла. Усі вони отруйні.

Альдегіди (мурашиний, оцтовий, пропіоновий, масляний, валеріановий) надають спирту різкого присмаку та гіркоти. Особливо неприємний запах і пекучий смак викликають ненасичені сполуки - акролеїн і кротоновий альдегід. Навпаки, енантовий альдегід сприяє появі приємного аромату. Діацетил (F мг/дм³) в зерно-картопляному спирті вищої очистки зумовлює пекучий смак і запах, що характерний для мелясного спирту.

На рисунку 1.1. показано зовнішній вигляд дефлегматора $F=2 \times 50$ м

Своєчасне виявлення причин, регулярне обслуговування та модернізація обладнання є критично важливими умовами ефективної роботи установки.

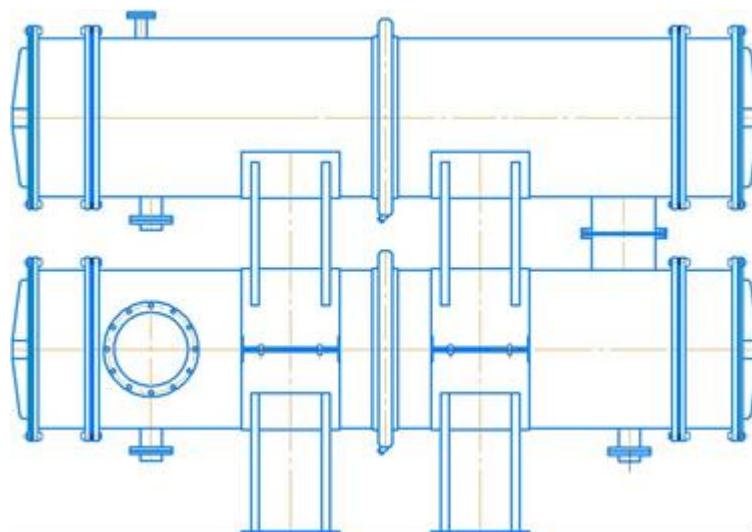


Рисунок 1.1 - Зовнішній вигляд дефлегматора $F=2 \times 50$ м

1.1.1 Дефлегматор з лінзовим компенсатором

					08-62.БКП.009.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

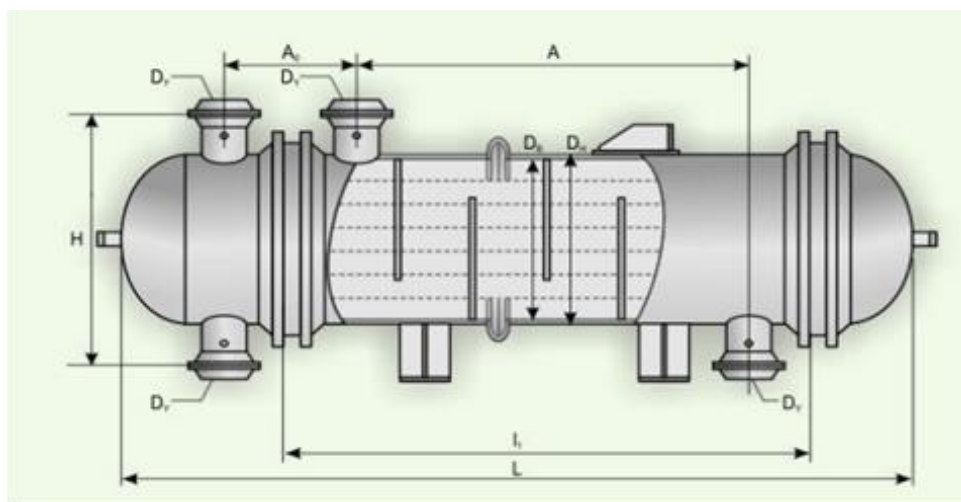


Рисунок 1.2 - Горизонтальний багатоходовий дефлегматор типу ТКГ із лінзовим компенсатором на кожусі

Горизонтальні дефлегматори типу ТКГ (трубчасті кожухотрубні горизонтальні) є одним із айпоширеніших видів теплообмінного обладнання, що використовуються в хімічній, нафтохімічній, харчовій та спиртовій промисловості. Вони забезпечують ефективний теплообмін між двома середовищами — одним, яке тече в трубному просторі, та іншим — у міжтрубному (кожусі).

Однією з важливих конструктивних особливостей таких апаратів є використання лінзового компенсатора на кожусі, що дозволяє забезпечити надійну роботу в умовах значного теплового розширення металу.

Лінзовий компенсатор — це гофрована частина оболонки у вигляді однієї або кількох лінзоподібних випуклостей.

Його основне призначення:

- Компенсація теплових деформацій, що виникають внаслідок різної температури середовищ у трубному і міжтрубному просторі;
- Захист від термічних напружень, які можуть викликати тріщини або втому матеріалу;
- Збереження герметичності кожуха в умовах циклічного навантаження

Принцип дії

Під дією температури корпус апарата має тенденцію розширюватися або стискатися. Лінзовий компенсатор працює як гнучка вставка — деформується в межах еластичності матеріалу, поглинаючи теплові подовження без створення критичних напружень.

Переваги такої конструкції

1. Висока стійкість до температурних деформацій: лінзовий компенсатор ефективно компенсує осьові температурні подовження кожуха, що запобігає утворенню внутрішніх напружень та продовжує термін служби апарата.

2. Можливість роботи під високим тиском: завдяки міцній конструкції корпусу та компенсатора теплообмінник стійкий до внутрішнього надлишкового тиску, що робить його придатним для енергетичної та хімічної промисловості.

Недоліки конструкції

1. Складність виготовлення та висока вартість: виготовлення лінзового компенсатора потребує високої точності зварювання та контролю якості, що підвищує вартість виробу та збільшує терміни виготовлення.

2. Ускладнене технічне обслуговування: через наявність кількох ходів та складність доступу до внутрішніх частин проводити очищення або діагностику труб важче, ніж у простіших конструкціях.

3. Підвищене навантаження на зварні шви компенсатора: у зоні кріплення лінзового компенсатора до корпусу можуть виникати концентрації напружень, які потребують посиленого контролю.

4. Великі габарити при великій потужності: зі збільшенням площі теплообміну конструкція потребує більшого монтажного простору, що не завжди зручно при реконструкції об'єктів.

Теплообмінник типу ТКГ із лінзовим компенсатором є ефективним і надійним вибором для систем з високими температурними та механічними навантаженнями. Його застосування особливо виправдане у хімічній,

					08-62.БКП.009.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

нафтохімічній, енергетичній галузях. Однак економічна доцільність його впровадження повинна враховувати високу складність виготовлення та обслуговування, що потребує кваліфікованого персоналу і спеціалізованого обладнання.

1.1.2 Дефлегматор з плаваючою головою

Горизонтальні кожухотрубні дефлегматори типу КПГ (конденсатор — прямоточний, горизонтальний) широко застосовуються в технологічних процесах, де необхідне ефективне конденсавання парів, зокрема у ректифікаційних колонах, бражних установках та спиртовому виробництві. Особливістю даної моделі є наявність плаваючої головки, що забезпечує підвищену надійність і ремонтпридатність теплообмінника.

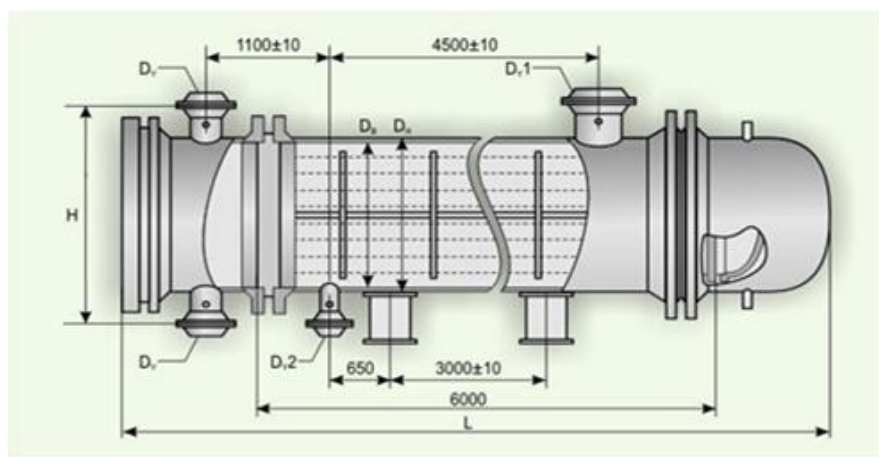


Рисунок 1.3 - Горизонтальний дефлегматор типу КПГ з плаваючою
ГОЛОВКОЮ

Конструктивні елементи КПГ з плаваючою головою:

1. Кожух (корпус) — циліндрична оболонка, по якій рухається один із теплоносіїв (зазвичай пари, що конденсуються).
2. Трубний пучок — набір тонких труб, по яких циркулює охолоджуюча рідина (вода або спиртова суміш).
3. Плаваюча головка — спеціальна конструкція однієї з торцевих камер, яка може вільно переміщуватись у поздовжньому напрямку відносно кожуха.

4. Фіксована головка — жорстко закріплена торцева камера з іншого боку апарата.
5. Трубні решітки — пластини, у які встановлено трубний пучок і які фіксують його по краях.
6. Компенсатор (опціонально) — може бути встановлений на кожусі для додаткової компенсації температурних деформацій.

Призначення плаваючої головки

Під час роботи апарата відбувається нерівномірне теплове розширення матеріалів труб і корпусу. Якщо обидві торцеві кришки були б жорстко закріплені, це призвело б до появи внутрішніх напружень, що згодом викликає деформації або навіть пошкодження трубного пучка.

Плаваюча головка дозволяє одному з торців трубного пучка вільно зміщуватись, компенсуючи подовження труб без впливу на корпус.

Така конструкція забезпечує:

- Надійну герметичність;
- Зниження ризику термічних тріщин;
- Можливість легкого демонтажу трубного пучка для ремонту або промивання.

Принцип дії

1. Пара надходить у міжтрубний простір через патрубок, розташований у верхній частині кожуха.
2. Холодоагент (вода) подається у трубний пучок і рухається в протитечії або прямотечії.
3. В процесі теплообміну пара конденсується на зовнішній поверхні труб.
4. Конденсат збирається в нижній частині апарата та відводиться через дренажний патрубок.

Переваги конструкції з плаваючою головкою:

1. Компенсація теплових деформацій: завдяки плаваючій головці трубний пучок має можливість вільно подовжуватись або стискатися при

					08-62.БКП.009.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

нагріванні чи охолодженні. Це запобігає появі внутрішніх напружень, що можуть призвести до тріщин, розривів або перекосів.

2. Простота обслуговування: можливість легкого демонтажу трубного пучка без необхідності повного розбирання корпусу апарата. Дає змогу виконувати чистку, діагностику або ремонт без зниження ефективності апарата після повторної збірки.

Недоліки конструкції з плаваючою головкою

1. Складність виготовлення: конструкція плаваючої головки складніша за традиційну фіксовану. Потрібне високоточне виготовлення й герметизація рухомих з'єднань

2. Підвищені вимоги до ущільнення рухома головка вимагає спеціальних ущільнювальних елементів, які повинні зберігати герметичність під час температурних деформацій. Ущільнення з часом зношуються, що збільшує ризик витоків.

3. Збільшена довжина апарата: наявність плаваючої головки потребує додаткового простору всередині апарата. Це призводить до збільшення загальної довжини теплообмінника, що може бути проблемою при обмеженому монтажному просторі.

4. Складність монтажу та демонтажу: Для демонтажу трубного пучка або перевірки плаваючої головки потрібен повний доступ до торця апарата, а також наявність підйомного обладнання. Трубний пучок може бути важким, особливо у великих апаратах.

5. Ймовірність перекосу або заїдання головки: при недосконалій установці або деформації напрямних поверхонь існує ризик, що головка буде рухатись нерівномірно або заклинить, що ускладнить обслуговування.

1.1.3 Випаровувач з паровим простором

					08-62.БКП.009.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

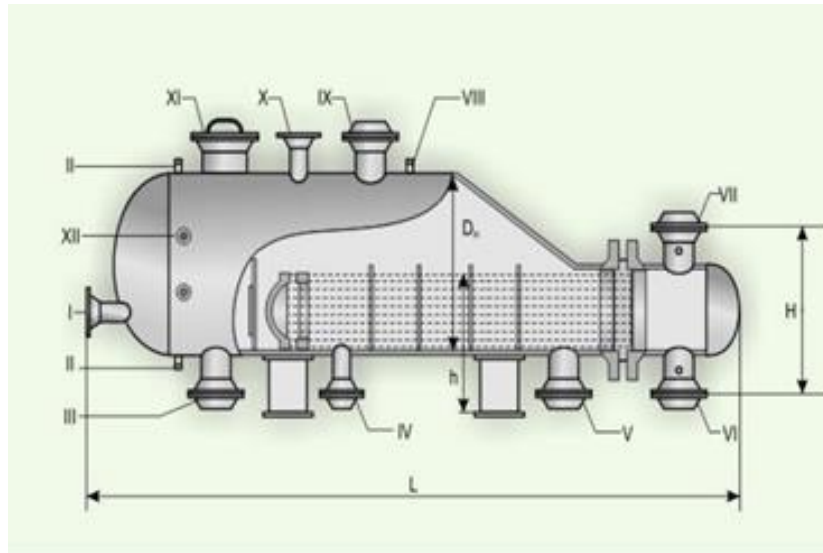


Рисунок 1.4 - Випаровувач з паровим простором з плаваючою головкою типу ІІІ

Випаровувач типу ІІІ (І — інтенсивний теплообмін, П — плаваюча головка, Г — горизонтальний) є спеціалізованим теплообмінним апаратом, призначеним для випаровування рідин шляхом подачі гріючої пари в міжтрубний простір. Конструкція з плаваючою головкою забезпечує високу ефективність теплопередачі, надійність у роботі та зручність технічного обслуговування.

Основні конструктивні елементи

1. Кожух (корпус) — циліндричний металевий резервуар, у якому циркулює гріюча пара. Має штуцери для подачі та відведення пари і конденсату.
2. Трубний пучок — множина труб невеликого діаметра, у яких рухається рідина, що випаровується.
3. Плаваюча головка — один із торців трубного пучка розташований у плаваючій головці, що має можливість вільного осевого переміщення. Це дозволяє уникнути напружень через температурне подовження труб.
4. Фіксована головка — інший торець трубного пучка закріплений жорстко; до неї підводиться рідина
5. Трубні решітки — фіксують кінці труб і забезпечують герметичність між

середовищами.

6. Перегородки в міжтрубному просторі — створюють багатоходовий рух пари, забезпечуючи ефективніший теплообмін.
7. Дренажні та контрольні патрубки — для зливу конденсату, контролю температури, тиску, тощо.

Принцип роботи

1. Пара подається в міжтрубний простір (кожух), де оточує трубний пучок і передає тепло стінкам труб.
2. Внутрішньо по трубах рухається рідина, що поглинає це тепло й починає випаровуватись.
3. Випаровування відбувається поступово — утворена пара виводиться з паровідвідного патрубка, а залишки рідини — через дренаж.
4. Конденсат гріючої пари виводиться окремо з нижньої частини кожуха.

Переваги конструкції

1. Компенсація теплових деформацій: завдяки вільному переміщенню трубного пучка в плаваючій головці, конструкція усуває термічні напруження, що виникають через різницю температур середовищ. Це

дозволяє апарату працювати без деформацій навіть при різких температурних коливаннях.

2. Зручність технічного обслуговування: Трубний пучок може бути легко демонтований для механічної очистки, гідропромивки або дефектоскопії. Забезпечується швидкий доступ до внутрішніх елементів, що скорочує простої обладнання.

3. Висока ефективність теплопередачі

Випаровування рідини відбувається інтенсивно завдяки прямому контакту з гріючою парою, що циркулює в міжтрубному просторі. Багатоходова система перегородок у кожусі покращує турбулентність пари, підвищуючи коефіцієнт теплопередачі.

Недоліки конструкції

					08-62.БКП.009.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

1. Підвищена складність конструкції: випаровувач з плаваючою головкою має більшу кількість вузлів (напрямні кільця, ущільнення, рухомі елементи), що ускладнює виготовлення, монтаж та збірку.

Потребує високої точності при виготовленні і встановленні, щоб уникнути заїдання рухомих елементів.

2. Підвищені вимоги до обслуговування: ущільнення плаваючої головки піддаються механічному зносу та старінню, що вимагає регулярної перевірки і заміни. Виникає необхідність періодичного демонтажу трубного пучка для очищення або діагностики, що потребує підйомного обладнання та додаткових витрат.

4. Потреба в додатковому просторі: для вільного переміщення трубного пучка необхідно залишати монтажний простір з боку плаваючої головки. У тісних виробничих приміщеннях це може бути проблемою при встановленні або демонтажі.

5. Ризик витоків: якщо ущільнення встановлено некоректно або воно зношується, можливі протікання між середовищами, що особливо критично при роботі з небезпечними або агресивними речовинами.

6. Обмеження по тиску: через наявність плаваючого вузла максимально допустимий тиск у деяких моделях ІПГ нижчий, ніж у зварних герметичних конструкціях із фіксованими головками.

1.1.4 Дефлегматор з U-подібним трубним пучком

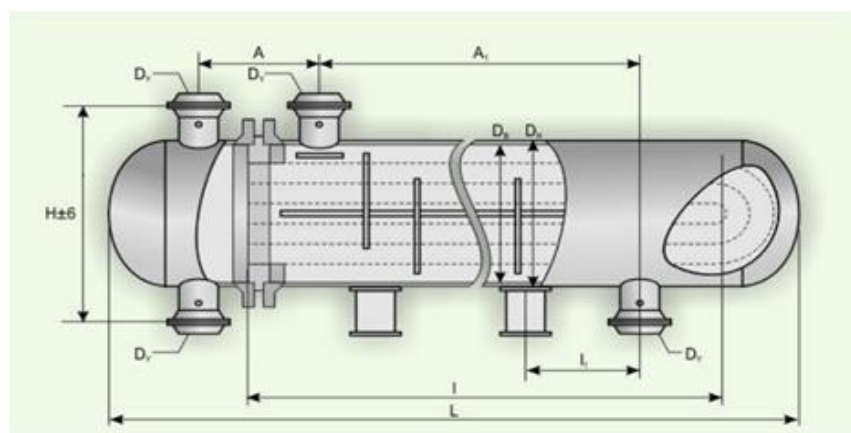


Рисунок 1.4 – Дефлегматор з U-подібним трубним пучком типу ТУГ.

					08-62.БКП.009.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Горизонтальний кожухотрубний теплообмінник типу ТУГ (Т — теплообмінник, У — U-подібні труби, Г — горизонтальний) призначений для ефективної передачі тепла між двома середовищами, що циркулюють по різні боки трубного пучка. Завдяки U-подібній формі труб, апарат здатен компенсувати температурні деформації без необхідності у плаваючій головці.

Дефлегматор типу ТУГ із U-подібним трубним пучком є простим і ефективним рішенням для теплообміну в системах, де очікуються значні температурні перепади. Його надійність, низька вартість і компактність роблять його особливо придатним для середовищ із неагресивними речовинами та помірними вимогами до частоти очищення.

Основні конструктивні елементи

- Кожух (оболонка) — зовнішній циліндричний корпус, у якому рухається перше середовище (зазвичай гріюча пара або рідина).
- U-подібний трубний пучок — виготовляється з труб, зігнутих у формі «U». Один кінець труб входить у трубну решітку, інший загнутий і повертається назад у кожух.
- Трубна решітка — закріплює відкриті кінці труб. Розміщується з одного боку теплообмінника.
- Камера підведення/відведення середовища — приварена до трубної решітки, забезпечує підведення і відведення робочого середовища по трубах.
- Перегородки у міжтрубному просторі — спрямовують потік у кілька ходів, підвищуючи ефективність теплопередачі.
- Патрубки для входу/виходу — для введення обох середовищ (в кожух і трубний пучок), зливу конденсату та повітровідведення.

Принцип роботи

- Перше середовище (наприклад, вода або пара) надходить у міжтрубний простір (кожух), де омиває зовнішню поверхню труб.

					08-62.БКП.009.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

- Друге середовище (наприклад, охолоджувана або нагріта рідина) протікає по внутрішній частині U-подібних труб, проходячи повний
- цикл (вперед і назад) через один вхідний/вихідний отвір.
- Завдяки інтенсивному теплообміну через стінки труб, енергія передається від гарячого до холодного середовища

Переваги конструкції

1. Природна компенсація температурних деформацій: завдяки формі труб, які мають вигин типу «U», забезпечується гнучкість пучка, що компенсує лінійне розширення труб при зміні температури без потреби в додаткових компенсаторах.

2. Простота конструкції: у трубного пучка лише одна трубна решітка, що спрощує монтаж, зменшує кількість зварних з'єднань і знижує ймовірність протікань.

3. Менша вартість виготовлення: відсутність плаваючої головки та додаткових елементів знижує загальну вартість виготовлення та експлуатації.

Недоліки конструкції

1. Ускладнене очищення труб: оскільки вхід і вихід трубного середовища розташовані лише з одного боку, чистка та діагностика труб можлива тільки з цього боку, що обмежує доступ до вигнутих ділянок труб.

2. Неоднакова довжина та гідравлічні характеристики труб: через U-подібну форму довжина труб різна, що призводить до нерівномірного розподілу потоку і, відповідно, менш рівномірного теплообміну.

3. Обмеження на довжину труб: довжина труб обмежується допустимим радіусом вигину, тому загальна теплова потужність апарата може бути нижчою, ніж у моделей з прямими трубами.

4. Підвищене навантаження на місця вигину: місця вигину труб піддаються додатковим механічним та термічним навантаженням, що вимагає більш жорсткого контролю при виготовленні.

					08-62.БКП.009.00.000.ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Теплообмінник типу ТУГ є оптимальним вибором для середовищ з помірними температурними режимами, де переваги простоти конструкції, вартості та надійності переважають над обмеженнями в обслуговуванні та рівномірності потоку. Його доцільно застосовувати у системах із незабруднюючими рідинами або при нечастій потребі в очистці трубного пучка.

1.2 Висновки до розділу 1

Проаналізовано типові конструкції горизонтальних дефлегматорів. Існуючі конструкції дефлегматорів є технічно ефективними, проте мають низку обмежень, пов'язаних із енергоощадністю, обслуговуванням та стабільністю теплообмінного процесу. Це обґрунтовує необхідність розробки вдосконаленої конструкції дефлегматора з покращеними експлуатаційними характеристиками та теплообмінними процесами.

Для усунення зазначених недоліків необхідно зробити удосконалення конструкції для данного дефлегматора, а саме покращення ефективності роботи дефлегматора та покращення експлуатаційних характеристик. Для цього необхідно вдосконалити конструкцію паронапрямних перегородок та зміцнити корпус.

					08-62.БКП.009.00.000.ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ДЕФЛЕГМАТОРА

2.1 Загальні відомості та характеристики удосконаленого дефлегматора

У процесі ректифікації важливу роль відіграє ефективний тепломасообмін між парами та рідиною в колоні. Одним із ключових елементів ректифікаційної установки, який забезпечує підвищення ефективності поділу компонентів багатокомпонентної суміші, є дефлегматор.

Багатоходовий двосекційний дефлегматор $F=2 \times 50\text{м}$, має просту, але розповсюджену конструкцію: горизонтальний кожухотрубний теплообмінник з нерухомою трубною дошкою та лінзовим компенсатором. Має внутрішній діаметр корпуса 800мм.

Дефлегматор призначений для конденсації парів, що виходять з верхньої частини колони ректифікації і живлення її рідким погоном - флегмою, яка має великий вміст низькокиплячого компонента. Як охолоджувальне середовище застосовується вода. В кожухотрубчастих теплообмінних апаратах поверхня теплообміну створюється трубками, які закріплені в трубних дошках і розміщені в кожусі. Один теплоносій рухається всередині трубок, а другий омиває їх ззовні.

При постійній і оптимальній подачі бражки роботу колони регулюють зміною подачі пари до неї та води в дефлегматор. Подачу пари регулюють так, щоб при заданій концентрації спирту-сирцю не було втрат спирту з бардою. Не варто прагнути до високої (наднормативної) концентрації спирту, оскільки з її підвищенням значно збільшуються питомі витрати пари й води, знижується продуктивність установки. Зміною подачі води у дефлегматор регулюють відбір спирту, а зміною подачі води у холодильник - температуру спирту після холодильника.

Не дивлячись на поширеність дефлегматора, він має певні недоліки, які мають бути вирішені шляхом вдосконалення конструкції. Тому було

					08-62.БКП.009.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

розроблено вдосконалення для більшої ефективності дефлегматора та покращення виготовлення та процесу експлуатації апарата.

Проаналізувавши ситуацію було прийнято рішення покращення конструкції для збільшення ефективності приладу, зміцнення конструкції та покращення процес виробництва.

При дослідженні дефлегматора старого зразку було виявлено недостатню кількість парових перегородок, це і стало причиною недостатньої конденсації парів. Пари хоч і затримувались але недостатньо довго, що і призвело до низької ефективності дефлегматора і недостатньої кількості виходу флегми. Необхідно збільшити кількість парових перегородок та змінити їх конструкцію на більш ефективну.

Щоб збільшити міцність конструкції було прийнято рішення додати кільця жорсткості вздовж зовнішнього діаметра корпусу приладу.

Купувати цільні трубні дошки з латуні виходить занадто дорого для виробництва. Також дану деталь буде складно виготовляти у виробництві, що збільшує час виробництва.

Процес виготовлення дефлегматора відіграє ключову роль у забезпеченні надійності, теплообмінної ефективності та експлуатаційної довговічності ректифікаційного обладнання. Ефективність виготовлення визначається сукупністю техніко-економічних та технологічних факторів, які впливають на кінцеву якість виробу, терміни виготовлення та витрати ресурсів.

Ефективність процесу виготовлення дефлегматора безпосередньо впливає на продуктивність та енергоефективність усієї ректифікаційної установки. Рациональне поєднання сучасних технологій, правильного вибору матеріалів і контролю якості дозволяє виготовити дефлегматор, який відповідає вимогам надійності, довговічності та теплотехнічної ефективності.

Було вирішено змінити конструкцію та матеріал виготовлення. Конструкція буде складатись окремо з двох деталей, а саме з трубної решітки та фланцевого з'єднання.

					08-62.БКП.009.00.000.ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

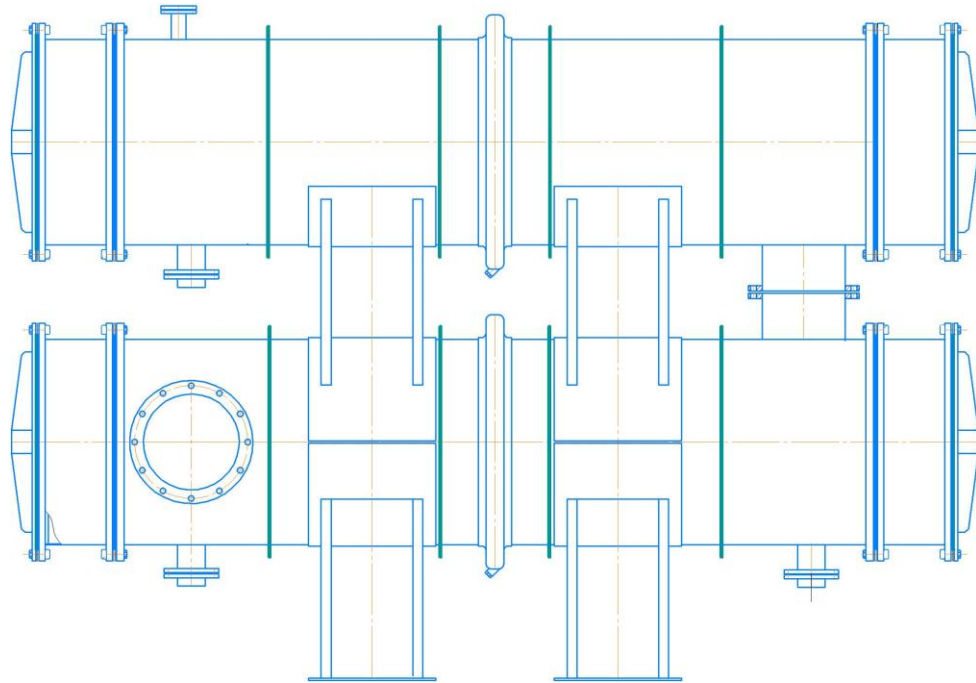


Рисунок 2.1 Зовнішній вигляд покращеного дефлегматора(розміщення кілець жорсткості)

Загальні характеристики удосконаленого дефлегматора F=2x50м

Довжина корпусу – 3000мм;

Діаметр корпусу – 800мм;

Теплообмінна труба, Ø - 32×2 мм;

Загальна кількість труб, 180шт;

Кількість ходів, в секції, 10шт;

Довжина секцій, - 300 мм;

Робоча температура - 93°C;

Робочий тиск, МПа – 1 МПа

Покращений дефлегматор має кращу тепловіддачу та підвищені експлуатаційні характеристики.

					08-62.БКП.009.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Розрахунок товщини стінок

У промислових умовах дефлегматори часто працюють в умовах підвищеного теплового навантаження, високої температури та перепадів тиску, що вимагає від конструкції високої надійності, ефективного теплообміну та стійкості до деформацій.

У зв'язку з цим, у даній конструкторській частині розглянуто можливості вдосконалення конструкції дефлегматора з метою підвищення його теплотехнічної ефективності, поліпшення умов експлуатації та обслуговування.

Основна увага приділена оптимізації теплообмінної частини, вдосконаленню внутрішньої конфігурації паронапрямних перегородок, а також застосуванню конструктивних елементів, здатних компенсувати температурні деформації без погіршення міцнісних характеристик.

Основним технічним параметром кожухотрубних теплообмінних апаратів є товщина стінок корпусу та кришки.

3.1.1 Розрахунок товщини обичайки

Товщину циліндричних обичайок(кожухів), мм, розраховують по формулі:

$$S = \frac{pD}{2[\sigma]\varphi - p} + C_1 + C_2 + C_3, \quad (3.1)$$

де p - розрахунковий тиск, МПа; D – внутрішній діаметр обичайки, мм; $[\sigma]$ – допустима напруга, МПа; φ - коефіцієнт міцності зварного шва; C_1 - припуск для компенсації корозії та ерозії, мм; C_2 – припуск на виготовлення(вальцювання) корпусу, мм; C_3 – припуск на механічну обробку, мм.

					08-62.БКП.009.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Коефіцієнт міцності зварного шва $\varphi = 1,0$ при контролі шва на довжині 100%-м і $\varphi = 0,9$ при 50%-му контролі довжини шва. Допустима напруга для конструкційних матеріалів залежать від матеріалу та робочої температури.

Виконавчу товщину стінки вибирають із стандартного ряду товщин труб або листового прокату. Фактична товщина повинна бути більшою за розрахункову і забезпечувати жорсткість обичайки. Мінімальна товщина циліндричних обичайок без збільшення корозії та ерозії становить 2 мм при діаметрі до 400 мм, 3 мм при діаметрі до 1000 мм і 4 мм при діаметрі до 2000 мм.

Таблиця 3.1 - Нормативні допустимі напруження для конструкційних матеріалів

Марка матеріалу	Значення $[\sigma]$, МПа, в залежності від температури		
	20°C	100°C	200°C
Сталь Ст 3	140	134	126
Сталь 20, 20К	147	142	136
Сталь 09Г2С, 16ГС, 17ГС	183	160	148
Нержавіюча сталь 15Х5М	146	141	134
Нержавіюча сталь 12Х18Н10Т, 10Х17Н13М2Т	160	152	140
Нержавіюча сталь 08Х18Н10Т, 08Х17Н13М2Т	140	130	110
Нержавіюча сталь 08Х22Н6Т, 08Х21Н6М2Т	240	207	193
Титан ВТ1-0	133	118	93
Мідь відпалена	44	44	40
Алюміній	15	10.5	4.5

Згідно характеристикам дефлегматора, робочий тиск $p = 0.2$ Мпа. Матеріал корпусу нержавіюча сталь 12Х18Н10Т, отже при температурі 20 , 100, 200°C

					08-62.БКП.009.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Значення $[\sigma]$ 160, 152, 140 МПа відповідно. Дефлегматор при спиртовій ректифікації працює в межах 70-90°C, отже значення $[\sigma] = 160$ МПа.

Також, необхідно зазначити, що для виготовлення дефлегматора використовується нержавіюча сталь 12Х18Н10Т, середовище не агресивне та слабокорозійне. Тому припуск для компенсації корозії та ерозії C_1 не має потреби враховувати в розрахунок. Припуск на виготовлення C_2 , та припуск на обробку C_3 враховують мінімум 0.5 мм.

Робочий тиск в між трубному просторі $p = 1$ МПа.

Розрахунок товщини обичайки виглядає таким чином:

$$S = \frac{1 \cdot 800}{2 \cdot [160] \cdot 1 - 1} + 0,5 + 0,5 \approx 3,51 \text{ мм}$$

Округлюючи до цілого числа, отримуємо необхідну товщину стінки обичайки $S = 4$ мм.

3.1.2 Розрахунок товщини днища

У кожухотрубчастих теплообмінних апаратах застосовують стандартні еліптичні та плоскі днища. В конструкції дефлегматора $F=2 \times 50$ мм використовується плоскі фланцеві днища.

Згідно з нормами проєктування посудин під тиском, товщина плоского фланцевого днища використовується така формула:

$$S_d = K \cdot D \cdot \sqrt{\frac{p}{[\sigma]}} \quad (3.2)$$

Коефіцієнт міцності зварного шва $\varphi = 1,0$ при контролі шва на довжині 100%-м і $\varphi = 0,9$ при 50%-му контролі довжини шва. Допустима напруга для конструкційних матеріалів залежать від матеріалу та робочої температури.

					08-62.БКП.009.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Виконавчу товщину стінки вибирають із стандартного ряду товщин труб або листового прокату. Фактична товщина повинна бути більшою за розрахункову і забезпечувати жорсткість обичайки. Мінімальна товщина циліндричних обичайок без збільшення корозії та ерозії становить 2 мм при діаметрі до 400 мм, 3 мм при діаметрі до 1000 мм і 4 мм при діаметрі до 2000 мм.

Таблиця 3.2 Нормативні допустимі напруження для конструкційних матеріалів

Марка матеріалу	Значення $[\sigma]$, МПа, в залежності від температури		
	20°C	100°C	200°C
Сталь Ст 3	140	134	126
Сталь 20, 20К	147	142	136
Сталь 09Г2С, 16ГС, 17ГС	183	160	148
Нержавіюча сталь 15Х5М	146	141	134
Нержавіюча сталь 12Х18Н10Т, 10Х17Н13М2Т	160	152	140
Нержавіюча сталь 08Х18Н10Т, 08Х17Н13М2Т	140	130	110
Нержавіюча сталь 08Х22Н6Т, 08Х21Н6М2Т	240	207	193
Титан ВТ1-0	133	118	93
Мідь відпалена	44	44	40
Алюміній	15	10.5	4.5

Згідно характеристикам дефлегматора, робочий тиск $p = 0.2$ МПа.

Матеріал корпусу нержавіюча сталь 12Х18Н10Т, отже при температурі 20, 100, 200°C Значення $[\sigma]$ 160, 152, 140 МПа відповідно. Дефлегматор при

					08-62.БКП.009.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

спиртовій ректифікації працює в межах 70-90°C, отже значення $[\sigma] = 160 \text{ Мпа}$.

Також, необхідно зазначити, що для виготовлення дефлегматора використовується нержавіюча сталь 12Х18Н10Т, середовище не агресивне та слабокорозійне. Тому припуск для компенсації корозії та ерозії C_1 не має потреби враховувати в розрахунок. Припуск на виготовлення C_2 , та припуск на обробку C_3 враховують мінімум 0.5 мм.

Робочий тиск в між трубному просторі $p = 1 \text{ Мпа}$.

Розрахунок товщини обичайки виглядає таким чином:

$$S = \frac{1 \cdot 800}{2 \cdot [160] \cdot 1 - 1} + 0,5 + 0,5 \approx 3,51 \text{ мм}$$

Округлюючи до цілого числа, отримуємо необхідну товщину стінки обичайки $S = 4 \text{ мм}$.

3.1.2 Розрахунок товщини днища

У кожухотрубчастих теплообмінних апаратах застосовують стандартні еліптичні та плоскі днища. В конструкції дефлегматора $F=2 \times 50 \text{ м}$ використовується плоскі фланцеві днища.

Згідно з нормами проектування посудин під тиском, товщина плоского фланцевого днища використовується така формула:

$$S_d = K \cdot D \cdot \sqrt{\frac{p}{[\sigma]}} \quad (3.3)$$

де p – робочий тиск, D – діаметр корпуса, $[\sigma]$ – допустиме напруження, K – конструктивний коефіцієнт. Зазвичай для жорстко закріпленої кришки по контуру конструктивний коефіцієнт $K = 0,5$.

					08-62.БКП.009.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Матеріал виготовлення днища сталь Ст3, отже допустиме напруження згідно таблиці 3.1 при робочій температурі 70-90°C $[\sigma] = 140\text{МПа}$.

Формула товщини плоского фланцевого днища має такий вигляд:

$$S_{\text{д}} = 0,5 \cdot 800 \cdot \sqrt{\frac{1}{140}} \approx 33,8 \text{ мм}$$

Округляючи значення до цілого числа отримуємо значення товщини плоского днища $S = 34\text{мм}$.

Кількість отворів та їх діаметр підбирається за фланцем.

3.1.3 Розрахунок гідравлічного випробовування дефлегматора

Після виготовлення всі дефлегматори підлягають гідравлічному випробуванню. Значення пробного тиску $P_{\text{пр}}$ у зварному апараті, МПа, приймають залежно від розрахункового тиску $P_{\text{р}}$:

$$P_{\text{пр}} = 1,25 \frac{[\sigma_{20}]}{[\sigma_t]} \cdot P_{\text{р}}, \quad (3.4)$$

де $[\sigma_{20}]$ - допустима напруга для матеріалу посудини та її елементів за температури 20 °С, МПа; $[\sigma_t]$ - те саме за робочої температури, МПа; $P_{\text{р}}$ - розрахунковий тиск дефлегматора, МПа.

При значенні робочої температури в дефлегматорі не вище 200 °С відношення $[\sigma_{20}]/[\sigma_t]$ приймають рівним 1.

Розрахунок гідравлічного випробовування дефлегматора має таку формулу:

$$P_{\text{пр}} = 1,25 \cdot 1 \cdot 160 = 200 \text{ МПа.}$$

Отже, при гідравлічному випробовуванні значення пробного тиску має сягати $P_{\text{пр}} = 200\text{МПа}$.

					08-62.БКП.009.00.000.ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.1.4 Розрахунок трубної решітки

Трубна дошка буде замінена трубною решіткою задля покращення процесу виготовлення. Різницею між цими деталями є те, що дошка є цільною конструкцією з фланцевим з'єднанням, трубна решітка ж є окремою деталлю від фланця.

Трубна решітка — це ключовий елемент теплообмінного апарата, зокрема дефлегматора, що фіксує кінці теплообмінних труб і забезпечує їх герметичне з'єднання з корпусом.

Товщину трубної решітки, м, виходячи з умови закріплення труб розвальцьовуванням з обварюванням, визначають з умови:

$$S_p = \frac{(0.435d_t + 0.0015)10^{-2}}{t_p - d_t} \geq 0.01, \quad (3.5)$$

де d_t - зовнішній діаметр труб, м; t_p - крок отворів у трубній решітці м.

У теплообмінниках типу ТН і ТК труби розміщують по вершинах рівносторонніх трикутників. Значення кроку (відстані між осями труб) визначається зовнішнім діаметром труб за таблицею 3.3

Таблиця 3.3 – міжосьова відстань відносно діаметра труб

d_t , мм	16	20	25	32	57
t_p , мм	21	26	32	50	70

Згідно з загальних характеристик дефлегматора $F=2 \times 50$ м зовнішній діаметр теплообмінної труби $d_t = 0,032$ м. Отже міжосьовий крок отворів у трубній решітці становить $t_p = 0,050$ м.

При заданих даних виконуємо розрахунок товщини трубної решітки:

$$S_p = \frac{(0,435 \cdot 32 + 0.0015)10^{-2}}{50 - 32} = 0,009 \text{ м} \approx 0,01 \text{ м} \geq 0.01$$

					08-62.БКП.009.00.000.ПЗ	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Умова розрахунку виконана, отже товщина трубної решітки становить $S_p = 10 \text{ мм}$.

Таблиця 3.4 - розміщення паро напрямних перегородок

Діаметр корпусу	Тиск в корпусі, МПа	Розміщення перегородок	
		l_3	п, шт.
325	1,6; 2,5	180	6, 8, 14, 18
400	1,6; 2,5	250	6, 10, 14, 22
600	1,6	300	4, 8, 10, 18
800	1,0	350	4, 6, 8, 14

Товщина паронапрямних перегородок залежить від товщини обичайки корпусу, отже $S_{\pi} = 4 \text{ мм}$.

При аналізі роботи дефлегматора, було виявлено недостатню конденсацію парів через нестачу паро напрямних перегородок. Опираючись з даних табл.3.1.5 можна розмістити 6 паронапрямних перегородок замість 4. Це збільшить ефективність конденсації спиртових парів.

3.2 Розрахунок сідлових опор

Всього для горизонтальних теплообмінників, зокрема дефлегматорів використовуються 2 типи сідловин опор.

Тип 1 призначений для апаратів із зовнішнім діаметром не більше 630 мм і має два виконання залежно від кількості отворів під фундаментні болти. Опора складається з гнutoї стійки, двох ребер жорсткості та опорного листа. Розміри опори визначають залежно від зовнішнього діаметра кожуха з подальшою перевіркою за допустимим навантаженням.

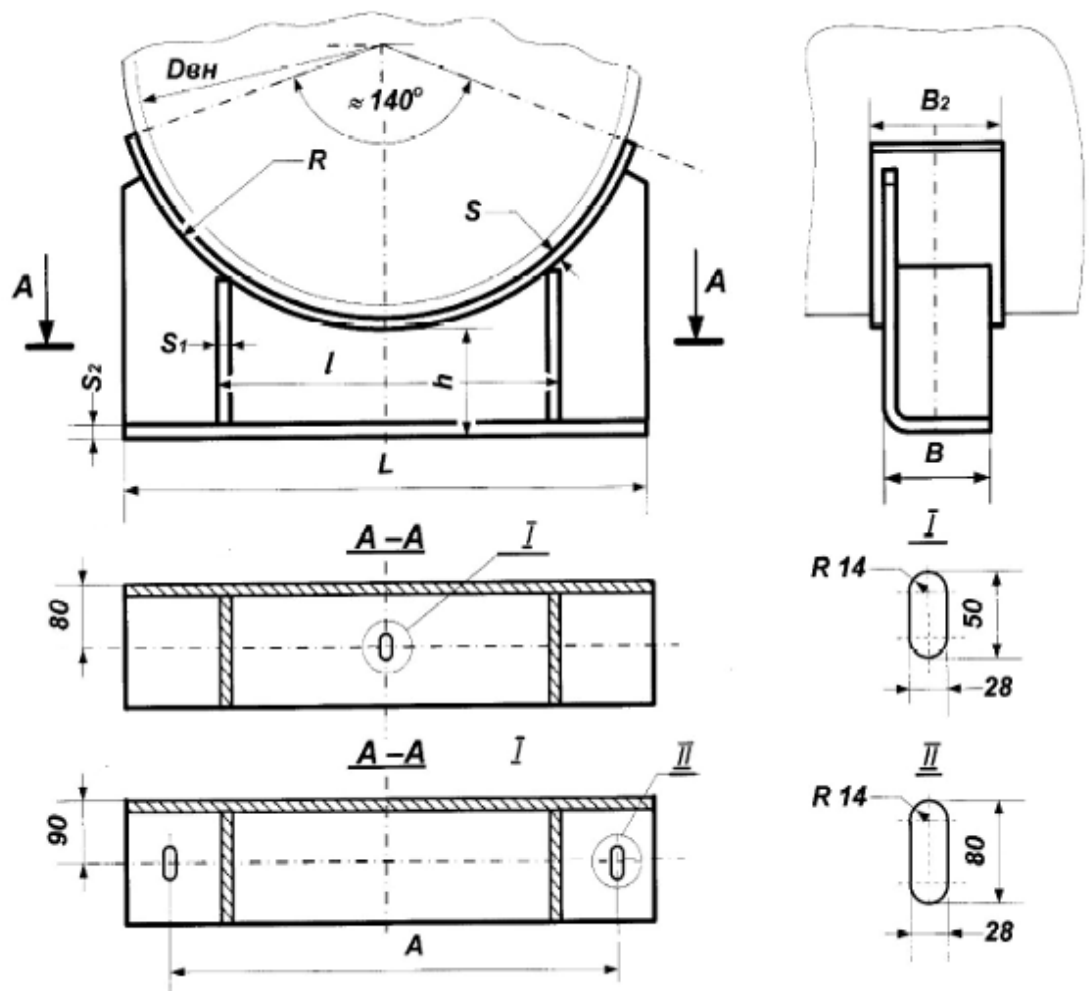


Рисунок 3.1 - Сідлова опора для горизонтальних апаратів тип 1.

Опори типу 2 призначені для апаратів діаметром 800 мм і більше. Вони мають два виконання залежно від допустимого навантаження. Опора типу 2 (рис.3.2.2) складається зі стійки, основи, трьох ребер жорсткості та опорного листа. Розміри опори визначають за табл. 3.5

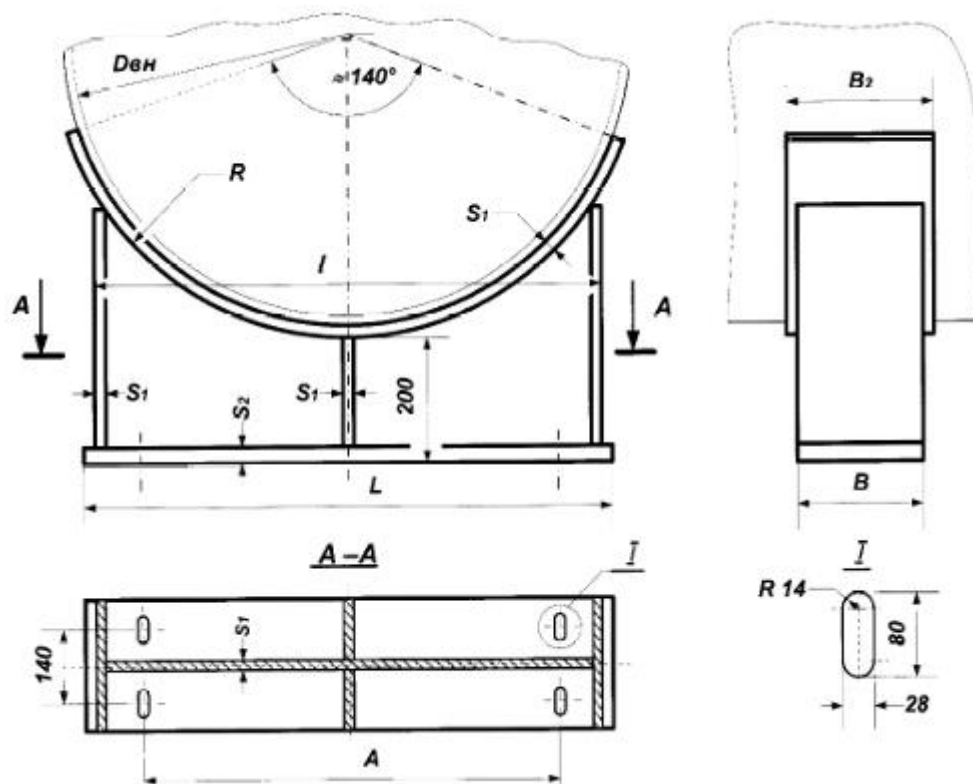


Рисунок 3.2 - Сідлова опора для горизонтальних апаратів тип 2.

Таблиця 3.5 – характеристики сідлових опор

D _{вн}	s1	s2	R	L	l	B	B2	A	Q, кН
800	14	18	422	740	730	250	360	500	160
1000	14	18	522	1000	980	250	360	650	200
1200	12	18	622	1100	1080	250	360	800	200
1400	12	20	722	1250	1230	250	400	950	250

Для перевірки міцності опори, необхідно провести розрахунки загального навантаження. Для цього необхідно розрахувати масу порожнього дефлегматора, масу обичайок корпусу та коробок, масу всіх перегородок та трубних решіток.

Маса порожнього апарата складається з мас, кг:

- усіх труб $n_{\text{заг}}$ товщиною стінки δ_T

$$m_T = \pi d_{\text{CP}} \delta_T l_T n_{\text{заг}} \rho_M; \quad (3.6)$$

- обичайки корпусу завдовжки l_T і обичайок секцій завдовжки l_1 і l_2

$$m_K = \pi D_K S_K (l_T + l_1 + l_2) \rho_M; \quad (3.7)$$

- всіх перегородок k , 2 - трубних решіток

$$m_P = 0,785 D_K^2 (k s_{\Pi} + 2 s_{T.P.} + s_1 + s_2) \rho_M; \quad (3.8)$$

де s - товщина зазначених елементів, м; L - їхня довжина, м; ρ_M - щільність матеріалу, кг/м³; для сталі $\rho_M \approx 8000$.

У робочому стані трубний і міжтрубний простори теплообмінника заповнені теплоносіями, а під час гідравлічного випробування - водою.

Об'єм трубного простору з кришками та об'єм міжтрубного простору становлять, м³:

$$V_T = 0,785 [d_{BH}^2 n_{заг} l_T + D_K^2 (l_1 + l_2)], \quad (3.9)$$

$$V_{MT} = 0,785 (D_K^2 - d_{нар}^2 n_{заг}) l_T. \quad (3.10)$$

Загальне навантаження на опори теплообмінника, кН, під час гідравлічного випробування водою знаходять за рівнянням:

$$Q = 0,001 [m_T + m_K + m_P + (V_T + V_{MT}) \rho_{H_2O}] g. \quad (3.11)$$

Згідно загальних характеристик дефлегматора, загальна кількість теплообмінних труб $n_{заг} = 140$ шт;

Товщина стінок теплообмінних труб сягає $\delta_T = 2$ мм;

Довжина обичайки корпусу $l_T = 3000$ мм = 3 м

Довжина обичайки секцій $l_1 = l_2 = 300$ мм = 0,3 м

					08-62.БКП.009.00.000.ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$m_T = \pi \cdot 0,032 \cdot 0,002 \cdot 3 \cdot 180 \cdot 8000 = 820,3 \text{ кг};$$

$$m_K = \pi \cdot 0,8 \cdot 0,004 \cdot (3 + 0,3 + 0,3) \cdot 8000 = 289,5 \text{ кг};$$

$$m_P = 0,785 \cdot 0,8^2 \cdot (6 \cdot 0,004 + 2 \cdot 0,01 + 0,034 + 0,034) \cdot 8000 = 450,2 \text{ кг}.$$

Тепер необхідно розрахувати об'єм:

$$V_T = 0,785[0,032^2 \cdot 140 \cdot 3 + 0,8^2 \cdot (0,3 + 0,3)] = 0,64 \text{ м}^3$$

$$V_{MT} = 0,785 (0,8^2 - 0,032^2 \cdot 180) \cdot 3 = 1,2 \text{ м}^3$$

При розрахунку маси всіх теплообмінних труб $m_T = 820,3$ кг, маси обичайок $m_K = 289,5$ кг, маси перегородок та трубних решіток $m_P = 450,2$ кг, а також об'єми трубного та між трубного простору $V_T = 0,64 \text{ м}^3$, $V_{MT} = 1,2 \text{ м}^3$ відповідно, стало можливим розрахунок загального навантаження на опори.

$$Q = 0,001 [820,3 + 289,5 + 450,2 + (0,64 + 1,2) \cdot 1000] \cdot 9,8 = 33,3 \text{ кН}$$

Отже, сідловка опора типу 2 зі значеннями $s_1 = 14$ мм, $s_2 = 18$ мм, $R = 422$, $L = 740$ мм, $l = 730$ мм, $B = 250$ мм, $B_2 = 360$ мм, $A = 500$ мм, та з плановою міністю $Q = 160$ кН, здатні витримати загального навантаження дефлегматора $F=2 \times 50$ м.

3.3 Вибір фланців для з'єднання секцій з корпусом

Залежно від призначення за місцем установлення розрізняють фланці:

- з'єднувальних частин трубопроводів, штуцерів насосів і апаратів, запірно регулювальних пристроїв тощо;
- апаратні полегшені, що слугують для з'єднання окремих частин ємностей, апаратів.

За способом з'єднання з трубою, корпусом апарата, приладом фланці можуть бути плоскими і приварними встик.

					08-62.БКП.009.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

За конструкцією поверхні ущільнювача розрізняють фланці:

- із гладкою поверхнею ущільнювача;
- типу «виступ - западина»;
- типу «шип - паз».

Фланці з плоским виступом типу а зручні для заміни прокладки, встановлення заглушок. У фланцевих з'єднаннях із виступом і западиною типу б прокладка фіксується у фланці із западиною. Для апаратів, що працюють за глибокого вакууму, використовують фланці на P_v щонайменше 1,6 МПа з ущільненням типу в «шип - паз». Прокладка укладається в кільцевий паз, що запобігає її переміщенню в радіальному напрямку.

Важливість фланцевих з'єднань

- Герметичність апарата: фланцеві з'єднання забезпечують герметичне з'єднання окремих частин апарата;
- Можливість розбирання для ремонту та обслуговування: фланцеві з'єднання дозволяють розібрати апарат без його пошкодження;
- Компенсація деформацій: у поєднанні з ущільнюючими прокладками, фланці здатні частково компенсувати температурні розширення і вібрації, які виникають під час роботи. Це підвищує загальну надійність і довговічність апарата

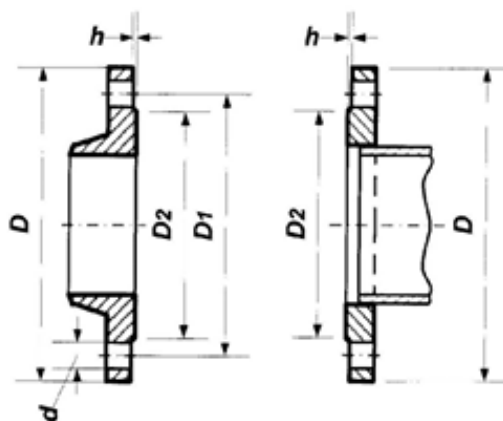


Рисунок 3.3 - Фланець типу а з плоским виступом

					08-62.БКП.009.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

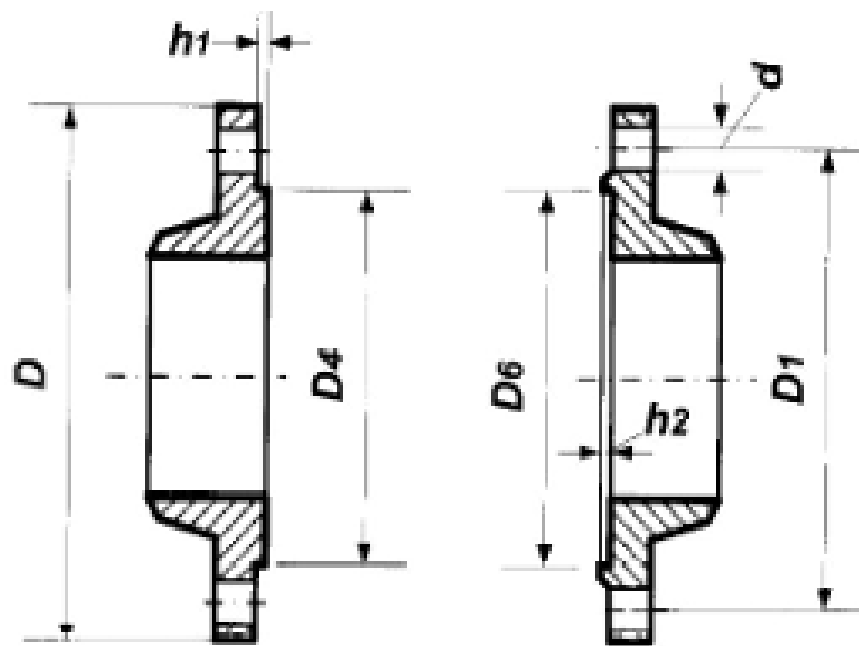


Рисунок 3.4 - Фланець типу б зі з'єднувальним виступом і з'єднувальною западиною

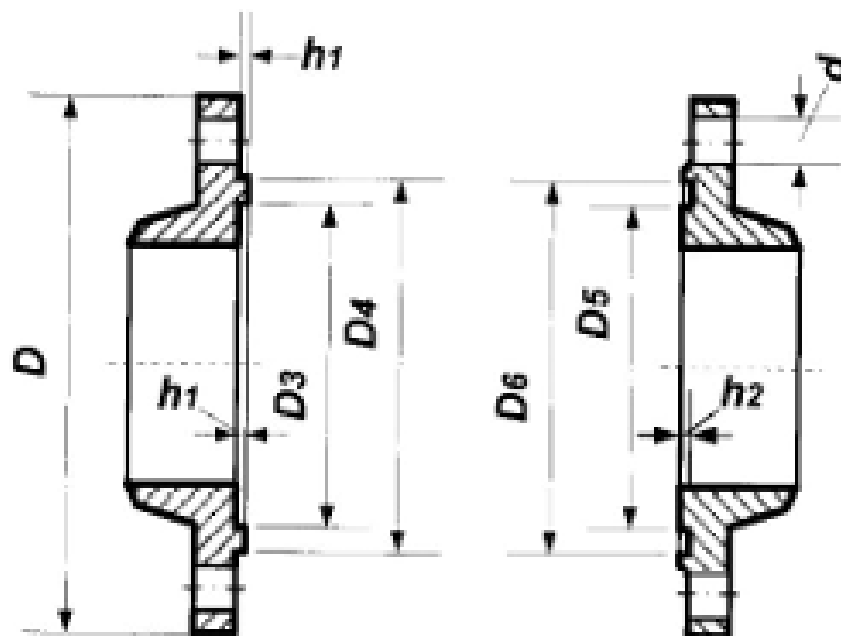


Рисунок 3.5 Фланець типу в із з'єднувальним шипом і з'єднувальним пазом.

Для з'єднання корпусу та секцій необхідно використовувати сталевих приварних встик фланців.

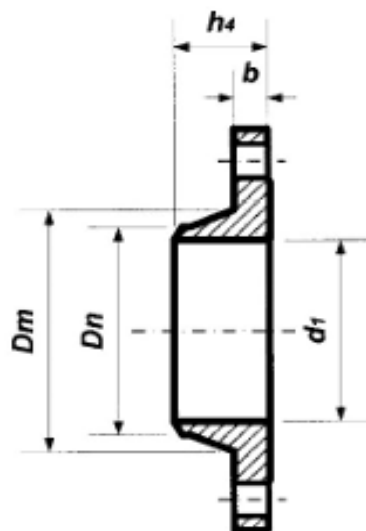


Рисунок 3.6 Сталевий приварний фланець.

Таблиця 3.6 - Конструктивні розміри сталевих фланців приварених встик.

Dy	P _y 1,0 МПа				
	d ₁	b	h ₄	D _m	D _n
400	402	16	45	440	432
500	501	19	50	545	535
600	602	19	55	650	636
800	805	19	60	844	826

Фланці посудин і апаратів сталеві приварні встик використовують в апаратах із внутрішнім діаметром від 400 до 4000 мм з умовним тиском від 0,6 до 6,3 МПа при температурі робочого середовища від -70°C до +540 °C.

Враховуючи те, що внутрішній діаметр корпусу та секцій ø800мм параметри фланця будуть такими:

- d₁ = 805 мм;
- b = 19 мм;

- $h_4 = 60$ мм;
- $D_m = 844$ мм;
- $D_n = 826$ мм.

Також необхідно зазначити що саме внутрішній діаметр має значення 800мм. Отже якщо врахувати товщину стінок корпусу (4мм) то зовнішній діаметр буде $\varnothing 808$ мм. Це означає що внутрішній діаметр фланця d_1 необхідно зробити більшим.

Отже внутрішній діаметр фланця має перевищувати зовнішній діаметр корпусу та секцій з врахуванням зазору (2мм). $d_1 = 810$ мм.

Інші конструктивні розміри фланця залишаються незмінними

3.4 Висновки конструкторської частини.

У конструкторській частині проекту було здійснено технічне обґрунтування та розрахунок удосконаленої конструкції дефлегматора. На основі аналізу експлуатаційних вимог, теплових навантажень та особливостей технологічного процесу було обрано кожухотрубчасту горизонтальну конструкцію дефлегматора, яка забезпечує високу ефективність теплообміну та конструкційну надійність при роботі з водно-спиртовими парами.

Проведено розрахунок товщини стінки корпусу та кришки з урахуванням робочого тиску, допустимого напруження матеріалу (нержавіюча сталь) та умов корозійної стійкості.

Запропановане розташування паронапрямних перегородок покращує розподіл пари в трубному просторі та підвищує ефективність часткової конденсації.

Враховано особливості монтажу трубної решітки та інших елементів для забезпечення механічної стійкості при температурних розширеннях.

Розроблена конструкція дефлегматора забезпечує покращені техніко-експлуатаційні характеристики, зменшення теплових втрат і підвищення

					08-62.БКП.009.00.000.ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ефективності процесу ректифікації. Запропоновані рішення дозволяють підвищити надійність, довговічність і безпеку обладнання в умовах промислової експлуатації.

					08-62.БКП.009.00.000.ПЗ	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕФЛЕГМАТОРА

У сучасних умовах зростаючих вимог до енергоефективності та якості хімічних і харчових виробництв особливу увагу приділяють вдосконаленню апаратів тепломасообміну, зокрема дефлегматорів. Ці пристрої відіграють ключову роль у процесах ректифікації, забезпечуючи часткову конденсацію парів і повернення рідкої фази (флегми) для підвищення селективності поділу компонентів суміші.

Технологія виготовлення дефлегматора повинна гарантувати високу герметичність, механічну міцність, довговічність та термостійкість конструкції. Крім того, враховується необхідність уніфікації складових частин, зручності обслуговування, ремонту та відповідності державним стандартам.

Основні етапи виготовлення дефлегматора:

1. Підготовка матеріалів та механічна обробка окремих деталей перед складанням;
2. Зварювання, та контроль якості.

Окрему увагу приділено вибору зварних з'єднань, методів неруйнівного контролю, а також засобів захисту від корозії.

Таким чином, розробка ефективної та економічно доцільної технології виготовлення дефлегматора має важливе значення як для забезпечення надійної роботи установки, так і для зниження виробничих витрат та підвищення експлуатаційної безпеки.

4.1 Вибір матеріалів для виготовлення елементів дефлегматора

Вірний вибір матеріалів для виготовлення елементів дефлегматора є критично важливим для забезпечення надійної та довготривалої його роботи. Оскільки цей апарат працює в умовах високих температур, вологи, дії парів

					08-62.БКП.009.00.000.ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

спиртів, кислотних залишків і перепадів тиску, матеріали повинні відповідати ряду фізико-механічних, хімічних та технологічних вимог.

Загальні вимоги до матеріалів:

- Корозійна стійкість — обов’язкова умова, оскільки дефлегматор взаємодіє з водно-спиртовими парами та конденсатом, які можуть містити домішки (кислоти, сірчисті сполуки).

- Жаростійкість і термостійкість — особливо у верхній частині ректифікаційної колони, де температура може сягати 120–140 °С.

- Зварюваність — матеріали повинні добре піддаватися зварюванню без утворення тріщин, пор і деформацій.

- Механічна міцність — для забезпечення витримки внутрішнього тиску (до 0,25–1,6 МПа).

- Доступність і стандартизація — наявність матеріалів у стандартизованому прокаті та трубній продукції.

Таблиця 4.1 Матеріали для виготовлення елементів дефлегматора

Елемент конструкції	Рекомендований матеріал	Характеристика
Корпус (кожух)	Нержавіюча сталь 08X18H10T або AISI 304	Висока корозійна стійкість, хороша зварюваність
Трубний пучок	Сталь 12X18H10T, AISI 304 або AISI 316	Жаростійка, придатна для контакту з спиртовими парами
Трубні решітки	Нержавіюча сталь 08X18H10T або AISI 304	Добра оброблюваність, висока міцність
Паронапрямні перегородки	Нержавіюча сталь 08X18H10T або AISI 304	Стійкість до агресивного середовища
Фланці	Сталь 3, 09Г2С або 08X18H10	Підбираються відповідно до середовища та тиску
Ущільнення	Фторопласт (ПТФЕ), пароніт, графітові прокладки	Хімічна інертність, стійкість до температур і тиску

З таблиці 4.1, для обичайки корпусу, трубного пучка, кілець жорсткості, трубної решітки, лінзового компенсатора та паронапрямних перегородок обираємо матеріал нержавіюча сталь AISI 304. Фланці, днища та сидлові опори виготовляються зі Сталі 3. Ущільнення з'єднань виготовляються з листового прокладкового матеріалу – пароніт.

Переваги використання нержавіючої сталі:

- Не потребує фарбування;
- Значно довший ресурс (10–15 років без заміни);
- Підвищує гігієнічність обладнання, що важливо у виробництві харчових і фармацевтичних продуктів.

4.2 Виготовлення та механічна обробка деталей

4.2.1 Підбір заготовок та процес виготовлення деталей

Корпус дефлегматора складається з двох обичайок та лінзового компенсатора між ними. Обичайка виготовляється з листу металу, а саме 2525x1420x4 мм. Листи рівномірно вальцюються у циліндричну форму та зварюються у місці стику. На одному з кінців обичайок робиться відбортовка на 20 мм, яка в подальшому необхідна для фланцевого з'єднання. Дві обичайки довжиною 1400 мм та внутрішнім діаметром 800 мм готові.

Лінзовий компенсатор складається з двох кілець з внутрішнім діаметром 750 мм, зовнішнім - 870 мм. Кільця вирізаються з сталюого листа AISI 304 товщиною 4мм на лазерному ріжучому станку з ЧПУ. Далі кільця згинаються у необхідну форму утворюючи 2 половинки компенсатора, після чого ці половинки зварюються. Лінзовий компенсатор з внутрішнім діаметром 810 мм готовий. Обичайки секцій виготовляються таким самим чином, але лист береться інших розмірів – 2525 x 340 x 4мм та виконується відбортовка в 20 мм робиться з двох сторін.

					08-62.БКП.009.00.000.ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Паронапрямні перегородки вирізаються з листів AISI 304 товщиною 4 мм на лазерному ріжучому станку з ЧПУ та згинається у місці згину під кутом 90°.

Трубні решітки також вирізаються на лазерному ріжучому станку з ЧПУ з листового металу AISI 304 товщиною 10мм.

Патрубки для трубного пучка купляються готовими. При необхідності їх треба врізати на робочу довжину дефлегматора – 3000 мм.

Кільця жорсткості складаються з трьох сегментів, які вирізаються на листі металу AISI304 товщиною 8 мм за допомогою лазерного ріжучого станка з ЧПУ.

Фланець Ду800 виготовляється з трьох сегментів. Сегменти вирізаються плазморізальним апаратом зі Сталі 3 товщиною 20 мм, далі сегменти зварюються у ціле кільце, в якому згодом просвердлюють отвори для закріплення болтів на свердильно-фрезерному верстаті.

Плоске днище вирізається цілим колом плазмо-різальним апаратом з листового металу Сталь 3 товщиною 35мм. Потім просвердлюються отвори для закріплення болтів на свердильно-фрезерному станку.

Сідлові опори виготовляються з окремих шматків металу які ріжуться на гільйотинних ножицях з листового металу зі сталі 3 товщиною 14 мм. Сідлова частина вальцюється по радіусу корпусу дефлегматора. Далі частини збирають та зварюють.

4.2.2 Механічна обробка деталей

Після процесу різання сегментів компенсатора, сегментів кілець жорсткості, паронапрямних перегородок, трубних решіток на лазерному ріжучому станку з ЧПУ можуть бути виявлені задирки на місці різку. Задирки зачищають шліфуванням поверхні деталей.

Фланці та днища необхідно зачистити та проточити для зняття корозійного шару.

Всі деталі після механічної обробки фарбуються антикорозійною фарбою.

					08-62.БКП.009.00.000.ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.3 Процес складання дефлегматора та зварювання деталей.

Для зварювання основних частин дефлегматора (корпуса, фланців, трубних решіток, патрубків, внутрішніх перегородок) використовується напіваавтоматичне зварювання в середовищі захисних газів.

Процес відбувається в захисному середовищі (інертному або активному газі), що запобігає окисленню шва.

На практиці в умовах харчових/спиртових виробництв особлива увага приділяється поліруванню зварних швів, щоб уникнути застою середовищ та полегшити санітарну обробку.

У конструкції дефлегматора зварюванню підлягають:

- Циліндричний корпус (кожух) — поздовжній та кільцеві шви;
- Патрубки — герметичні вузли з'єднання з трубопроводами;
- Трубні решітки — з'єднання з корпусом та трубками;
- Паронапрямні та поперечні перегородки — фіксуються на корпусі або між собою.

Процес складання:

1. Обичайки корпусу та компенсатор зварюються кільцевим швом утворюючи загальну довжину корпусу 3000мм;

2. Трубні решітки та паронапрямні перегородки з'єднуються металевими штирями. Враховуються необхідна відстань та фіксується зварним швом;

3. Конструкція з трубних решіток та паро напрямних перегородок вставляється всередині корпусу, трубні решітки приварюються до корпусу;

4. Теплообмінні труби вставляються в отвори трубних решіток, проходячи всю робочу довжину. Труби приварюються до трубних решіток.

5. Водяні перегородки приварюються до обичайки секції по кресленню;

6. Корпус кладеться на нижні сідлові опори;

7. Секції з'єднуються з корпусом та паронітовою прокладкою між ними, за допомогою фланців та болтового з'єднання.

					08-62.БКП.009.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

8. Плоскі днища з'єднуються з паронітовою прокладкою та секціями за допомогою фланців та болтового з'єднання.

Технологічні етапи зварювання

1. Підготовка поверхонь: знежирення, видалення оксидів, механічна зачистка; зняття фасок; сухість поверхонь — критично важлива при зварюванні нержавіючих сталей.

2. Точкова прихватка: попередня фіксація деталей для виключення зсувів при зварюванні; відстань між прихватками — 100–150 мм.

3. Основне зварювання: у декілька проходів (особливо при товщині стінки понад 5 мм); контроль глибини провару, зменшення внутрішніх напружень; використання зворотного ходу пальника для рівномірного прогріву.

4. Охолодження і контроль: природне охолодження, без інтенсивного обдуву; після зварювання — візуальний та капілярний контроль на тріщини; при потребі — рентген або УЗК (ультразвуковий контроль).

Особливості при зварюванні нержавіючої сталі:

- Необхідно уникати перегріву зони шва — використовується імпульсне зварювання або обмеження струму;
- Після зварювання можлива пасивація шва (кислотне або електрохімічне очищення);
- Забороняється використання інструменту по чорному металу для нержавіючих сталей;
- Виключається контакт нержавіючого з'єднання з вуглецевими домішками.

Якість та контроль швів:

- Візуальний контроль — форма, ширина шва, відсутність підрізів, бризок;
- Капілярний метод — для виявлення тріщин та пор;

					08-62.БКП.009.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

- Ультразвуковий контроль — для зварних швів товстостінних деталей;
- Герметичність — перевіряється методом пневмовипробувань або гідравлічного тиску.

4.4 Контроль якості під час виготовлення дефлегматора

Контроль якості виготовлення дефлегматора є важливою складовою всього технологічного процесу, що гарантує надійність, герметичність та безпечну експлуатацію обладнання. Процедура контролю передбачає поетапну перевірку комплектуючих, технічних параметрів зварних з'єднань, геометричних розмірів, герметичності та відповідності технічній документації.

Перед початком виготовлення всі матеріали проходять вхідний контроль:

- Перевірка сертифікатів відповідності (на сталевий прокат, зварювальні дроти, гази, фланці тощо);
- Візуальний огляд на наявність механічних пошкоджень, іржі, тріщин;
- Перевірка маркування, товщини, хімічного складу матеріалу (особливо для нержавіючих сталей).

Контроль геометричних параметрів:

- Контроль внутрішнього та зовнішнього діаметра корпусу (неповинно бути овальності понад 1% D);
- Перевірка перпендикулярності фланців до осі корпусу;
- Точність розміщення отворів у трубних решітках;
- Контроль розмірів перегородок, відстаней між елементами.

Контроль зварних з'єднань:

					08-62.БКП.009.00.000.ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Візуальний контроль: виявлення підрізів, пор, шлакових включень; оцінка форми шва, ширини, провару, симетричності; оцінка кольору після зварювання нержавіючої сталі — не повинен бути темно-синім або чорним.

- Капілярний контроль: використовується для виявлення поверхневих тріщин і мікродефектів; нанесення пенетранта, витримка, очищення та нанесення проявника.

- Ультразвуковий контроль: застосовується для контролю внутрішніх дефектів зварних швів; дає змогу виявити непровар, пористість, тріщини; виконується при товщині стінки > 6 мм.

- Радіографічний контроль: проводиться рентгенографією зварних швів — точна оцінка щільності та наявності включень; зазвичай використовується для найважливіших швів — корпус-фланець, корпус-трубна решітка.

Контроль герметичності:

- Пневмовипробування: подача стисненого повітря під тиском 1 МПа (робочий тиск), витримка не менше 10 хв;

- Гідравлічні випробування: наповнення водою, контроль тиску та огляд на витік (для корпусів і трубчастої частини);

- Герметичність трубок у трубній решітці — перевірка методом вакуумування або дзвоновим способом.

					08-62.БКП.009.00.000.ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

Досліджуваним об'єктом є двосекційний дефлегматор для конденсації спиртових парів.

Небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які можуть впливати на працівників, діляться на чотири групи: фізичні, хімічні, біологічні та психофізіологічні.

До фізичних небезпечних та шкідливих виробничих факторів відносяться:

- високий тиск (до 0,6 МПа і вище) — ризик розгерметизації або вибуху;
- підвищена температура поверхонь обладнання;
- робота в умовах обмеженого простору або на висоті;
- підвищена вологість повітря;

Біологічні шкідливі та небезпечні фактори відсутні.

До хімічних небезпечних та шкідливих виробничих факторів відносяться:

- по характеру впливу на організм людини – токсичні, канцерогенні, асфіксійні;
- по шляху проникнення в організм людини – через органи дихання

До психофізіологічних небезпечних та шкідливих виробничих факторів відносяться:

- фізичні перевантаження (статичні фізичні перевантаження);
- нервово-психічні перевантаження (монотонність праці).

5.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта

5.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

З метою забезпечення безпечної експлуатації дефлегматора та суміжного обладнання, виробничі та допоміжні приміщення мають відповідати низці санітарно-гігієнічних, пожежно-технічних та будівельних норм.

					08-62.БКП.009.00.000.ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Стіни та підлога мають бути хімічно та термічно стійкими, легко миються та не вбирають вологу.
- Покриття підлоги повинно мати нахил до трапу для збору залишків рідин
- Висота приміщень — не менше 3 м, із урахуванням монтажу трубопроводів, дефлегматора, резервуарів тощо.
- Обов'язкова наявність вантажопідйомних засобів (таль, лебідка) для демонтажу теплообмінників або їх обслуговування.

5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат.

Показники, які характеризують мікроклімат:

- температура повітря;
- відносна вологість повітря;
- швидкість руху повітря;
- інтенсивність теплового випромінювання

Мікроклімат — це сукупність параметрів температури, вологості та швидкості руху повітря у виробничому середовищі, які безпосередньо впливають на стан здоров'я працівників, працездатність та безпеку функціонування технологічного обладнання, зокрема дефлегматора.

					08-62.БКП.009.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Таблиця 5.1– Оптимальні і допустимі норми температури, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень

Період року	Температура, С°			Відносна вологість %		Швидкість руху м/с	
	Допустима на постійних робочих місцях			Оптимальна	Допустима	Оптимальна	Допустима
	Оптимальна	Верхня межа	Нижня межа				
Холодний	17-19	21	15	40-60	75	0,2	<0,4
Теплий	20-22	27	16	40-60	70	0,3	0,2-0,5

5.2.2 Виробниче освітлення.

В залежності від зорової роботи в приміщенні, де знаходиться досліджуєми об'єкт, можна віднести до І групи приміщень - це приміщення, в яких проводиться розрізнення об'єктів зорової роботи при фіксованому напрямку лінії зору працюючих на робочу поверхню.

Площа, в якій нормується освітленість - Г (горизонтальна),

- розряд зорових робіт - IVa (для зварювальних робіт, середньої точності зорових робіт та найменшого розміру об'єкту розрізнення –від 0,5 до 1);

- освітленість, лк:

комбінована (загальна + місцева) - 750; загальна - 300;

- показник осліплення - не більше 40%;

- коефіцієнт пульсації - не більше 20%.

Нормовані значення коефіцієнта природного освітлення для III поясу світлового клімату.

Робоча поверхня знаходиться на відстані 1,5 м від підлоги.

Таблиця 5.2 – Норми освітлення

Характеристика зорової роботи	Найменший розмір об'єкту розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Характеристика фону	Контраст об'єкту з фоном	Освітленість КПО, %		
						Штучне освітлення	Природне	
						Комб.	Заг.	Бок.
Середньої точності	Більше 0,5 до 1	IV	a	Темний	Малий	750	300	1,2

Для освітлення цеху слід застосувати газорозрядні лампи. Для місцевого освітлення повинні застосовуватись світильники.

5.3 Технічні рішення з пожежної безпеки

У зв'язку з тим, що дефлегматор функціонує в умовах роботи з горючими парами (водно-спиртовими сумішами), пожежна безпека є критично важливим елементом проєктування та експлуатації обладнання.

Система вентиляції

- Установлено загальнообмінну припливно-витяжну вентиляцію для розведення та видалення парів спирту.
- Вентиляційні канали виготовляються з негорючих матеріалів, а вентилятори — антиіскрового виконання.
- Встановлено датчики контролю концентрації парів легкозаймистих речовин у повітрі з автоматичним попередженням при перевищенні допустимих рівнів.

- Запроваджено автоматичне вимкнення електрообладнання при аварійному перевищенні температури або тиску.

В межах виробничого приміщення передбачено наявність:

- вогнегасників (вуглекислотних, порошкових),
- пожежних кранів,
- датчиків задимлення.

У приміщенні висота від підлоги до низа виступаючих конструкцій перекриття повинна бути не менше 2,2 м, висота від підлоги до низу виступаючих частин комунікацій і обладнання в місцях регулярного проходу людей і на шляхах евакуації - не менше 2 м, а в місцях нерегулярного проходу людей - не менше 1,8 м. Відстані до еваковиходів для категорії приміщення Г і III ступеню вогнестійкості не обмежуються щільністю людського потоку в загальному проході. Кількість людей на 1 м ширини евакуаційного виходу 260.

Евакуаційні шляхи повинні забезпечувати безпечну евакуацію всіх людей, які знаходяться в приміщенні будівлі через еваковиходи. Кількість еваковиходів із будівлі потрібно приймати не менше двох. Ширина шляхів евакуації в світлі повинна бути не менше 1 м, а дверей – не менше 0,8м. Приймаємо для даного приміщення 2 пожежних щити, їх фарбують в білий колір із червоною смужкою по периметру. Всі засоби пожежогасіння фарбують в червоний колір. На кожному щиті повинен бути набір протипожежного інвентарю і первинних засобів пожежегасіння.

					08-62.БКП.009.00.000.ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У ході виконання бакалаврського кваліфікаційного проєкту було проведено комплексне дослідження принципів роботи, конструктивних особливостей та експлуатаційних характеристик дефлегматорів, як важливої частини ректифікаційної установки. Визначено їх сильні та слабкі сторони, конструктивні відмінності та сфери застосування. Особливу увагу приділено кожухотрубчастим горизонтальним дефлегматорам, як найпоширенішим і найефективнішим у промисловості.

За результатами теоретичного дослідження проблематики теми БКП удосконалено конструкцію кожухотрубчастого горизонтального дефлегматора для покращення ефективності конденсації парів та підвищення експлуатаційних характеристик, розроблено конструкцію паро-напрямних перегородок, трубної решітки та кілець жорсткості. Запропоновані рішення дозволяють підвищити надійність, довговічність і безпеку обладнання в умовах експлуатації.

Розроблена технологія виготовлення дефлегматора гарантує високу герметичність, механічну міцність, довговічність та термостійкість конструкції.

Для забезпечення безпечної експлуатації розробленої установки розроблені відповідні заходи з охорони праці у відповідності до діючих нормативних документів.

					08-62.БКП.009.00.000.ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Технологія спирту. В.О.Маринченко, В.А.Домарецький, П.Л.Шиян, В.М.Швець, П.С.Циганков, І.Д.Жолнер. /Під ред. проф. В.О.Маринченка. - Вінниця: "Поділля-2000",
2. ДСТУ 3297:95. Безпека промислового обладнання. Загальні вимоги. - Київ: Держстандарт України, 1996.
3. ДСТУ EN 13445-3:2016. Непідогрівані посудини під тиском. Частина 3. Проектування. - Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016.
4. Гончаренко В.І., Климчук В.І. Процеси та апарати хімічної технології. - К.: Либідь, 2012.
5. Струтинський В.М. Обладнання хімічних виробництв та підприємств будівельних матеріалів. - Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2017.
6. Павлюк М.І. Процеси і апарати переробки рідин і газів. - К.: Центр учбової літератури, 2020.
7. Coulson J.M., Richardson J.F. Chemical Engineering. Volume 6: Chemical Engineering Design. - 4th ed. - Butterworth-Heinemann, 2005.
8. Охорона праці в хімічній промисловості: підручник / За ред. П.М. Мехеда. - К.: Каравела, 2011.
9. Сучасні рішення у сфері ректифікації та тепломасообміну: Матеріали III міжнар. наук.-практ. конф. - Харків: НТУ «ХПІ», 2022.
10. НПАОП 0.00-7.15-18 Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з екранними пристроями. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://sop.zp.ua/norm_npaop_0_00-7_15-18_01_ua.php
11. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги - [Електронний ресурс] - http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=71028

					08-62.БКП.009.00.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

12. Правила улаштування електроустановок - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.energiy.com.ua/PUE.html>
13. Наказ від 08.04.2014 № 248 Про затвердження Державних санітарних норм та правил Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/topiccatalogua/labor-protection/14._nakazy_ta_rozpor_183575/248+58074-detail.htm l
14. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>
15. СанПіН 2.2.4.1294-03 «Фізичні фактори виробничого середовища. Гігієнічні вимоги до аероіонного складу повітря виробничих і громадських приміщень» - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://www.ionization.ru/issue/iss5.htm>
16. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення - [Електронний ресурс] - Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885
17. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. - [Електронний ресурс] - Режим доступу: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>

					08-62.БКП.009.00.000.ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					08-62.БКП.009.00.000.ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Додаток А
(обов'язковий)

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ
УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ
ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕФЛЕГМАТОРА

Вінницький національний технічний університет

Узгоджено
Головний інженер-конструктор
Кучер М.О.
«__» _____ 2025р.

Затверджую
Завідувач кафедри ГМ
д.т.н., проф. Поліщук Л. К.
«__» _____ 2025р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на бакалаврський кваліфікаційний проєкт
на тему:

«УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ
ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕФЛЕГМАТОРА»

Керівник роботи:
к.т.н., доцент кафедри ГМ
Шенфельд В. Й.
Розробив: ст. гр. 1ГМ-216
Драбатий М.Б.

м. Вінниця 2025 р.

1. Найменування і область застосування

Горизонтальний кожухотрубний двосекційний дефлегматор, який призначений для конденсації водно-спиртових парів.

2. Підстави для розробки

Індивідуальне завдання на бакалаврський дипломний проект, затверджене наказом по ВНТУ №97 від «20» березня 2025 р.

3. Мета та призначення розробки

Метою бакалаврського кваліфікаційного проекту є удосконалення дефлегматора горизонтального кожухотрубного для підвищення ефективності конденсації парів та зміцнення конструкції приладу.

4. Джерела розробки

Розробка виконується на основі попиту патентних та науково-технічних матеріалів відомих конструкцій. Виявлені відомі конструкції дефлегматорів у наступних літературних джерелах:

1. Технологія спирту. В.О.Маринченко, В.А.Домарецький, П.Л.Шиян, В.М.Швець, П.С.Циганков, І.Д.Жолнер. /Під ред. проф. В.О.Маринченка. - Вінниця: "Поділля-2000",
2. ДСТУ 3297:95. Безпека промислового обладнання. Загальні вимоги. – Київ: Держстандарт України, 1996.
3. ДСТУ EN 13445-3:2016. Непідогрівані посудини під тиском. Частина 3. Проектування. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2016.
4. Гончаренко В.І., Климчук В.І. Процеси та апарати хімічної технології. – К.: Либідь, 2012.
5. Струтинський В.М. Обладнання хімічних виробництв та підприємств будівельних матеріалів. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2017.
6. Павлюк М.І. Процеси і апарати переробки рідин і газів. – К.: Центр

учбової літератури, 2020.

7. Coulson J.M., Richardson J.F. Chemical Engineering. Volume 6: Chemical Engineering Design. – 4th ed. – Butterworth-Heinemann, 2005.

5. Технічні вимоги

5.1. Склад продукції і вимоги до конструктивної будови.

5.1.1 Дефлегматор має бути повністю герметичним при робочому тиску та температурі;

Усі фланцеві з'єднання, прокладки та зварні шви мають проходити випробування на герметичність (гідравлічні або пневматичні). Апарат повинен витримувати розрахунковий робочий тиск з коефіцієнтом запасу міцності. Матеріали, ущільнення і зварні з'єднання мають забезпечувати стійкість при робочій температурі, яка зазвичай коливається в межах 80–130 °С;

5.1.2. Габаритні розміри, мм

Довжина	3000
ширина	900
висота	2650

5.1.3. Кріплення вузла – швидкоз'ємне та жорстке.

5.1.4. Вузол повинен бути доступним до обслуговування та мати систему фіксації

5.2. Показники призначення:

5.3. Дефлегматор повинен задовольняти таким показникам надійності:

1. Робочий тиск, МПа	1
2. Напрацювання на відмову, год	1000

5.4. Вимоги до рівня уніфікації та стандартизації.

Конструкція має бути розрахована так, щоб не використовувати нестандартні або індивідуальні деталі без необхідності, забезпечити взаємозамінність вузлів, мінімізувати кількість різнотипних деталей у проєкті.

6. Стадії і етапи розробки проєкту.

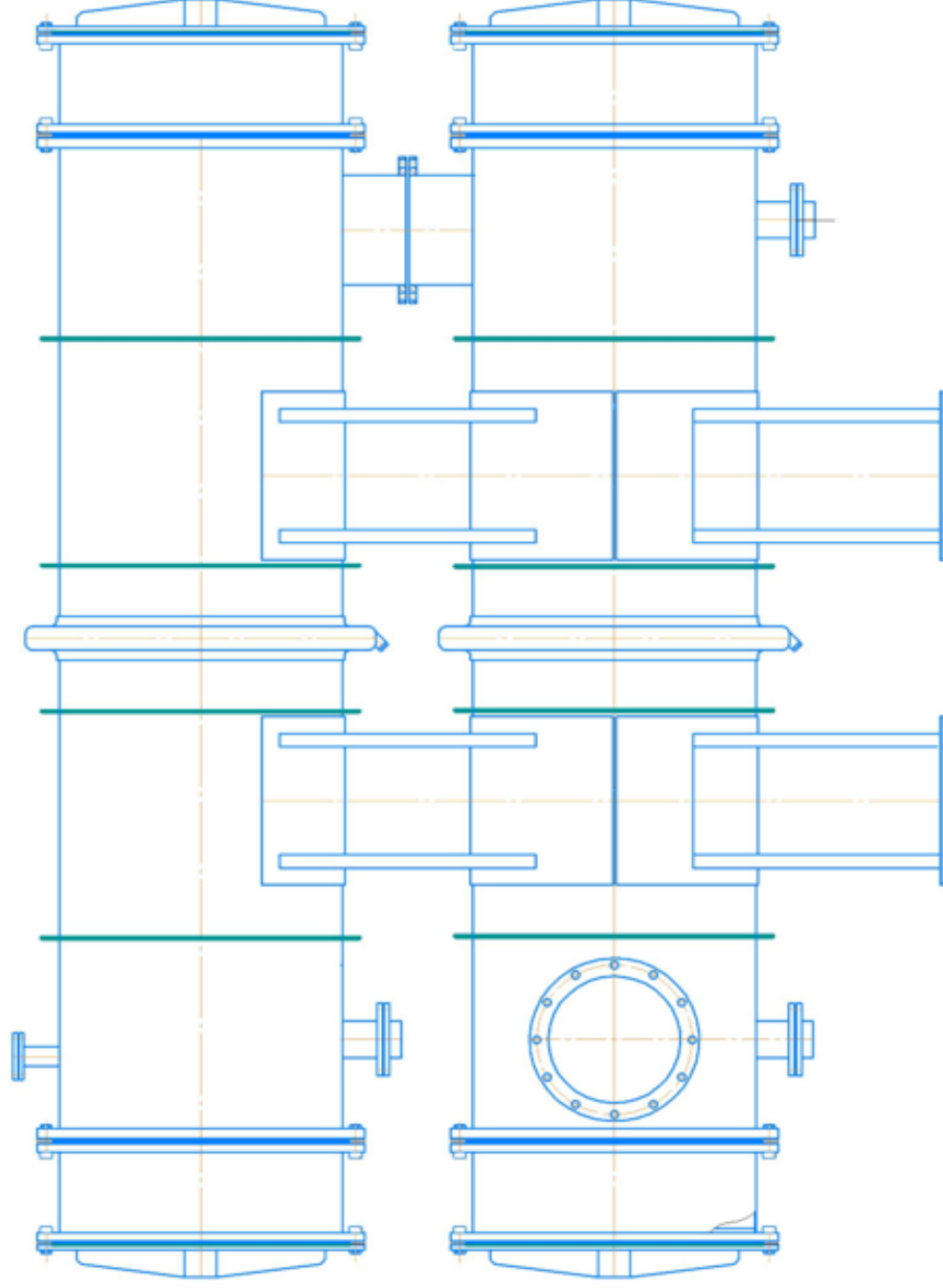
№ з/п	Назва та зміст етапу	Термін виконання	
		початок	закінчення
1	Аналіз конструкцій обладнання для напівсухого пресування матеріалів	05.05.2025	20.05.2025
2	Розробка конструкції напівавтомата для пресування сумішів та його привода	05.05.2025	20.05.2025
3	Розрахунково-конструктивний розділ	24.05.2025	02.06.2025
4	Складальні креслення	27.05.2025	06.06.2025
5	Розробка заходів щодо забезпечення охорони праці	05.05.2025	20.05.2025
6	Оформлення текстової та графічної частини проєкту	12.05.2025	06.06.2025
7	Висновки по роботі.	05.06.2025	06.06.2025
8	Перевірка на плагіат	06.06.2025	09.06.2025
9	Нормоконтроль БКП	10.06.2025	10.06.2025
10	Попередній захист	10.06.2025	
11	Рецензування	11.06.2025	16.06.2025
12	Захист БКП	За графіком кафедри	

Порядок контролю та прийому бакалаврського кваліфікаційного проєкту визначається графіком консультацій, попереднього захисту проєкту, який затверджується кафедрою ГМ та остаточного захисту перед ДЕК. Корегування стадій та етапів виконання проєкту може проводитись при узгодженні з керівником проєкту.

Додаток Б
(обов'язковий)

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА
УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ
ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕФЛЕГМАТОРА

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ДЕФЛЕГМАТОРА



Зовнішній вигляд удосконаленого дефлегматора (розміщення кілець жорсткості)

Додаток В
(обов'язковий)

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА
УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ
ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕФЛЕГМАТОРА

Перв. примен.

Справ. №

Подп. и дата

Инв. № подл.

08-62.БКП.09.00.011

08-62.БКП.09.00.011

Трубная решётка

АISI 304

Подп. и дата

Взам. инв. №

Инв. № дудл.

Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.		Драбатов М.Б.		
Проб.		Шенфельд В.И.		
Т.контр.				
Н.контр.		Шенфельд В.И.		
Утв.		Полещук Л.К.		

Лист

Листов

1

1

08-62.5K17.09.00.004

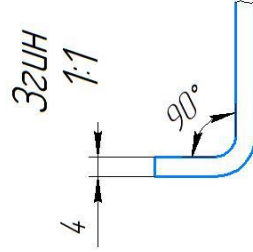
Легко применить.

Сред. №

Инд. № зухд.	Лодн. у дама

Подп. и дата	Взам. унб. №

ИВР. № подл.	



Місце зливу

087

7

155

ø34	108 mm.
-----	---------

[illegible]

Копировал

формат А3

08-62.БКП.09.00.007

Перв. примен.

Справ. №

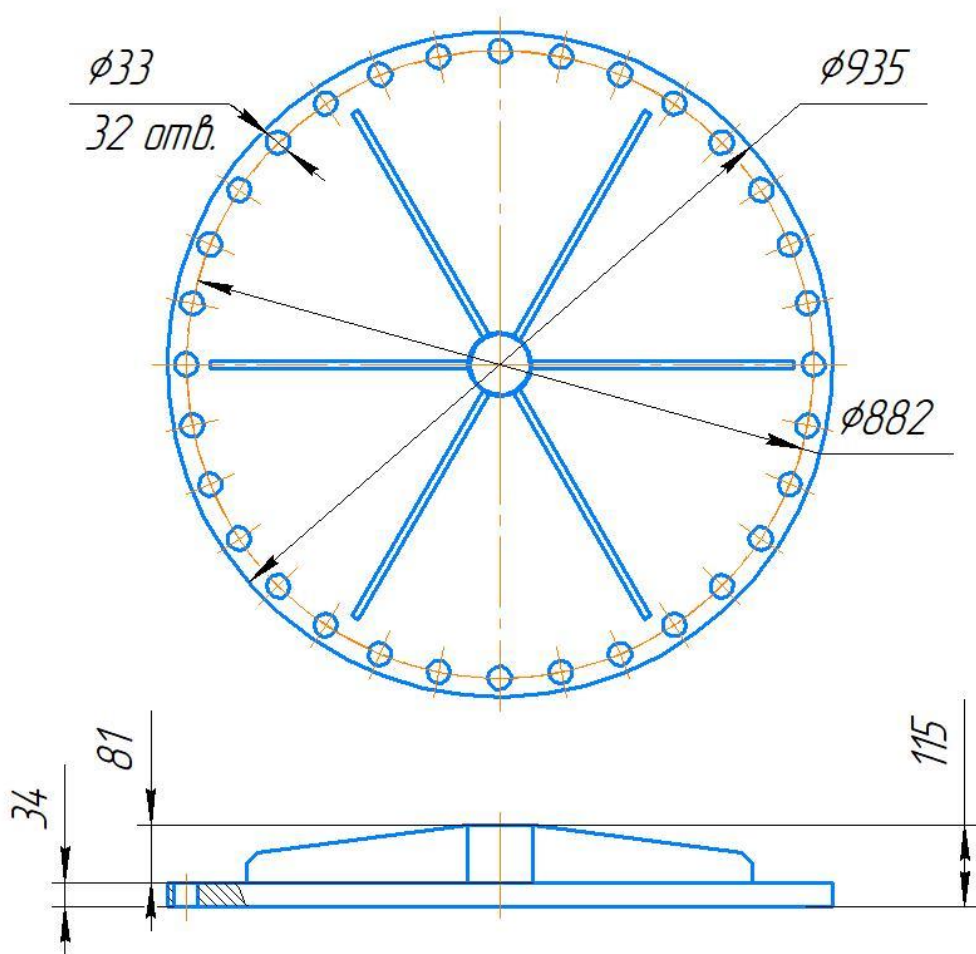
Подп. и дата

Инв. № дубл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инв. № подл.



08-62.БКП.09.00.007

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Драбатиш МБ.			
Пров.	Шенфельд В.И.			
Т.контр.				
Н.контр.	Шенфельд В.И.			
Утв.	Поліщук Л.К.			

Плоске днище

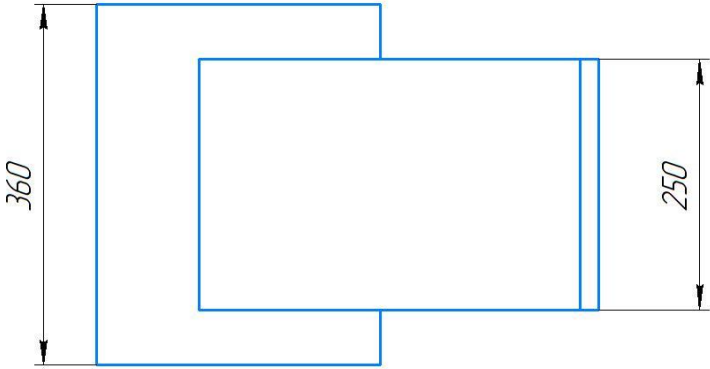
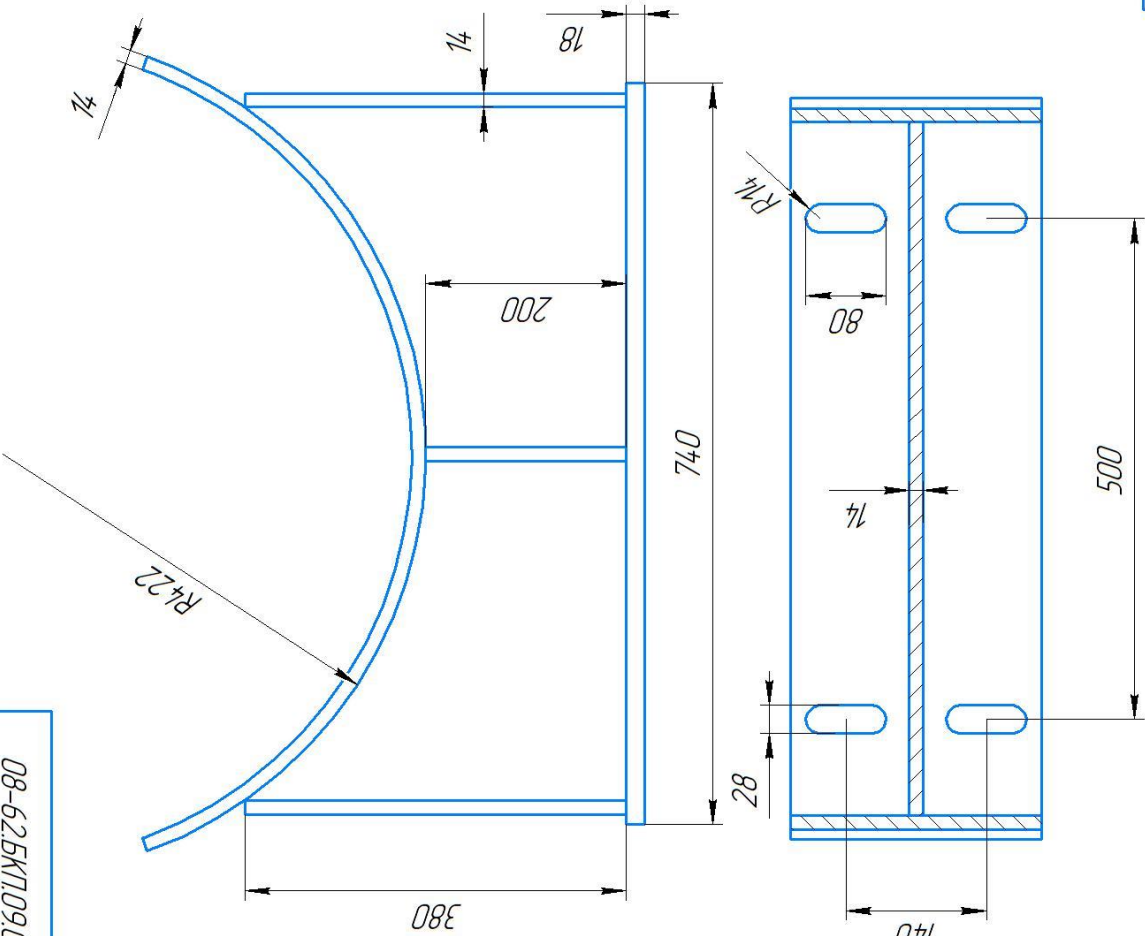
Сталь 3 ГОСТ 380-2005

Лист	Масса	Масштаб
1		1:1
Лист	Листов	1

ВНТУ, 1ГМ-218

Мнб. № подл.	Взам. инб. №	Инб. № дубл.	Подп. у дома	Лист	Листов	Масса	Масштаб
							1:5

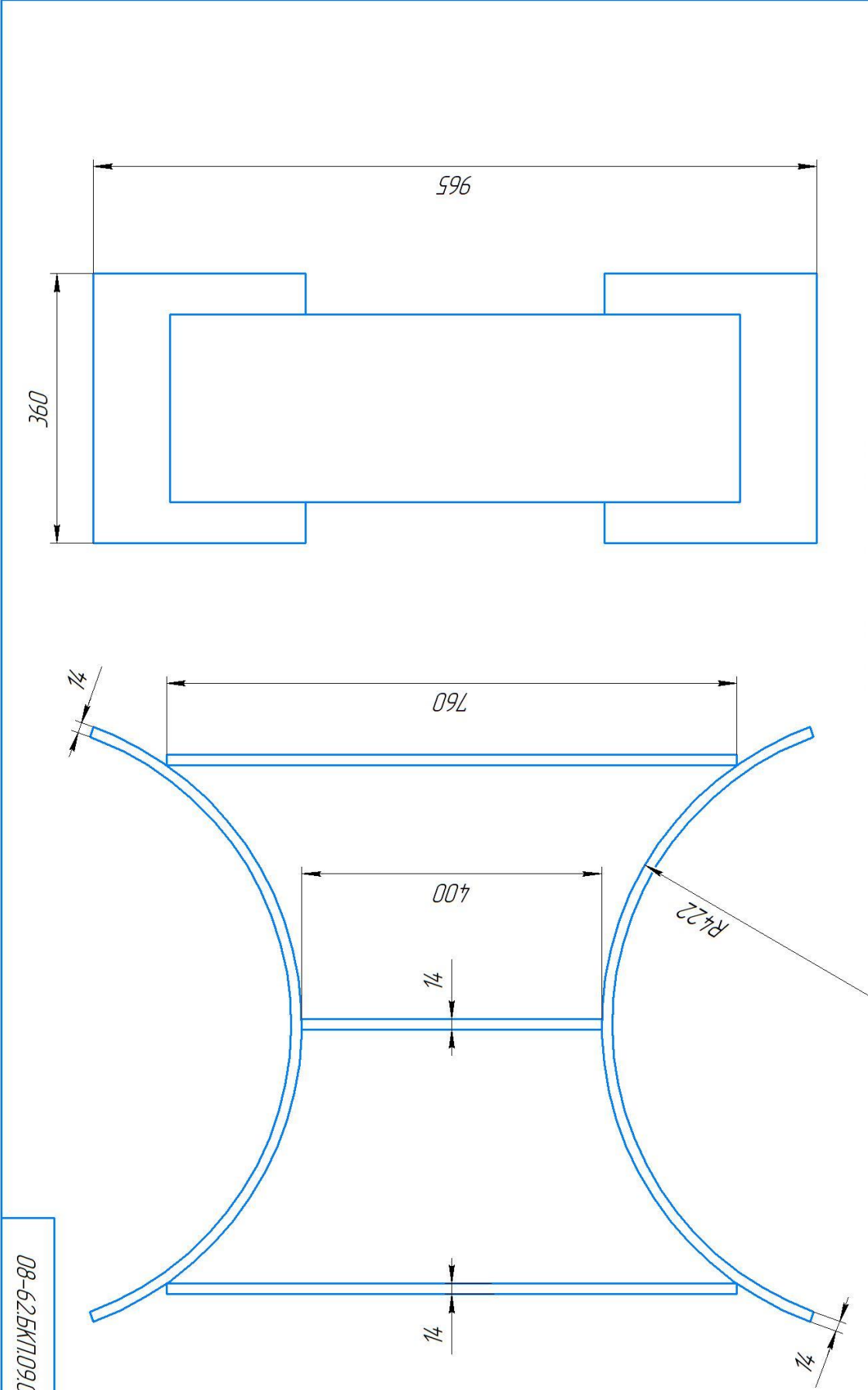
08-62.БКП.09.00.009



08-62.БКП.09.00.009							
Сідлова опора НИЖНЯ				Лист	Масса	Масштаб	
				Лист	Листов	1	
Сталь 3 ГОСТ 380-2005				ВНТУ, 1ГМ-21б			

Мнб. № подл.	Подп. и дата	Взам. инб. №	Инб. № дубл.	Подп. и дата	Спроб. №	Преп. пружен.
--------------	--------------	--------------	--------------	--------------	----------	---------------

08-62.БКП.09.00.010



Изм./Лист	№ докум.	Подп.	Дата
Разраб.	Драфт/И.Б.		
Проб.	Шенфельд В.И.		
Т.контр.			
Н.контр.	Шенфельд В.И.		
Утв.	Полещук Л.К.		

08-62.БКП.09.00.010			
Сидлова опора средняя		Масса	Масштаб
			1:5
Сталь 3 ГОСТ 380-2005		Лист	Листов
			1
ВНТУ, 1ГМ-21б			

Додаток Г
(обов'язковий)

СПЕЦИФІКАЦІЇ
УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ
ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕФЛЕГМАТОРА

Перв. примен.	Справ. №	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание				
						Документация						
					08-62.БКП.09.01.000.СК	Складальне креслення						
							Детали					
				1	08-62.БКП.09.01.001	Обичайка корпуса	2					
				2	08-62.БКП.09.01.002	Лінзовий компенсатор	2					
				3	08-62.БКП.09.01.003	Кільце жорсткості	8					
				4	08-62.БКП.09.01.004	Паронапрямна перегородка	12					
				5	08-62.БКП.09.01.005	Теплообмінна труба	360					
				6	08-62.БКП.09.01.006	Обичайка секції	4					
				7	08-62.БКП.09.01.007	Плоске днище	4					
				8	08-62.БКП.09.01.008	Фланець Ду800	4					
				9	08-62.БКП.09.01.009	Сідлова опора нижня	2					
				10	08-62.БКП.09.01.010	Сідлова опора середня	2					
				11	08-62.БКП.09.01.011	Трубна решітка	4					
Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата	08-62.БКП.09.03.000							
					Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
					Разраб.	Драбатий М.Б.						
					Пров.	Шенфельд В.И.						
					Н.контр.	Шенфельд В.И.						
Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата	Дефлегматор (Складальне креслення)				Лит.	Лист	Листов	
												1
						ВНТУ, 1ГМ-21б						

Додаток Д
(обов'язковий)

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ НА ПЛАГІАТ
УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЇ
ВИГОТОВЛЕННЯ ДЕФЛЕГМАТОРА

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

Назва роботи: Удосконалення конструкції та технології виготовлення дефлегматора

Тип роботи: бакалаврська кваліфікаційна робота

Підрозділ: кафедра галузевого машинобудування, ФМТ, гр. ІГМ-216
(кафедра, факультет, навчальна група)

Коефіцієнт подібності текстових запозичень, виявлених у роботі системою StrikePlagiarism 19 %

Висновок щодо перевірки кваліфікаційної роботи (відмітити потрібне)

- ☒ Запозичення, виявлені у роботі, є законними і не містять ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації. Роботу прийняти до захисту
- ☐ У роботі не виявлено ознак плагіату, фабрикації, фальсифікації, але надмірна кількість текстових запозичень та/або наявність типових розрахунків не дозволяють прийняти рішення про оригінальність та самостійність її виконання. Роботу направити на доопрацювання.
- ☐ У роботі виявлено ознаки плагіату та/або текстових маніпуляцій як спроб укриття плагіату, фабрикації, фальсифікації, що суперечить вимогам законодавства та нормам академічної доброчесності. Робота до захисту не приймається.

Експертна комісія:

Поліщук Л.К., зав. кафедри ГМ
(прізвище, ініціали, посада)

Л. Кошмар
(підпис)

Шенфельд В.Й., доцент кафедри ГМ
(прізвище, ініціали, посада)

[підпис]
(підпис)

Особа, відповідальна за перевірку [підпис]
(підпис)

Шенфельд В.Й.
(прізвище, ініціали)

З висновком експертної комісії ознайомлений(-на)

Керівник [підпис]
(підпис)

Шенфельд В.Й., к.т.н., доцент
(прізвище, ініціали, посада)

Здобувач [підпис]
(підпис)

Драбатий М.Б.
(прізвище, ініціали)